

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 14 № 3 2019

ISSN 1992-1098
e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.14 no. 3 2019

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)

Амиров Р.А., кафедра менеджмента, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL**Chairman**

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

Co-Chairs

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

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

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

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

Editorial Council Members

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 for Fundamental and Translational Medicine (Novosibirsk, Russia)

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

Rasul A. Amirov, Department of Management, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Старцев А.В., Корчунов А.А., Рабазанов Н.И., Рабазанов Р.Н.

Экология и распространение амурского чебачка *Pseudorasbora Parva* (Temminck et Schlegel, 1846), как объекта биологической инвазии в дельте и устьевом взморье Дона.....6-16

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Анатов Д.М., Асадулаев З.М., Османов Р.М., Ахмедова К.И.

К вопросу о происхождении культурного сортирента абрикоса Дагестана по изменчивости морфологических признаков листа.....17-24

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Щербатюк А.П.

Исследования природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды города, расположенного в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины (на примере Тугнуйской впадины).....25-36

Кобечинская В.Г., Ярош О.Б., Ивашов А.В., Апостолов В.Л.

Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма.....37-52

Макаров Д.В., Кантор Е.А., Красулина Н.А., Бережнова З.З., Савичева Ю.Н.

Мониторинг и оценка качества скважинных вод инфильтрационных водозаборов юго-востока Беларуси.....53-60

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И.

Агроэкологическая оценка эффективности орошения томата электролизованной водой.....61-70

Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Гишларкаев Е.И.,

Магомадов Т.А., Юлдашбаев Ю.А., Мосолова Д.А.

Адаптационные особенности овец эдильбаевской породы, выращенных в агроэкологических условиях засушливых территорий Юга России.....71-81

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ И РЕКРЕАЦИЯ

Атаев З.В., Гаджибеков М.И., Абдулаев К.А., Раджабова Р.Т.

Природное и культурно-историческое наследие Дидойской котловины и ее горного обрамления как потенциал развития туризма и рекреации.....82-91

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Друзьяка О.Р., Друзьяка А.В., Гуляева М.А., Хюттманн Ф., Шестопалов А.М.

Современное использование и перспективы метода стабильных изотопов для изучения циркуляции вируса гриппа птиц А с мигрирующими птицами.....92-100

Катков К.А., Скорых Л.Н., Паштецкий В.С., Остапчук П.С., Куевда Т.А.

Математические методы в племенной оценке мелкого рогатого скота.....101-110

Баратов М.О., Джамбулатов З.М., Сакидибиров О.П., Гаджиев Б.М.-С.,

Джабарова Г.А., Абдурагимова Р.М.

Оценка методов очистки коринебактериозного аллергена с определением концентраций и его экспериментальное применение.....111-117

ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Маратова А.М., Яковенко Н.В., Кайрлиева Г.Е., Афонин Ю.А., Утегенова К.Т., Воронин В.В.

Академическая мобильность как фактор устойчивости системы высшего образования (на примере Республики Казахстан).....118-130

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Дмитриев Р.В.

Трансформация социально-экологической ситуации по ВИЧ-инфекции в Северо-Кавказском Федеральном Округе под влиянием внешней миграции.....131-137

Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф.

Трансформация металлов в системе: грунт – пищевые цепи осетровых Каспийского моря.....138-143

Кенжегалиев А., Чердабаев М.Т., Орешков С.С., Канбетов А.Ш., Кулбатыров Д.К.

Состояние донного отложения в районе искусственных островов месторождения «Кашаган», Казахстан.....144-153

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....154

ECOLOGY OF ANIMALS

Starsev A.V., Korchunov A.A., Rabazanov N.I., Rabazanov R.N.

Ecology and distribution of the amur chebachok *Pseudorasbora Parva* (Temminck et Schlegel, 1846) as a biologically invasive species in the delta and estuarine coast of the river Don.....6-16

ECOLOGY OF PLANTS

Anatov D.M., Asadulaev Z.M., Osmanov R.M., Akhmedova K.I.

To the question of the origin of the cultural assortment of Dagestan apricots through assessing the variability of leaf morphological characteristics.....17-24

GEOECOLOGY

Shcherbatyuk A.P.

Research into natural factors of the Trans-baikal region influencing air quality of a city located in an intra-continental intermountain basin: the example of the Tugnui basin.....25-36

Kobechinskaya V.G., Yarosh O.B., Apostolov V.L.

Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea.....37-52

Makarov D.V., Kantor E.A., Krasulina N.A., Berezhnova Z.Z., Savicheva Yu.S.

Monitoring and assessment of well quality of water infiltration intakes in water reservoirs in the south-east of Belarus.....53-60

AGROECOLOGICAL ECOLOGY

Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I.

Agroecological assessment of the effectiveness of irrigation of tomato using electrolyzed water.....61-70

Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Gishlarkaev Ya.I.,

Magomadov T.A., Yuldashbaev Yu.A., Mosolova D.A.

Adaptation features of sheep of the edilbaev breed reared in the agroecological conditions of the arid zones of Southern Russia.....71-81

ECOLOGICAL TOURISM AND RECREATION

Ataev Z.V., Gadzhibekov M.I., Abdulaev K.A., Radzhabova R.T.

The natural, historical and cultural heritage of the Dido basin and its mountain setting and its potential for the development of tourism and recreation.....82-91

METHODS OF ENVIRONMENTAL STUDIES

Druzyaka O.R., Druzyaka A.V., Gulyaeva M.A., Huettmann F., Shestopalov A.M.

Modern application and prospects of the stable isotopes method for studying avian influenza a virus transmission in migratory birds.....92-100

Katkov K.A., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Ostapchuk P.S., Kuevda T.A.

Mathematical methods in the breeding evaluation of small horned ruminants.....101-110

Baratov M.O., Dzhambulatov Z.M., Sakidibirov O.P., Gadzhiyev B.M-S.,

Dzhabarova G.A., Abduragimova R.M.

Assessment of methods of purification of corynebacterium allergen with definition of concentration and its experimental application.....111-117

EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Maratova A.M., Yakovenko N.V., Kairlieva G.E., Afonin Yu.A., Utegenova K.T., Voronin V.V.

Academic mobility of students as a factor in sustainability in higher education (the example of the Republic of Kazakhstan).....118-130

BRIEF REPORTS

Dmitriev R.V.

Transformation of the socio-ecological situation relating to HIV in the North Caucasus Federal District under the influence of external migration.....131-137

Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F.

Transference of metals in the soil-food chain system: of Caspian sea sturgeons.....138-143

Kenzhegaliev A., Kanbetov A.S., Abylgazieva A.A., Shakhmanova A.K., Kulbatyrov D.K.

Condition of bottom sediment in the area of artificial islands of the Kashagan field, Kazakhstan.....144-153

CONTACT INFORMATION.....154

Оригинальная статья / Original article
УДК 597.554.3
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-6-16

Экология и распространение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846), как объекта биологической инвазии в дельте и устьевом взморье Дона

Александр В. Старцев^{1,2} , Александр А. Корчунов¹, Нухкади И. Рабазанов³, Рустам Н. Рабазанов⁴

¹Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

²Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

³Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

⁴Морская инспекция Федеральной пограничной службы РФ по РД, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Александр В. Старцев, Южный научный центр Российской академии наук; 344006 Россия, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41.
Тел. +79508421597
Email star847@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5497-102X>

Формат цитирования

Старцев А.В., Корчунов А.А., Рабазанов Н.И. Экология и распространение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846), как объекта биологической инвазии в дельте и устьевом взморье Дона // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.6-16. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-6-16

Получена 22 марта 2019 г.

Прошла рецензирование 6 мая 2019 г.

Принята 15 мая 2019 г.

Резюме

Цель. Провести анализ результатов ихтиологического мониторинга, с целью выявления роли инвазионного вида – амурского чебачка – в ихтиологическом сообществе устьевого взморья и дельты р. Дон.

Материал и методы. Исследовательские работы были проведены в авандельте и устьевых водотоках дельты Дона в период с 2007 по 2017 гг. Для облова рыб использовали бимтрал, волокушу, жаберные сети и другие орудия лова. Для обработки ихтиологического материала применены стандартные методики. Всего было исследовано 902 экземпляра амурского чебачка.

Результаты. Дана общая характеристика инвазионного вида амурского чебачка из водотоков дельты и Таганрогского залива. Определена его роль в формировании ихтиофауны и отношении с аборигенными видами в новых для него местах обитания. Приведены размерно-массовые показатели и другие биологические параметры вида.

Заключение. Линейная структура местной популяции чебачка состоит из разных размерных групп, соответствующих определенному возрасту. Процесс акклиматизации амурского чебачка в донской дельте сопровождается определёнными взаимодействиями с элементами местного биоценоза. Доказано, что при высокой численности, как в прудовых хозяйствах, так и в естественных водоемах амурский чебачок составляет острую пищевую конкуренцию молоди выращиваемых или местных рыб. Его быстрое распространение обусловлено большой выживаемостью потомства, высокой экологической пластичностью, быстрым ростом, коротким сроком полового созревания и миграционной активностью личинок и мальков.

Ключевые слова

амурский чебачок, дельта Дона, Таганрогский залив, инвазии, аборигенные виды, *Pseudorasbora parva*.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Ecology and distribution of the Amur Chebachok *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846) as a biologically invasive species in the delta and estuarine coast of the river Don

Aleksandr V. Starsev^{1,2} , Aleksandr A. Korchunov¹, Nukhkadi I. Rabazanov³ and Rustam N. Rabazanov⁴

¹Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

³Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

⁴Marine Inspectorate, Federal Border Service, Makhachkala, Russia

Principal contact

Aleksandr V. Startsev, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences; 41 Prospekt Chekhov, Rostov-on-Don, Russia 344006.

Tel. +79508421597

Email star847@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5497-102X>

How to cite this article

Starsev A.V., Korchunov A.A., Rabazanov N.I., Rabazanov R.N. Ecology and distribution of the Amur Chebachok *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel 1846) as a biologically invasive species in the delta and estuarine coast of the river Don. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 6-16. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-6-16

Received 22 March 2019

Revised 6 May 2019

Accepted 15 May 2019

Abstract

Aim. To analyze the results of ichthyological monitoring in order to identify the role of an invasive fish species, *Pseudorasbora parva* – known in Russia as the Amur Chebachok – in the ichthyological community of the River Don estuary littoral and delta.

Material and Methods. Research work was carried out in the prodelta and estuarine watercourses of the Don delta in the period 2007-2017. To catch the fish, we used bimtral, drag nets, gill nets and other fishing gear. Standard methods were applied to process ichthyological material. A total of 902 specimens of the Amur chebachok were examined.

Results. The general characteristics of the invasive species from watercourses of the delta and from Taganrog Bay are given. Its role in the formation of ichthyofauna and its relationship with native species in new habitats has been determined. Dimension-mass indicators and other biological parameters of the species are given.

Conclusion. The linear structure of the local population of the Amur chebachok consists of different size groupings corresponding to certain ages. The process of acclimatization of the Amur chebachok in the Don delta is associated with certain interactions with elements of the local biocenosis. It was proved that when there is a high number, both in pond farms and in natural water bodies, the species is an acute food competitor to juveniles of both farmed or local fish. Its rapid spread is due to the high survival rate of offspring, high environmental plasticity, rapid growth, short puberty and the migratory activity of larvae and fry.

Key Words

Amur chebachok, River Don delta, Taganrog Bay, invasions, native species, *Pseudorasbora parva*.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время амурский чебачок *Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel, 1846, наряду с такими видами как серебряный карась *Carassius gibelio* Bloch, 1782, головешка-ротан *Perccottus glenii* Dybowski, 1877, солнечный окунь *Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1758 и др., стал одним из самых распространенных рыб-вселенцев на евроазиатском континенте. Являясь типовым представителем рода, изначально встречается от островных рек Японии, Тайваня, Хайнаня до внутренних водоемов Китая и Кореи. В России обитает во всем бассейне Амура, в Аргуни, Ингоде (район Читы), в придаточных водоемах и реках бассейна оз. Ханка, а также в реках Суйфун и Туманная [1].

Расселению амурского чебачка по водоемам континента во многом послужила непреднамеренная интродукция во время внедрения промысловых дальневосточных растительноядных рыб в конце середины XX века в естественные и искусственные водоемы Молдавии, Украины и советских среднеазиатских республик, а также в водоемы ряда восточноевропейских стран [2; 3]. Обладая высокой экологической пластичностью, достаточно быстро акклиматизировался в новых условиях и уже самостоятельно расширил свой ареал по всей Европе [2-4], включая британские острова [5; 6].

К настоящему времени популяциями амурского чебачка пополнились биотопы Украины [7], Литвы и Белоруссии [8]. Сравнительно недавно он был обнаружен во внутренних водоемах Крыма [9].

В конце 1990-х и начале 2000-х гг. *P. parva* стал встречаться в водоемах стран Ближнего Востока и Закавказья и в рыбных хозяйствах Армении, затем в 1995 г. он был обнаружен и в прилегающих к ним рекам [10], а в 1987 г. – в оз. Базалетти (Грузия) [11]. Первые находки чебачка в Азербайджане в р. Боладичай принято датировать с 2008 г., а позднее его отлавливали в бассейнах рек Айричай, Кура и водотоков Ленкоранского района [12; 13]. Популяции чебачка существуют в Афганистане, Иране, Турции [12-14] и Северной Африке – Алжире [15]. За последние годы значительно расширил свой ареал в Китае [16], недавно обнаружен в бассейне р. Брахмапутра (Тибетское плато) [17], Лаосе [18], Японии [19]. С 2006 г. достоверно известен во Вьетнаме [20]. Есть сведения его находок на архипелаге Фиджи [14; 21].

В юго-западном регионе России *P. parva* представлен популяциями в бассейнах рек Кубани, Дона, Кумы и Терека [12; 13; 22-24]. Так, к 2000-м годам, *P. parva* стал встречаться в каналах рисовых чеков Краснодарского края, а затем распространился по всей равнинной части бассейна р. Кубань [12; 22-25]. По системе каналов Азовской водораспределительной системы попал в пойменные водоёмы нижнего Дона и его левый приток Маныч (нижний бьеф Веселовского водохранилища), затем в южную часть Цимлянского водохранилища (р. Дон) [12; 25; 26] и далее до среднего и верхнего течения Дона. В 2015 г. обнаружен нами в устье реки Егорлык (Ростовская область) и на нижнем опресненном участке Пролетарского водохранилища (р. Маныч).

Кроме *P. parva*, род содержит еще четыре вида, два из которых являются эндемиками Японии. *P. pumila* Miyadi, 1930 известен с начала прошлого века. Есть мнение, что между видами *P. parva* и *P. pumila* возможна гибридизация [20; 27]. *P. pugnax* Kawase & Hosoya, 2015 был описан четыре года назад [28].

В горных водоемах юго-восточного Китая обитает эндемичный вид – *P. elongata* Wu, 1939 – с наибольшим числом чешуи в боковой линии [20; 29]. Таксономическое положение *P. elongata* требует более детального изучения, так как современные генетические исследования показывают, что род *Pseudorasbora* не является монофилетическим [20; 30]. Еще один представитель рода – *P. interrupta* Xiao, Lan & Chen, 2007, отличающийся от сородичей неполной боковой линией на теле, был описан начале нынешнего столетия, как эндемик горных водоёмов провинции Гуандун Южного Китая [17; 20; 31].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательские работы были проведены в период с 2007 по 2017 гг. в восточной части Таганрогского залива, которая по своим геоморфологическим гидрологическим характеристикам является устьевым взморьем р. Дон, так как представляет собой часть прибрежной зоны моря, в которой происходит формирование подводной части дельты и наиболее полно проявляется влияние речного стока, а также в устьевых водотоках дельты – Сухая Каланча, Мериново и Свиное гирла, в низовье рукава Старый Дон. Для облова рыб применяли 2-х метровый бимтрал с ячеей в кутце 3 мм, 18-ти метровую мальковую волокушу, с ячеей в кутце 6 мм, верши и мелкочейные подхваты с ячеей 3 мм, мелкоячеистые жаберные сети, с шагом ячеи 14 мм.

Всего было исследовано 902 экземпляров амурского чебачка.

В дальнейшем руководствовались стандартными методиками ихтиологических исследований [32], у всех рыб измеряли общую или абсолютную длину TL (total length) – «расстояние от верхнего края рыла до конца наиболее длинных лучей хвостового плавника в нормальном положении», и стандартную длину SL (standart length) – «расстояние от верхнего края рыла до конца чешуйного покрова (до конца позвоночника)».

Масса тела определялась электронными весами с точностью до 1 г. Для построения вариационных рядов использовали только стандартную длину (SL) с классовым промежутком – 0,5 см.

Биологический анализ уловов выполняли согласно стандартной процедуре, т.е. со взятием структур, регистрирующих возраст, определением пола и стадии зрелости половых продуктов, степени наполнения желудка и балла ожирения внутренностей. Пол и биологические показатели самцов и самок были получены в результате массовых промеров со вскрытием.

Полученные в результате подсчета данные подвергались вариационной-статистической и математической обработке с использованием статистического пакета MS Excel.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство авторов сходятся во мнении, что в естественные водоемы, в том числе в водотоки дельты р. Дон и Таганрогский залив, амурский чебачок попал из прудовых хозяйств в результате случайной интродукции при вселении дальневосточных растительноядных рыб: белого амура *Stenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844, белого и пестрого толстолобиков (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844; *Aristichthys nobilis* Richardson, 1846) [12; 22-26; 33].

Анализ литературных данных [12; 22; 25; 33] и собственные исследования [34-38] позволяют делать вывод, что в текущий период в дельте и авандельте Дона сформировалась популяция этого вида. Здесь, амурский чебачок является одним из самых многочисленных представителей ихтиологического сообщества.

В дельте Дона и восточной части Таганрогского залива амурского чебачка стали отмечать с конца 80-90-х годов прошлого столетия [12; 22; 25]. В августе

1998 г. одиночный экземпляр взрослой особи амурского чебачка был отловлен в заливе на отмелях возле западного мола в г. Ейске [33]. По сообщению Д.П. Карabanова с соавторами [22], в сентябре 2002 г. половозрелых особей ловили в рыбоводных прудах у пос. Дугино (дельта р. Дон, рукав Каланча), а уже в 2003-2004 гг. было установлено несколько крупных группировок амурского чебачка в опресненной части устьевого взморья, в заводях основного русла р. Дон в черте г. Ростов-на-Дону; в р. Кагальник и в рыбоводных прудах близ с. Кагальник].

В 2015 г. на открытой акватории залива амурский чебачок отмечался нами от устья протоки Каменьник (левый рукав дельты Дона) до побережья в районе с. Круглое, на участке с песчанно-илистым дном с примесью ракушки и редкой растительностью (рис. 1, ст. 2-6) [37], и практически на всех станциях речных участков, в протоках Старый Дон, Свиное и Песчаное гирлах (рис. 1) [37; 38].

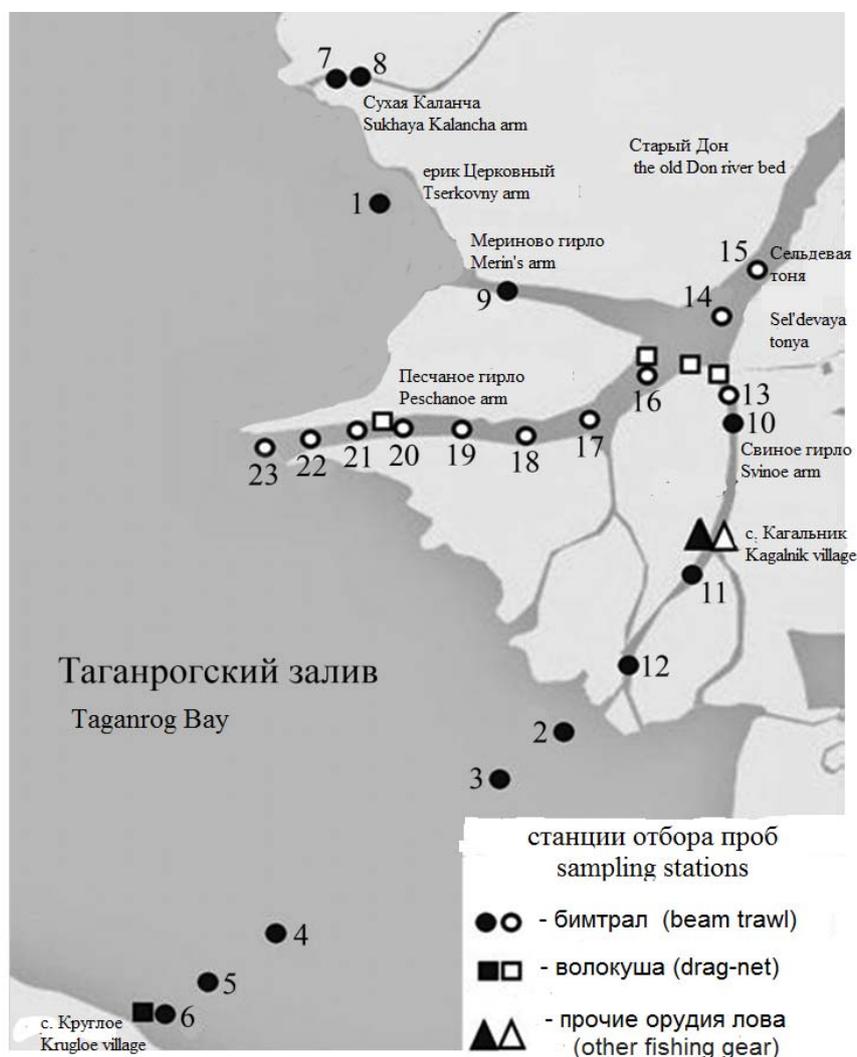


Рисунок 1. Схема отбора ихтиологических и гидробиологических проб в дельте р. Дон и в восточной части Таганрогского залива в июле (черная заливка) и сентябре (белая заливка) 2015 г. Положение фигур соответствует середине дистанции лова [37]

Figure 1. Distribution of ichthyological and hydrobiological sampling stations in the Don River estuary and Eastern Taganrog Bay in July (in black) and September (in white) 2015. Position of figures corresponds to average fishing distance [37]

Также, в Таганрогском заливе, в достаточном удалении от берега (5,3 км), в начале зимы 2017 г. отмечен слу-

чай обнаружения двух особей *P. parva* в водозаборном кингстоне ледокола «Капитан Демидов» (рис. 2).



Рисунок 2. Амурский чебачок в водозаборном кингстоне ледокола «Капитан Демидов» (фото Р.М. Савицкого)

Figure 2. Amur chebachok in the Kingston ballast water intake valve of the icebreaker, Kapitan Demidov (photo R.M. Savitsky)

Наши наблюдения показали, что на мелководных участках дельты и устьевого взморья, *P. parva* составляет значительную долю среди представителей местной ихтиофауны (рис. 3). Наряду с горчачком

Rhodeus sericeus amarus, уклейкой *Alburnus alburnus*, бычками рода *Neogobius* и другими мелкими видами рыб, он стал основным элементом речного ихтиоценоза.



Рисунок 3. Состав прибрежного ихтиоценоза водотока Свиное гирло

Figure 3. The composition of coastal ichthyofauna of the Svinoye Girlo watercourse

В различные сезоны 2015 г. в структуре прибрежного ихтиоценоза Свиного гирла доля чебачка в общем улове составляла от 8,6% летом и до 35,5% осенью (рис. 4). Исследуя сезонное распределение ихтиофауны дельты, отмечено, что в середине лета и начале осени чебачок стал чаще облавливаться на открытых мелководьях устьевого взморья [37], а с началом осеннего выхолаживания его доля в водотоках дельты, среди рыбного населения увеличивается в разы (рис. 4).

Сезонная дифференциация рыбного населения в дельте реки и летнее обнаружение чебачка на открытых пространствах акватории восточной части Таганрог-

ского залива позволяют делать вывод о том, что осваивая солоноватые воды, возможно, вид приобретает полупроходную форму существования.

Одним из важных элементов приспособления к новым условиям окружающей среды является показатель роста. Многолетние наблюдения подтверждают, что в популяции амурского чебачка, обитающего в дельте Дона, наблюдается увеличение среднего показателя длины тела и общих размеров в целом. Так, за последние 10 лет амурский чебачок в среднем увеличил свою длину на 1,8 мм (рис. 5).

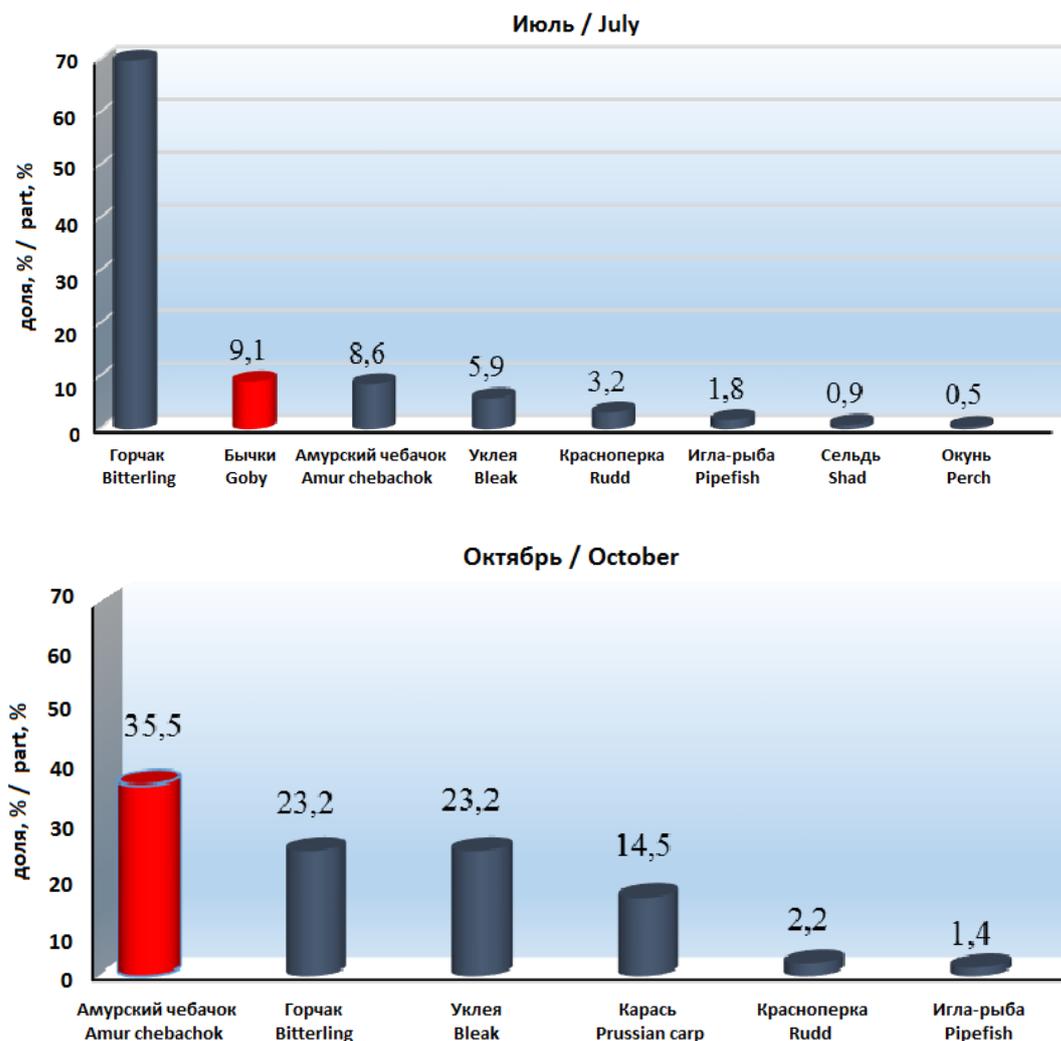


Рисунок 4. Сезонное соотношение (доля, %) икhtiофауны водотока Свиное гирло
Figure 4. Seasonal composition (share, %) of the ichthyofauna of the Svinoye Girlo watercourse

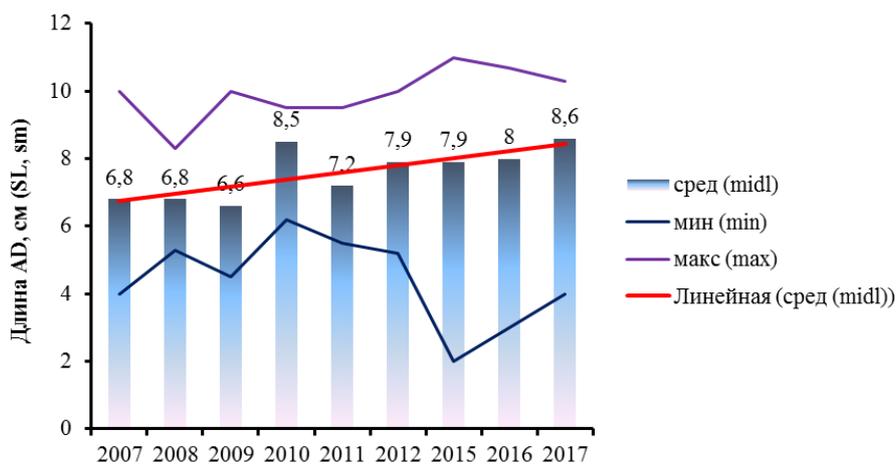


Рисунок 5. Межгодовые показатели длины тела амурского чебачка (цифрами обозначена средняя стандартной длины тела (SL), в см)
Figure 5. Year to year indicators of body length of the Amur chebachok (numbers indicate the average standard body length (SL) in cm)

В питании амурского чебачка наблюдается возрастная дифференциация. Рацион мальков составляет зоопланктон (Rotifera и Cladocera), а половозрелые рыбы предпочитают питаться бентосом, преимущественно личинками хирономид (Chironomidae) [12; 16; 25; 39]. В рыбоводных хозяйствах отмечены случаи поедания чебачком личинок карпа *Cyprinus carpio* [40]. Кроме того, по сообщению М.И. Абраменко [25], Ю.Д. Тромбицкого и А.Е. Каховского [41], отмечен «факультатив-

ный паразитизм псевдорасборы *Pseudorasbora parva* Schlegel в рыбоводных прудах», т.е. способность чебачка нападать на рыб, значительно превосходящих его по размерам и массе (карп, толстолобик, белый амур).

Линейная структура местной популяции чебачка лежит в широком диапазоне, где различные размерные группы, соответствуют определенному возрасту. Измеренная нами длина тела амурский чебачок варьировала от 2 до 10,7 см (рис. 6).

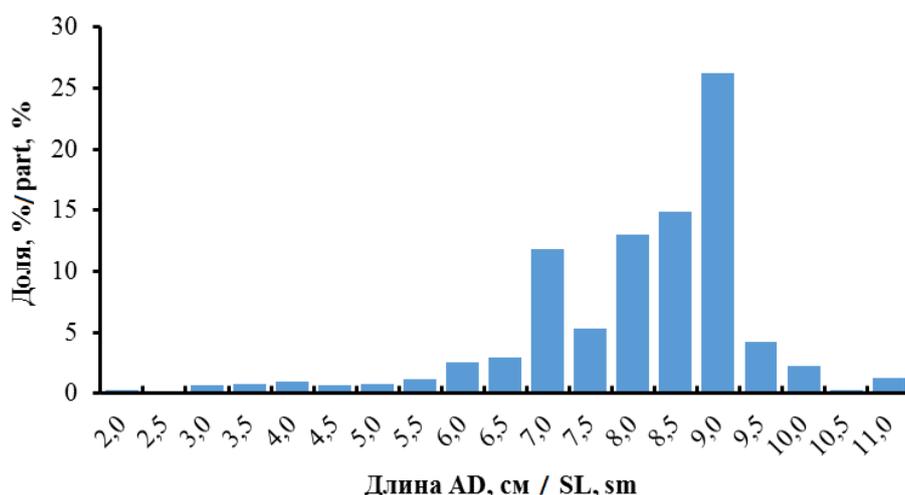


Рисунок 6. Линейный ряд амурского чебачка в период 2015-2017 гг.

Figure 6. Ranges in length of the Amur chebachok in the period 2015-2017

Таким образом, наличие разновозрастных особей позволяет виду быть в меньшей степени подверженной воздействию абиотических и биотических факторов внешней среды и осваивать более широкий спектр кормов, обеспечивая стабильное пополнение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Л.А. Зенкевич [42] выделял два типа акклиматизации: «акклиматизация внедрения и акклиматизация замещения. Первая форма акклиматизации происходит при существовании в водоёме свободной экологической ниши, занимаемой акклиматизантом, в результате чего он практически не конкурирует с местными видами. При акклиматизации замещения (вторая форма) вселенцы вторгаются в экологические ниши местных видов и вступают с аборигенными формами в конкурентные отношения за те или иные факторы среды».

Акклиматизация амурского чебачка скорее проходит по второму типу. Его быстрое распространение обусловлено большой выживаемостью потомства, высокой экологической пластичностью, быстрым ростом, коротким сроком полового созревания и миграционной активностью личинок и мальков [25]. Попав на новое место, чебачок легко там акклиматизируется и вскоре вливается в местную экосистему, сохраняя преимущество в конкуренции с другими рыбами за счёт высоких адаптационных способностей.

Процесс акклиматизации амурского чебачка в донской дельте сопровождается определёнными взаимодействиями с элементами местного биоценоза. Доказано, что при высокой численности, как в прудо-

вых хозяйствах, так и в естественных водоемах амурский чебачок составляет острую пищевую конкуренцию молоди выращиваемых или местных рыб.

Во второй половине XX века А.Ф. Карпевич [42] были сформулированы узловые фазы процесса акклиматизации и натурализации вида в новых условиях, включающие в себя время физиологической адаптации, в водоеме доноре; начало формирования популяции с усиленным размножением; фазу «взрыва» и пиковую численность переселенца; фазу острого противоречия с биотической средой, и наконец – натурализацию в новых условиях.

Можно спорить на какой фазе остановился процесс акклиматизации интродукента в новых для него водоемах, но остается констатировать факт, что «встройка» амурского чебачка в экосистему открытой части Таганрогского залива, устьевого взморья и дельты Дона произошла весьма успешно.

Также не стоит преувеличивать значение чебачка как кормового организма, по мнению многих авторов [1; 12; 25; 33; 39]), он легко выходит из-под пресса хищников.

В дальнейшем, мы планируем продолжить исследования по оценке численности и биомассы инвазионного вида, с целью определить уровень его влияния на местные биотопы.

БЛАГОДАРНОСТЬ

1. Работа подготовлена: по теме государственного задания Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский

центр Южный научный центр Российской академии наук» «Оценка современного состояния, анализ процессов формирования водных биоресурсов южных морей России в условиях антропогенного стресса и разработка научных основ технологии реставрации ихтиофауны, сохранения и восстановления хозяйственно-ценных видов рыб», № гр. 01201354245 (0256-2019-0036).

2. Авторы также выражают большую признательность сотрудникам «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН» – Болтачеву А.Р., Карповой Е.П., Статкевич С.В., Аблязову Э.Р., Прищепе Р.Е., Данилюк О.Н. за помощь в проведении экспедиционных исследований, а также в.н.с. ЮНЦ РАН Савицкому Р.М. за фотографию и информацию об обнаружении амурского чебачка в водозаборе т/х «Капитан Демидов».

ACKNOWLEDGMENT

1. The work was prepared according to Federal Research Center Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences government directive “Assessment of the current state, analysis of the formation of aquatic biological resources of the southern seas of Russia in the context of anthropogenic stress and the development of scientific principles of ichthyofauna restoration technology, preservation and restoration of economically valuable fish species”, Grant No. 01201354245 (0256-2019-0036).

2. The authors express their great appreciation to the staff of the A.O.Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, A.R. Boltachev, E.P. Karpova, S.V. Statkevich, E.R. Abylazov, R.E. Prischepa and O.N. Danilyuk for assistance in the conducting of field research and to the leading researcher, Candidate of Chemical Sciences, R. M. Savitsky, for the information about the discovery of the Amur chebachok in the Kingston ballast water intake valve of the icebreaker, Kapitan Demidov.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. Итоги Амурской ихтиологической экспедиции 1945-1949. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 551 с.
2. Bianco P.G. Occurrence of the Asiatic Gobionid *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel) in South-Eastern Europe // J. Fish Biol. 1988. V. 32. Iss. 6. P. 973-974. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1988.tb05440.x
3. Banarescu P.M., Zur Ausbreitungsgeschichte von *Pseudorasbora parva* in Südosteuropa (Pisces, Cyprinidae) // Rev. Roum. Biol. Biol. Anim. Bucarest. 1990. V. 35. N 1. P. 13-16.
4. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. Germany: Kottelat, Cornol, Switzerland, Freyhof, 2007. 647 p.
5. Gozlan R.E., Pinder A.C., Shelley J. Occurrence of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* in England // J. of Fish Biol. 2002. V. 61. Iss. 1. P. 289-300. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01755.x
6. Britton J.R., Davies G.D., Brazier M. Towards the successful control of the invasive *Pseudorasbora parva* in the UK // Biol. Invasions. 2010. V. 12. Iss. 1. P. 125-131. Doi: 10.1007/s10530-009-9436-1
7. Мовчан Ю.В., Смирнов А.И. Фауна України. Т. 8. Риби. Вип. 2. Частина. 1. Київ: Наукова думка, 1981. 428 с.

8. Куницкий Д.Ф., Плюта М.В. Амурский чебачок (*Pseudorasbora parva*) – новый вид в ихтиофауне Белоруссии // Вестн. нац. акад. наук Беларусі. 1999. N 3. С. 122-125.
9. Болтачев А.Р., Данилюк О.Н., Пахоруков Н.П., Бондарев В.А. Распространение и некоторые особенности морфологии и биологии амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Cypriniformes, Cyprinidae) в водоемах Крыма // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46. N 1. С. 62-67.
10. Пипоян С.Х. Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) в водоемах Араратской долины (Армения) // Вопросы ихтиологии. 1996. Т. 36. N 4. С. 549-551.
11. Шония Л., Джапошвили Б., Кокосадзе Т. Инвазивный вид *Pseudorasbora parva* (Teleostei, Cyprinidae) в экосистеме оз. Базалети // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. N 10. С. 1277-1280.
12. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В., Куцоконь Ю.К. Экспансия амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Cypriniformes, Cyprinidae) в водоемы Евразии // Вестник зоологии. 2010. Т. 44. N 2. С. 115-124.
13. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В., Мустафаев Н.Дж. Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) – новый вид в ихтиофауне Азербайджана // Российский журнал биологических инвазий. 2013. N 1. С. 41-50.
14. FishBase. *Pseudorasbora parva* // FishBase. URL: <http://www.fishbase.org/summary/Pseudorasbora-parva.html/> (дата обращения 05.03.2019).
15. Perdices A., Doadrio I. Presence of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* (Schlegel, 1842) in North Africa // Misc. Zool. (Barcelona). 1992. V. 16. P. 236-239.
16. Yan X., Zhenyu L., Gregg W.P., Dianmo L. Invasive species in China – an overview // Biodivers. Conserv. 2011. V. 10. Iss. 8. P. 1317-1341. Doi: 10.1023/A:1016695609745
17. Махров А.А., Артамонова В.С., Карабанов Д.П. Обнаружение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) (Actinopterygii: Cyprinidae) в бассейне реки Брахмапутра (Тибетское плато, Китай) // Российский журнал биологических инвазий. 2013. N 1. С. 66-74.
18. Welcomme R.L., Vidthayanom C. The impacts of introductions and stocking of exotic species in the Mekong Basin and policies for their control // MRC Tech. Pap., N 9, Laos, Phnom Penh: Mekong River Commission, 2003, XVIII, 38 p.
19. Azuma M., Motomura Y. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environments: the case of a small lake with bluegill in Japan // Environmental Biology of Fishes. 1998. V. 52. Iss. 1-3. P. 379-389. Doi: 10.1023/A:1007476104352
20. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В. Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) – новый вид в ихтиофауне Вьетнама // Вопросы ихтиологии. 2013. Т. 53. N 2. С. 241-245.
21. Welcomme R.L. International introductions of inland aquatic species // FAO Fish. Tech. Pap. 1988. N 294. 318 p.
22. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В., Слынько Ю.В. Новые находки амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (temm. et schl., 1846) в европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2009. N 1. С. 11-13.
23. Богущая Н.Г., Кудерский Л.А., Насека А.М., Сподарева В.В. Пресноводные рыбы России за пределами исторических ареалов: обзор типов интродукций и инвазий // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.-СПб.: Изд.-во КМК, 2004. С. 155-171.

24. Пашков А.Н., Плотников Г.К., Шутов И.В. Новые данные о составе и распространении видов-акклиматизантов в ихтиоценозах континентальных водоемов Северо-Западного Кавказа // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2004. Приложение NS1. С. 46-52.
25. Абраменко М.И. Особенности пищевого поведения амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel 1846) (Cyprinidae: Gobioninae) в новых условиях обитания. Сообщение 1. Хищнические реакции // Вестник Южного научного центра РАН. 2012. Т. 8. N 4. С. 81-87.
26. Хоружая В.В., Архипов Е.М. Амурский чебачок – *Pseudorasbora parva* (Schlegel) и речная камбала – *Pleuronectes flesus luscus* (Pall.) Цимлянского водохранилища // Рыбоводство и рыболовство. 2002. N 3-4. С. 8-9.
27. Konishi M., Hosoya K., Takata K. Natural hybridization between endangered and introduced species of *Pseudorasbora*, with their genetic relationships and characteristics inferred from allozyme analyses // J. of Fish Biol. 2003. V. 63. Iss. 1. P. 213-231. Doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00146.x
28. Kawase S., Hosoya K. *Pseudorasbora pugna*, a new species of minnow from Japan and redescription of *P. pumila* (Teleostei: Cyprinidae) // Ichthyological Exploration of Freshwaters. 2015. V. 25. Iss. 4. P. 289-298.
29. Yue P.Q. Gobioninae. Fauna Sinica. Osteichthyes: Cypriniformes (II). Eds. Chen Y.Y. et al. China, Beijing: Sci. Press, 1998. P. 262-389. (In Chinese)
30. Yang J.-Q., He Sh., Freyhof J., Witte K., Liu H. The phylogenetic relationships of the Gobioninae (Teleostei: Cyprinidae) inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequences // Hydrobiologia. 2006. V. 553. N 1. P. 255-266. Doi: 10.1007/s10750-005-1301-3
31. Xiao Z., Lan Z.H., Chen X.L. A new species of the genus *Pseudorasbora* from Guangdong Province, China (Cypriniformes, Cyprinidae) // Acta Zootax. Sinica. 2007. V. 32. P. 977-980.
32. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-ть, 1966. 376 с.
33. Подушка С.Б. Проникновение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* в Азовское море // Научно-технический бюллетень лаб. ихтиологии ИНЭНКО. Спб. 1999. Вып. 1. С. 36-37.
34. Лужняк В.А., Старцев А.В. Виды-вселенцы и их роль в ихтиоценозах исследуемого региона // Ихтиофауна Азово-Донского и Волго-Каспийского бассейнов и методы ее сохранения / Ред. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 58-78.
35. Лужняк В.А., Старцев А.В. Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Черного морей / Ред. Г.Г. Матишов, А. Р. Болтачев. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 28-34.
36. Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Лужняк В.А., Старцев А.В. Результаты ихтиологических исследований устьевого взморья Дона. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 160 с.
37. Матишов Г.Г., Болтачев А.Р., Степаньян О.В., Старцев А.В., Карпова Е.П., Статкевич С.В., Аблязов Э.Р., Прищепка Р.Е. Современное таксономическое разнообразие и пространственное распределение сообществ рыб и некоторых высших ракообразных экотона эстуарной зоны реки Дон // Наука юга России. 2017. Т. 13. N 1. С. 84-101. Doi: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-84-101
38. Болтачев А.Р., Карпова Е.П., Старцев А.В., Степаньян О.В. Особенности количественного распределения рыб дельты Дона в теплый сезон 2015 г. // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2. N 3. С. 3-11. Doi: 10.21072/mbj.2017.02.3.01
39. Каредин Е.П. Питание массовых видов рыб оз. Ханка // Вопросы ихтиологии. 1966. Т. 6. N 3. С. 540-549.
40. Батраева М.Н. К биологии амурского чебачка // Биология водоемов Казахстана. Алма-Ата, 1970. С. 18-20.
41. Тромбицкий И.Д., Каховский А.Е. О факультативном паразитизме псевдорасборы *Pseudorasbora parva* (Schlegel) в рыбоводных прудах // Вопросы ихтиологии. 1987. Т. 27. N 1. С. 166-167.
42. Зенкевич Л.А. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки // Бюллетень МОИП. 1940. Т. 49. Вып. 1. С. 19-32.
43. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 432 с.

REFERENCES

- Nikol'skii G.V. *Ryby basseina Amura. Itogi Amurskoi ikhtologicheskoi ekspeditsii 1945-1949* [Fish of the Amur basin. Results of the Amur ichthyological expedition 1945-1949]. Moscow, AN SSSR Publ., 1956, 551 p. (In Russian)
- Bianco P.G. Occurrence of the Asiatic Gobionid *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel) in South-Eastern Europe. *J. Fish Biol.*, 1988, vol. 32, iss. 6, pp. 973-974. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1988.tb05440.x
- Banarescu P.M. Zur Ausbreitungsgeschichte von *Pseudorasbora parva* in Südosteuropa (Pisces, Cyprinidae). *Rev. Roum. Biol. Biol. Anim. Bucarest.* 1990, vol. 35, no. 1, pp. 13-16.
- Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. Germany, Kottelat, Cornol, Switzerland, Freyhof, 2007, 647 p.
- Gozlan R.E., Pinder A.C., Shelley J. Occurrence of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* in England. *J. of Fish Biol.*, 2002, vol. 61, iss. 1, pp. 289-300. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01755.x
- Britton J.R., Davies G.D., Brazier M. Towards the successful control of the invasive *Pseudorasbora parva* in the UK. *Biol. Invasions.*, 2010, vol. 12, iss. 1, pp. 125-131. Doi: 10.1007/s10530-009-9436-1
- Movchan Yu.V., Smirnov A.I. Fauna Ukraini. Vol. 8. Ribi. [Fauna of Ukraine. Vol. 8. The fish. Release 2, part. 1]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1981, 428 p. (In Ukrainian)
- Kunitskii D.F., Plyuta M.V. Stone moroco (*Pseudorasbora parva*) - new species of Belarus ichthyofauna. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi* [Proceedings of national academy of sciences Belarus, biological series]. 1999, no. 3, pp. 122-125. (In Russian)
- Boltachev A.R., Danilyuk O.N., Pakhorukov N.P., Bondarev V.A. The Distribution and Certain Morphological and Biological Characteristics of the Amur Chebak *Pseudorasbora parva* (Cypriniformes, Cyprinidae) in Water Bodies of Crimea. *Voprosy ikhtologii* [Journal of Ichthyology]. 2006, vol. 46, no. 1, pp. 62-67. (In Russian)
- Pipoyan S.Kh. Stone moroco *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) in water bodies of the Ararat valley (Armenia).

- Voprosy ikhtiologii [Journal of Ichthyology]. 1996, vol. 36, no. 4, pp. 549-551. (In Russian)
11. Shoniya L., Dzhaposhvili B., Kokosadze T. The invasive species *Pseudorasbora parva* (Teleostei, Cyprinidae) in the ecosystem of lake Bazalety. Zoologicheskii zhurnal [Zoological journal]. 2011, vol. 90, no. 10, pp. 1277-1280. (In Russian)
 12. Karabanov D.P., Kodukhova Yu.V., Kutsokon' Yu.K. Expansion of Stone Moroko *Pseudorasbora parva* (Cypriniformes, Cyprinidae) to Waters of Eurasia. Vestnik zoologii [Vestnik Zoologii]. 2010, vol. 44, no. 2, pp. 115-124. (In Russian)
 13. Karabanov D.P., Kodukhova Yu.V., Mustafaev N.Dzh. Topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) – a new species in the ichthyofauna of Azerbaijan. Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii [Russian Journal of Biological Invasions]. 2013, no. 1, pp. 41-50. (In Russian)
 14. FishBase. *Pseudorasbora parva*. FishBase. Available at: <http://www.fishbase.us/summary/Pseudorasbora-parva.html/> (accessed 05.03.2019)
 15. Perdices A., Doadrio I. Presence of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* (Schlegel, 1842) in North Africa. Misc. Zool. (Barcelona), 1992, vol. 16, pp. 236-239.
 16. Yan X., Zhenyu L., Gregg W.P., Dianmo L. Invasive species in China – an overview. *Biodivers. Conserv.*, 2011, vol. 10, iss. 8, pp. 1317-1341. Doi: 10.1023/A:1016695609745
 17. Makhrov A.A., Artamonova V.S., Karabanov D.P. Occurrence of top mouth gudgeon *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) (Actinopterygii: Cyprinidae) in drainage of Brahmaputra River (Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau, China). Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii [Russian Journal of Biological Invasions]. 2013, no. 1, pp. 66-74. (In Russian)
 18. Welcomme R.L., Vidthayanom C. The impacts of introductions and stocking of exotic species in the Mekong Basin and policies for their control. MRC Tech. Pap. no. 9. Laos, Phnom Penh, Mekong River Commission, 2003, XVIII, 38 p.
 19. Azuma M., Motomura Y. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environments: the case of a small lake with bluegill in Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 1998, vol. 52, iss. 1-3, pp. 379-389. Doi: 10.1023/A:1007476104352
 20. Karabanov D.P., Kodukhova Yu.V. Stone moroko *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) – a new species in the ichthyofauna of Vietnam. Voprosy ikhtiologii [Journal of Ichthyology]. 2013, vol. 53, no. 2, pp. 241-245. (In Russian)
 21. Welcomme R.L. International introductions of inland aquatic species. FAO Fish. Tech. Pap., 1988, no. 294, 318 p.
 22. Karabanov D.P., Kodukhova Yu.V., Slynko Yu.V. New findings of stone moroko *Pseudorasbora parva* (Temm. et Schl., 1846) in the south region of Russia. Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii [Russian Journal of Biological Invasions]. 2009, no. 1, pp. 11-13. (In Russian)
 23. Bogutskaya N.G., Kuderskii L.A., Naseka A.M., Spodareva V.V. [Freshwater fish of Russia beyond historical areas: an overview of types of introductions and invasions]. In: *Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh* [Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems]. Moscow, St-Peterburg, KMK Publ., 2004, pp. 155-171. (In Russian)
 24. Pashkov A.N., Plotnikov G.K., Shutov I.V. New data on the composition and distribution of introduced species in the fish community of the continental waters of North-West Caucasus. Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki [University News North-Caucasian region. Natural Sciences Series]. 2004, Application NS1, pp. 46-52. (In Russian)
 25. Abramenko M.I. Specific features of feeding behaviour of stone moroko *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel 1846) (Cyprinidae: Gobioninae) in a new habitat. Report 1. Predatori reactions. Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN [Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012, vol. 8, no. 4, pp. 81-87. (In Russian)
 26. Khoruzhaya V.V., Arkhipov E.M. Amurskii chebachok – Stone moroko – *Pseudorasbora parva* (Schlegel) and river flounder – *Pleuronectes flesus luscus* (Pallas.). Rybovodstvo i rybolovstvo [Fish farming and fishing]. 2002, no. 3-4, pp. 8-9. (In Russian)
 27. Konishi M., Hosoya K., Takata K. Natural hybridization between endangered and introduced species of *Pseudorasbora*, with their genetic relationships and characteristics inferred from allozyme analyses. *J. of Fish Biol.*, 2003, vol. 63, iss. 1, pp. 213-231. Doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00146.x
 28. Kawase S., Hosoya K. *Pseudorasbora pugnax*, a new species of minnow from Japan and redescription of *P. pumila* (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyological Exploration of Freshwaters, 2015, vol. 25, iss. 4, pp. 289-298.
 29. Yue P.Q. Gobioninae. Fauna Sinica. Osteichthyes: Cypriniformes (II). Eds. Chen Y.Y. et al. China, Beijing, Sci. Press, 1998, pp. 262-389. (In Chinese)
 30. Yang J.-Q., He Sh., Freyhof J., Witte K., Liu H. The phylogenetic relationships of the Gobioninae (Teleostei: Cyprinidae) inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequences. *Hydrobiologia*, 2006, vol. 553, no. 1, pp. 255-266. Doi: 10.1007/s10750-005-1301-3
 31. Xiao Z., Lan Z.H., Chen X.L. A new species of the genus *Pseudorasbora* from Guangdong Province, China (Cypriniformes, Cyprinidae). *Acta Zootax. Sinica.*, 2007, vol. 32, pp. 977-980.
 32. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* [Guidelines for the study of fish (mainly freshwater)]. Moscow, Pishchevaya Promyshlennost' Publ., 1966, 376 p. (In Russian)
 33. Podushka S.B. The penetration of the Stone moroko *Pseudorasbora parva* in the Sea of Azov. In: *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' laboratorii ikhtiologii INENKO* [Scientific and Technical Bulletin of the Laboratory of Ichthyology INENKO]. St-Petersburg, 1999, iss. 1, pp. 36-37. (In Russian)
 34. Luzhnyak V.A., Startsev A.V. [Introducers and their role in ichthyocenosis of the researched influence]. In: *Ikhtiofauna Azovo-Donskogo i Volgo-Kaspiyskogo basseynov i metody ee sokhraneniya* [Ichthyofauna of the Besins of the Sea of Azov and the Don River and the Volga River and the Caspian Sea and Methods of its Preservation]. Rostov-on-Don, SSC RAS Publ., 2009, pp. 18-57. (In Russian)
 35. Luzhnyak V.A., Startsev A.V. *Vselentsy v bioraznoobrazii i produktivnosti Azovskogo i Chernogo morei* [Invasion fish species in the Taganrog Bay and the mouth of Don River]. Rostov-on-Don, SSC RAS Publ., 2010, pp. 28-34. (In Russian)
 36. Matishov G.G., Ponomareva E.N., Luzhnyak V.A., Startsev A.V. *Rezultaty ikhtiologicheskikh issledovaniy*

ust'evogo vzmor'ya Dona [The Results of Ichthyologic Studies in the Don Delta – Sea Shore Area]. Rostov-on-Don, SSC RAS Publ., 2014, 160 p. (In Russian)

37. Matishov G.G., Boltachev A.R., Stepanyan O.V., Startsev A.V., Karpova E.P., Statkevich S.V., Ablyazov E.R., Prishchepa R.E. The Modern taxonomic diversity and spatial distribution of the fish and some malacostracan communities of the Ecotone of the Don River estuary. *Science in the South of Russia*, 2017, vol. 13, no. 1, pp. 84-101. Doi: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-84-101 (In Russian)

38. Boltachev A.R., Karpova E.P., Startsev A.V., Stepan'yan O.V. Features of quantitative distribution of fish in the Don River Delta during warm season 2015. *Marine Biological Journal*, 2017, vol. 2, no. 3, pp. 3-11. (In Russian) Doi: 10.21072/mbj.2017.02.3.01

39. Karedin E.P. Feeding of mass fish species in the Lake Khanka. *Voprosy ikhtiologii* [Journal of Ichthyology]. 1966, vol. 6, no. 3, pp. 540-549. (In Russian)

40. Batraeva M.N. [The biology of the Stone morocco]. In: *Biologiya vodoemov Kazakhstana* [Biology of reservoirs of Kazakhstan]. Alma-Ata, 1970, pp. 18-20. (In Russian)

41. Trombitskii I.D., Kakhovskii A.E. On the optional *Pseudorasbora* parasitism of *Pseudorasbora parva* (Schlegel) in fish ponds. *Voprosy ikhtiologii* [Journal of Ichthyology]. 1987, vol. 27, no. 1, pp. 166-167. (In Russian)

42. Zenkevich L.A. About the acclimatization of novel feed invertebrates in the Caspian Sea and its theoretical background. *Byulleten' MOIP*. 1940, vol. 49, no. 1. pp. 19-32. (In Russian)

43. Karpevich A.F. *Teoriya i praktika akklimatizatsii vodnykh organizmov* [Theory and practice of acclimatization of aquatic organisms]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1975, 432 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр В. Старцев и Александр В. Корчунов собрали икhtiологический материал и написали текст статьи. Нухкади И. Рабазанов и Рустам Н. Рабазанов корректировал рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной мере несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aleksandr V. Startsev and Aleksandr A. Korchunov collected ichthyological material and wrote the text of the article. Nukhkadi I. Rabazanov and Rustam N. Rabazanov corrected the text prior to submission to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 634.21 (581.45: 575.21)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-17-24

К вопросу о происхождении культурного сортимента абрикоса Дагестана по изменчивости морфологических признаков листа

Джалалудин М. Анатов^{1,2} , Загирбег М. Асадулаев^{1,3}, Руслан М. Османов¹, Камилла И. Ахмедова³

¹Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

²Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Махачкала, Россия

³Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Джалалудин М. Анатов, Лаборатория флоры и растительных ресурсов, Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.

Тел. +78722628964, +79882696299

Email djalal@list.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6725-4086>

Формат цитирования

Анатов Д.М., Асадулаев З.М., Османов Р.М., Ахмедова К.И. К вопросу о происхождении культурного сортимента абрикоса Дагестана по изменчивости морфологических признаков листа // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, №3. С.17-24. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-17-24

Получена 11 марта 2019 г.

Прошла рецензирование 29 апреля 2019 г.

Принята 15 мая 2019 г.

Резюме

Цель. В работе приведены результаты оценки аборигенности и степени сходства культиваров абрикоса, произрастающих в коллекции Горного ботанического сада на основе сравнительного анализа изменчивости морфологических признаков листа.

Материал и методы. Материалом послужили 33 культивара абрикоса различного эколого-географического происхождения объединенные в следующие группы: дагестанские народные; московские – селекции ГБС РАН на основе дикорастущих форм Таджикистана и Киргизии; европейские; азиатские – из Средней Азии, Таджикистана, Китая и Алтая.

Результаты. Показана близость дагестанских и европейских сортов по сравнению с азиатскими и московскими сортами. Большинство дагестанских (16 из 19) и европейских сортов имеют листья округлой формы (индекс формы листа от 80 до 100%), азиатские и московские – удлинённо-эллиптические и овальные (60-80%). Методом главных компонент установлено, что в основной массе культивары дагестанского происхождения имеют однотипные формы и размеры листьев, из них выделились по форме листа Тлама курак (ширококруглые), Хекобарш (удлинённые) и Эсделик по крупности листа.

Заключение. На основе дискриминантного анализа (квадратам расстояний Махаланобиса) выявлено, что индексы показателей признаков листьев (ширина/длина листовой пластинки; длина черешка/длина пластинки; угол верхушки/угол основания листа) служат более надёжными критериями дифференциации сортов абрикоса на эколого-географические группы, чем сами морфологические признаки.

Ключевые слова

абрикос, культивары, эколого-географические группы, лист, изменчивость, Дагестан.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

To the question of the origin of the cultural assortment of Dagestan apricots through assessing the variability of leaf morphological characteristics

Dzhalaludin M. Anatov^{1,2} , Zagirbeg M. Asadulaev^{1,3}, Ruslan M. Osmanov¹ and Kamilla I. Akhmedova³

¹Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

³Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Dzhalaludin M. Anatov, Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden, Dagestan Scientific Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadjiiev St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +78722628964, +79882696299

Email djalal@list.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6725-4086>

How to cite this article

Anatov D.M., Asadulaev Z.M., Osmanov R.M., Akhmedova K.I. To the question of the origin of the cultural assortment of Dagestan apricots through assessing the variability of leaf morphological characteristics. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 17-24. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-17-24

Received 11 March 2019

Revised 29 April 2019

Accepted 15 May 2019

Abstract

Aim. The paper presents the results of assessment of the indigenous nature and degree of similarity of apricot cultivars growing in the collection of the Mountain Botanical Garden, Gunib, Dagestan, Russia based on a comparative analysis of the variability of leaf morphological characteristics.

Material and Methods. The material assessed consisted of 33 apricot cultivars of various ecological and geographical origins aggregated in the following groups: (a) Dagestan – traditional cultivars; (b) Moscow - selection from the Tsytin Main Moscow Botanical Garden, Russian Academy of Sciences based on wild forms of Tajikistan and Kyrgyzstan; (c) European and (d) Asian - from Central Asia, Tajikistan, China and Altai.

Results. The closeness of Dagestan and European varieties in comparison with Asian and Moscow varieties was shown. Most Dagestan (16 of 19) and European varieties have round-shaped leaves (leaf shape index 80- 100%), while those from Asia and the Moscow Botanical Garden have leaves which are elongated elliptical and oval (60-80%). Using the method of principal component analysis (PCA), it was established that most cultivars of Dagestan origin have similar leaf shapes and sizes, of which Tlama kurak (wide-round), Hekobarsh (elongated) were distinguished by leaf shape and Esdelik by leaf size.

Conclusion. Based on a discriminant analysis (Squared Mahalanobis Distances), it was found that the indices of indicators of leaf attributes (width/length of leaf lamina; petiole length/length of lamina; apex angle/corner of leaf base) are more reliable criteria for differentiating apricot varieties into ecological and geographical groups than their morphological characteristics.

Key Words

apricot, cultivars, ecological-geographical groups, leaf, variability, Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

В Дагестане абрикос является важной плодовой культурой, разводимой повсеместно во внутренигорной части по долинам рек Аварское Койсу, Андийское Койсу, Казикумухское Койсу и Кара-Койсу, в среднем горном поясе часто дичает (курага) [1; 2].

Специальные исследования показывают, что исходное сортовое разнообразие абрикоса обыкновенно формировалось в Средней Азии и Китае, откуда сорта проникли в Переднюю Азию, Кавказ. В Европу абрикос попал позже, а недавно распространился и в Северной Америке [3-5].

Одним из возможных исторических путей проникновения культурного сортимента абрикоса на Северный Кавказ, в том числе и на территорию Дагестана, является Шелковый путь. Известны три его основные трассы, которые соединялись между собой. Один из возможных путей распространения абрикоса – из Средней Азии в Нижнее Поволжье, затем вдоль западного берега Каспийского моря через Каспийские Железные ворота (Дербент) на юг в древнюю Албанию и Парфию.

Дагестанские сорта абрикоса, согласно классификации Костиной [3], относятся к Ирано-Кавказской эколого-географической группе и составляют самостоятельную дагестанскую региональную подгруппу [4]. Поскольку Ирано-Кавказский ареал считают вторичным центром генетического разнообразия абрикоса [6], то изучение признаков дагестанского абрикоса имеет

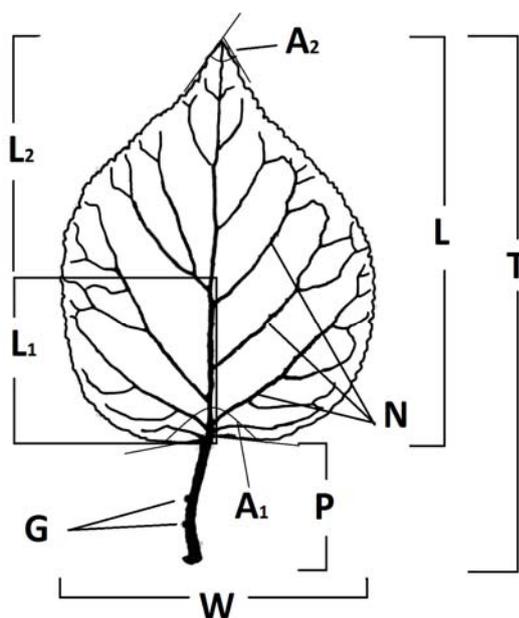
значение для решения вопросов хорологии, экологии, генетики и селекции на основе его близости с другими эколого-географическими группами сортов.

Целью данной работы является сравнительная оценка самостоятельности Дагестанских сортов и природных форм абрикоса и их близости с сортами других эколого-географических групп, произрастающих в коллекции ГорБС на основе параметров морфологических признаков листа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов для исследования использованы сорта и формы абрикоса, произрастающие в генетической коллекции Горного ботанического сада (ГорБС) ДНЦ РАН (33 сортообразцов) расположенной на Цудухарской экспериментальной базе (ЦЭБ) (1100 м. над ур. моря). Все изучаемые образцы разделены на группы: «дагестанская», включающая сорта и формы, выведенные в Дагестане; «московская» – сорта селекции ГБС РАН полученных от дикорастущих форм Таджикистана и Киргизии; «европейская» – культурные сорта европейского происхождения; «азиатская» – культурные сорта и дикие формы из Средней Азии, Таджикистана, Китая и Алтая.

Комплексная оценка изменчивости внешних признаков листа проводилась по 13 структурным и 5 индексным признакам (рис. 1).



- L – длина пластинки, см / lamina length, cm
- P – длина черешка, см / petiole length, cm
- T – общая длина листа, см / total leaf length, cm
- W – ширина листа, см / leaf width, cm
- L₁ – длина до широкой части, см / length to the wide part of leaf, cm
- L₂ – длина верхней части, см / length of upper part of leaf, cm
- N – число главных жилок, шт. / number of main leaf ribs, pcs.
- G – число железок, шт. / number of glands, pcs.
- A₁ – расширение основания листа, град / width of leaf base, angle
- A₂ – заостренность верхушки листа, град / sharpness of leaf apex, angle
- M – масса листа, г / leaf mass, g
- S – площадь листа, см² / leaf area, cm²
- K – клястероспориоз, балл / clasterosporium, score
- InL – индекс листа = W/L (%) / leaf index = W/L (%)
- InP – индекс длины листа = P/L (%) / leaf length index = P/L (%)
- InA – индекс углов = A₁/A₂ (%) / angle index = A₁/A₂ (%)
- SLA – удельная площадь листа = S/M (см²/г) / specific leaf area = S/M (cm²/g)
- InG – индекс железистости черешка = G*10/P / glandular index of petiole = G*10/P

Рисунок 1. Ученные морфологические параметры листа абрикоса и их условные обозначения

Figure 1. Morphological parameters of apricot leaves and their attributes which were taken into consideration

Статистический анализ изменчивости морфологических признаков листа выполнен методами описательной статистики, дисперсионного, регрессионного анализов [7-9], с применением лицензионной системы обработки данных Statistica v. 5.5.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первым признаком, по которому оценивались сорта, является длина пластинки листа. По этому признаку и по общей длине листа с черешком преобладают азиатские культивары, 7,6 и 10,4 см соответственно (табл. 1). Размеры листа европейских и дагестанских сортов примерно одинаковые. Мелкие листья имеют сорта московской группы, что связано с их происхождением

от диких форм из Средней Азии [10]. Колебания средних (CV) при этом относительно низкие – в пределах от 11,5 до 17,6% (у европейских ниже, у московских выше). По другим признакам листа показатели также выше у азиатских сортов. Большая часть изученных культиваров по остальным признакам имеют размеры близкие к средним. При этом у европейских сортов верхушка листа менее заостренная и на их черешках больше железок – 2,9 при ближайшем показателе у азиатских сортов 1,9.

Для большинства признаков уровень изменчивости линейных признаков листа (CV) имеет низкие и средние показатели и высокие для массы листа, поражаемости клостероспориозом, числа железок.

Таблица 1. Изменчивость параметров признаков листа сортов и форм абрикоса разного происхождения на Цудахарской экспериментальной базе Горного ботанического сада

Table 1. Variability of parameters of traits of leaves of varieties and forms of apricot of different origin, Tsudahar Experimental Base, Mountain Botanical Garden

Признаки Traits	Дагестанские n=190 Dagestan		Европейские n=50 European		Азиатские n=50 Asian		Московские n=40 Moscow MBG	
	X±Sx	CV,%	X±Sx	CV,%	X±Sx	CV,%	X±Sx	CV,%
	L	6,6±0,07	15,3	6,5±0,11	11,5	7,6±0,16	15,0	5,4±0,15
P	3,3±0,04	18,2	3,0±0,11	25,5	2,8±0,08	18,9	2,3±0,09	24,4
T	9,8±0,10	14,2	9,5±0,18	13,5	10,4±0,21	14,0	7,8±0,23	18,7
W	5,8±0,07	16,4	5,6±0,11	14,2	6,0±0,13	15,0	4,2±0,07	10,4
N	11,2±0,16	19,3	10,4±0,31	21,3	10,6±0,21	14,3	12,6±0,26	13,0
L ₁	2,9±0,04	17,3	3,1±0,08	17,6	3,5±0,08	15,7	2,3±0,06	16,2
L ₂	3,6±0,04	16,9	3,4±0,06	12,6	4,1±0,11	18,0	3,1±0,11	22,6
M	0,28±0,009	41,5	0,28±0,009	23,6	0,34±0,019	40,8	0,15±0,009	35,9
K	1,6±0,06	49,9	1,5±0,07	34,1	1,2±0,08	44,7	1,4±0,08	35,8
A ₁	127,1±2,14	23,2	137,9±5,08	26,1	135,9±4,88	25,4	143,7±3,45	15,2
A ₂	68,7±1,31	26,3	70,4±2,88	28,9	58,7±2,91	35,0	43,8±3,46	49,9
G	1,5±0,09	81,4	2,9±0,25	59,3	1,9±0,23	84,6	1,0±0,12	75,1
S	27,0±0,62	31,5	25,4±0,82	22,9	32,0±1,32	29,3	15,1±0,57	24,1
InL	88,9±0,79	12,3	87,0±1,64	13,4	79,9±1,40	12,4	79,1±1,46	11,7
SLA	100,1±1,32	18,2	94,3±3,23	24,2	100,3±2,67	18,9	102,5±2,56	15,8
InA	56,1±1,26	31,0	53,3±2,35	31,2	44,0±2,09	33,6	31,8±2,88	57,3
InP	50,0±0,62	17,2	47,1±1,50	22,5	37,5±0,97	18,3	42,8±0,98	14,5
InG	7,9±0,30	52,2	13,4±0,89	47,1	10,0±0,70	49,3	9,1±0,69	47,8

По форме пластинки (индекс листа) культивары классифицированы на 5 типов:

1 – удлинённо-эллиптические (W/L= 60-70%); 2 – овальные (яйцевидные) (70-80%); 3 – сердцевидные (80-90%); 4 – округлые (90-100%); 5 – широкоокруглые (100-110%).

По этому индексу большинство дагестанских культиваров (16) имеют сердцевидные и округлые листья (W80-100%), два – удлинённо-эллиптические и овальные (60-80%), и один – широкоокруглые (100-120%). Распределение по индексу листа всех групп представлено на рис. 2.

У европейских сортов также преобладают сердцевидные и округлые формы (80-100%), а у азиатских и московских, наоборот, больше удлинённо-эллиптических и овальных (60-80%).

При анализе корреляционных взаимосвязей выявлены достоверные положительные связи между все-

ми линейными признаками (табл. 2). Листовой индекс слабо отрицательно коррелирует с длиной пластинки и ее структурными частями и положительно с шириной листа, углами верхушки и основания.

По итогам однофакторного дисперсионного анализа были выявлены достоверные различия между культиварами по всем учтенным признакам листа (рис. 3). Относительные компоненты дисперсии (h^2) варьировали от 26,4% до 51,8%. Наибольшие различия в дифференциацию культиваров вносят признаки «индекс листа» и «число жилок», наименьшее – «поражаемость клостероспориозом». Влияние эколого-географического происхождения на дифференциацию существенно ниже и заметней всего это проявилось по линейным признакам и площади листа. Недостоверными оказались различия по признакам число жилок, поражаемость клостероспориозом, угол основания, индекс листа и удельная площадь листа.

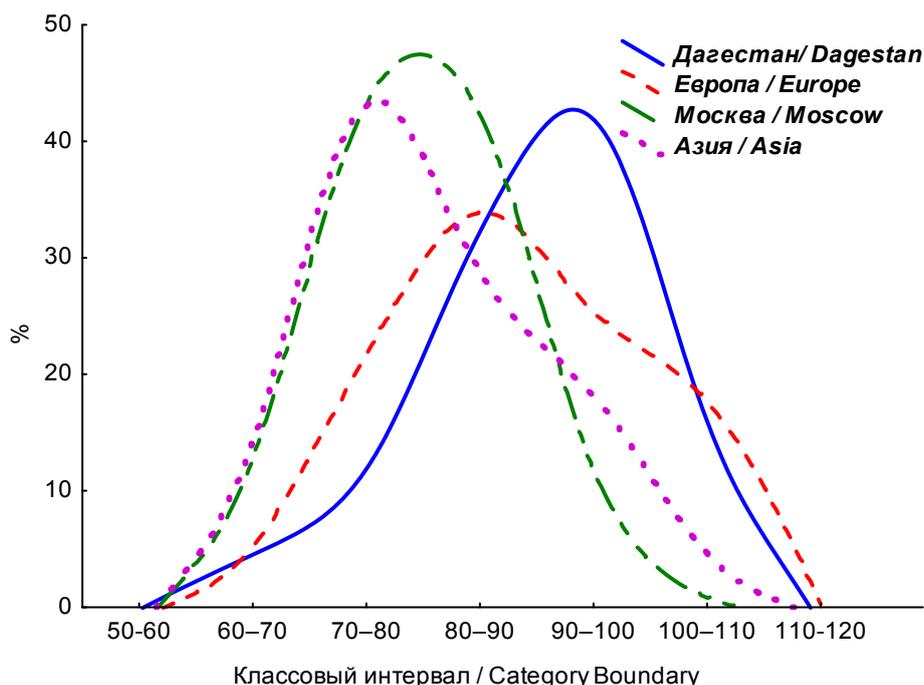


Рисунок 2. Частотное распределение культиваров абрикоса по индексу листа (по группам)
Figure 2. Frequency distribution of apricot cultivars by leaf index (in groups)

Таблица 2. Корреляционная матрица морфометрических признаков листа абрикоса в объединенной выборке
Table 2. Correlation matrix of morphometric traits of apricot leaves in the combined sample

	L	P	T	W	L ₁	L ₂	S	M	K	A ₁	A ₂	N	G	InL	SLA	InA	InP
P	47*																
T	92*	77*															
W	72*	59*	77*														
L ₁	88*	45*	82*	67*													
L ₂	91*	40*	83*	62*	60*												
S	84*	57*	85*	96*	77*	73*											
M	81*	43*	77*	84*	73*	72*	90*										
K	23*	23*	26*	30*	18*	22*	27*	23*									
A ₁	-21*	-10	-20*	01	-25*	-15*	00	-01	-13*								
A ₂	-33*	12*	-19*	15*	-20*	-38*	04	-09	-07	21*							
N	-08	-07	-09	-04	-18*	03	-04	-06	12*	-02	-13*						
G	17*	23*	23*	31*	18*	14*	31*	34*	03	24*	15*	-24*					
InL	-33*	17*	-17*	40*	-24*	-35*	19*	08	09	29*	65*	02	22*				
SLA	-33*	04	-22*	-20*	-29*	-31*	-23*	-60*	-07	04	26*	05	-16*	16*			
InA	-18*	18*	-06	12*	-05	-27*	02	-09	01	-48*	73*	-06	-02	40*	22*		
InP	-29*	69*	09	06	-23*	-29*	-06	-18*	05	06	41*	-05	13*	47*	31*	35*	
InG	-06	-19*	-12*	03	-04	-06	04	13*	-06	30*	10	-21*	89*	14*	-16*	-11*	-15*

Примечание: * уровень достоверности на $P < 0,05$; корреляции представлены в целых числах до сотого значения без нуля и запятой.
Note: * confidence level of $P < 0.05$; correlations are presented in integers without a zero and a comma.

Проведенный дискриминантный анализ по морфологическим признакам показал, что наибольшие различия между эколого-географическими группами определяют угол верхушки, длина широкой и верхней части листа, площадь, длина черешка, число железок и ширина листа (табл. 3). Остальные признаки оказались малоинформативными.

Квадраты расстояний Махаланобиса по итогам дискриминантного анализа (табл. 4) показали высокую обособленность московской группы по отношению к

остальным. Наибольшее сходство отмечено между группами «дагестанские» с «европейскими» и «азиатскими». Расхождение московских сортов от остальных групп вызвано их происхождением от дикорастущих форм.

Если сравнивать эколого-географические группы по индексным признакам, которые больше зависят от скоррелированности признаков входящих в этот индекс, то картина иная: московские ближе к азиатским, а дагестанские к европейским (табл. 4).

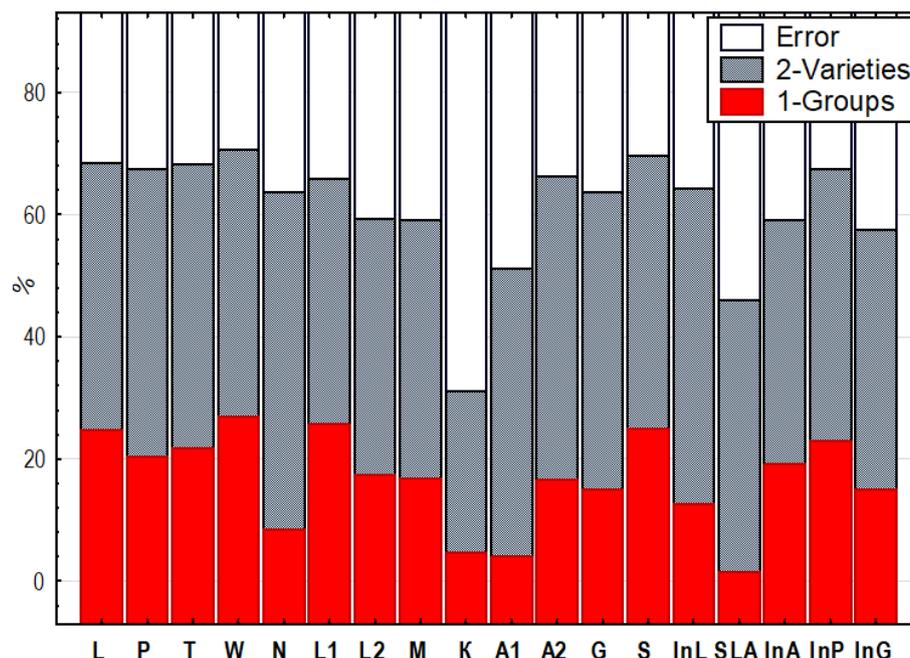


Рисунок 3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов абрикоса по группирующей переменной «сорта» и «группы»

Figure 3. Results of two-factor analysis of variance (ANOVA) of apricot varieties according to 'varieties' and 'groups'

Таблица 3. Итоги дискриминантного анализа с пошаговым исключением по группирующей переменной – группы

Table 3. Results of discriminant analysis with step-by-step exception for the grouping variable – groups

Показатели, n=330 Indicators	F	p	Показатели, n=330 Indicators	F	p
В модели / in the model			Не в модели / not in the model		
P	22,29	0,000000	N	2,34	0,073031
W	21,55	0,000000	A ₁	5,19	0,001644
L ₁	33,43	0,000000	K	5,54	0,001025
L ₂	19,62	0,000000	M	8,01	0,000037
S	23,19	0,000000			
A ₂	38,40	0,000000			
G	21,79	0,000000			

Примечание: Число пер. 11; группировок: группы (4 гр.); в модели F >10,000, p < 0,0001

Note: Number of var. 11; grouping: groups (4 components); in model F > 10,000, p < 0.0001

По итогам анализа методом главных компонент установлено, что основными факторами, по которым дифференцируются дагестанские культивары абрикоса оказались линейные признаки листа (ось X), и индексные признаки (ось Y) – (рис. 4). Результаты показывают, что в основной массе культивары дагестанского происхождения имеют однотипные формы и размеры листьев, из основной группы выделились по форме листа Тлама курак (ширококруглые), Жекобарш (удлиненные) и Эсделик по круп-

ности листа. Учитывая, что сорт Эсделик является сеянцем среднеазиатского сорта Супханы, то возможно этим объясняется его заметное отличие от остальных сортов, а Тлама курак является полукультурной формой, т.е. частично одичавшим, этим также можно объяснить его отличие от остальных сортов и форм. Интересным представляется обособленность сорта Жекобарш отличающегося удлиненной формой листьев, что, возможно, говорит о его недагестанском происхождении.

Таблица 4. Итоги дискриминантного анализа по морфологическим признакам и их индексам (квадраты расстояний Махаланобиса)

Table 4. Results of discriminant analysis by morphological traits and their indices (Squared Mahalanobis Distances)

Группа Group	Дагестанская Dagestan	Московская Moscow MBG	Европейская European	Азиатская Asian
Дагестанская /Dagestan		2,33	1,46	2,41
Московская / Moscow	9,31		2,79	1,21
Европейская /European	2,43	11,13		2,11
Азиатская / Asian	4,28	12,18	3,92	

Примечание: В левой половине показаны значения по морфологическим признакам, справа – индексам.

Note: Morphological values are shown towards the left, indices towards the right.

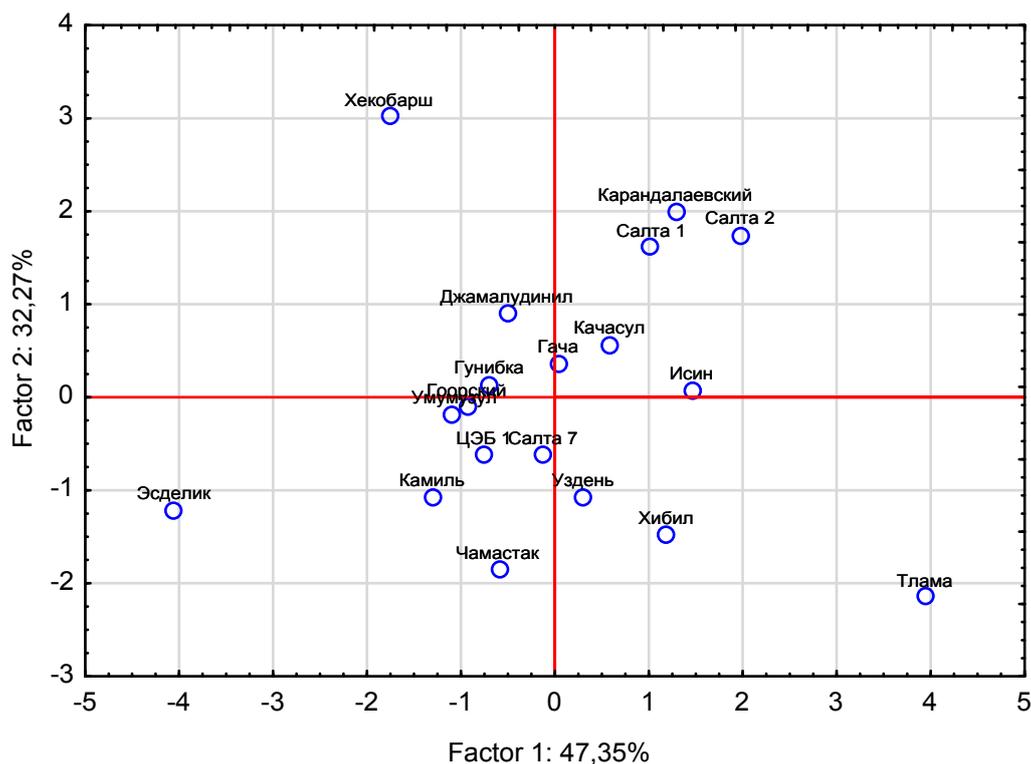


Рисунок 4. Итоги многомерного анализа дагестанских культиваров абрикоса по признакам листа на основе метода главных компонент

Figure 4. Results of a multivariate analysis of the Dagestan apricot cultivars by leaf attributes on the basis of the principal component method

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка генетической коллекции абрикоса Горного ботанического сада, представленная культиварами различного эколого-географического происхождения по изменчивости морфологических признаков листа, показала, что большинство дагестанских культиваров (16) имеет сердцевидные и округлые листья (80-100%). У европейских сортов также преобладают округлые формы, а у азиатских и московских, наоборот, больше удлиненно-эллиптических и овальных.

По индексу листа все исследованные культивары классифицированы на 5 типов: удлиненно-эллиптические (клиновидные) (60-70%); овальные (яйцевидные) (70-80%); сердцевидные (80-90%); округлые (90-100%); широкоокруглые (почковидные) (100-110%).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал высокие достоверные различия между культиварами по всем учтенным признакам листа и низкие между эколого-географическими группами. Наибольший вклад в дифференциацию культиваров вносят признаки «индекс листа» и «число жилок», наименьший – «поражаемость кластероспориозом». Влияние эколого-географического происхождения заметней всего проявилось по линейным признакам и площади листа.

Итоги дискриминантного анализа показали высокую обособленность по морфологическим признакам листа московских сортов относительно остальных и сходство между «дагестанской», «европейской» и «азиатской» группами. По индексным признакам выявлено сходство азиатских сортов с московскими, а дагестанских с европейскими.

По итогам многомерного анализа признаков дагестанских культиваров абрикоса методом главных компонент установлено их наиболее интерпретируемое разделение по линейным признакам листа (ось X) и по индексным показателям (ось Y).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-016-00133А и с использованием УНУ «Система экспериментальных баз расположенных вдоль высотного градиента» Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

ACKNOWLEDGMENT

This work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) grant No. 19-016-00133A and with the use of the Unique Scientific Facility "System of experimental bases located along the altitude gradient" of the Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Asadulaev Z.M., Anatov D.M., Gaziev M.A. Genetic resources of *Prunus armeniaca* L. natural populations in Mountainous Dagestan // Acta Hort. 2014. Iss. 1032. P. 183-190. Doi: 10.17660/ActaHort.2014.1032.24
2. Анатов Д.М., Османов Р.М., Асадулаев З.М., Газиев М.А. Экологические и исторические аспекты разнообразия форм абрикоса в Горном Дагестане // Вестник

Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. 2015. Т. 30. N 1. С. 73-81.

3. Костина К.Ф. Абрикос // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1936. Приложение 83. 290 с.

4. Mehlenbacher S.A., Cociu V., Hough L.F. Apricots (*Prunus*). In: Moore J. N., Ballington J. R. (eds) Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops // *Acta Hort.* 1991. Iss. 290. P. 65-110. Doi: 10.17660/ActaHortic.1991.290.3

5. Yilmaz K.U., Gurcan K. Genetic Diversity in Apricot. In: Genetic Diversity in Plants (ed: M. Caliskan), InTech, Rijeka, Croatia. 2012. P. 249-270.

6. Вавилов Н.И. Дикие родичи плодовых деревьев Азии и Кавказа и проблемы происхождения плодовых деревьев // Избранные труды в пяти томах. Т. II, М.–Л., изд. АН СССР, 1960. С. 343-360.

7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

8. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Учебное издание. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского госунивер., 2003. 320 с.

9. Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах. Москва: Экспресс, 2008. 60 с.

10. Скворцов А.К., Крамаренко Л.А. Абрикос в Москве и Подмосковье. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 188 с.

REFERENCES

1. Asadulaev Z.M., Anatov D.M., Gaziev M.A. Genetic resources of *Prunus armeniaca* L. natural populations in Mountainous Dagestan. *Acta Hort.*, 2014. Iss. 1032. P. 183-190. Doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1032.24

2. Anatov D.M., Osmanov R.M., Asadulaev Z.M., Gaziev M.A. Ecological and historical aspects of diversity of the

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Джалалудин М. Анатов и Загирбег М. Асадулаев поставили эксперимент, проанализировали данные, написали рукопись. Руслан М. Османов и Камилла И. Ахмедова собрали материал, проводили камеральную обработку, корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

apricots form in the Mountainous Dagestan. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Estestvennye nauki* [Herald of Dagestan State University. Series 1. Natural Sciences]. 2015, vol. 30, no. 1, pp. 73-81. (In Russian)

3. Kostina K.F. [Apricot]. In: *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding]. 1936, App. 83, 290 p. (In Russian)

4. Mehlenbacher S.A., Cociu V., Hough L.F. Apricots (*Prunus*). In: Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. *Acta Hort.*, 1991, iss. 290, pp. 65-110. Doi: 10.17660/ActaHortic.1991.290.3

5. Yilmaz K.U., Gurcan K. Genetic Diversity in Apricot. In: Genetic Diversity in Plants (ed: M. Caliskan), InTech, Rijeka, Croatia, 2012, pp. 249-270.

6. Vavilov N.I. [Wild relatives of fruit trees of the Asian part of the USSR and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees]. In: *Izbrannyye trudy v pyati tomakh* [Fav. works in five volumes]. Moscow, Leningrad, AN SSSR Publ., 1960, vol. II, pp. 343-360. (In Russian)

7. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 352 p. (In Russian)

8. Ivanter E.V., Korosov A.V. *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu* [Introduction to quantitative biology]. Petrozavodsk, Petrozavodskiy gosuniv. Publ., 2003, 320 p. (In Russian)

9. Volkova P.A., Shipunov A.B. *Statisticheskaya obrabotka dannyh v uchebno-issledovatel'skih rabotah* [Statistical data processing in research and development]. Moscow, Ekspress Publ., 2008, 60 p. (In Russian)

10. Skvortsov A.K., Kramarenko L.A. *Abrikos v Moskve i Podmoskov'e* [Apricot in Moscow and Moscow region]. Moscow, KMK Publ., 2007, 188 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Dzhalaludin M. Anatov and Zagirbeg M. Asadulaev set up the experiment, analyzed data and wrote the text. Ruslan M. Osmanov and Kamilla I. Akhmedova collected the material, conducted computer processing and reviewed the text before submission to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 504.05: 504.064
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-25-36

Исследования природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды города, расположенного в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины (на примере Тугнуйской впадины)

Андрей П. Щербатюк 

Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Контактное лицо

Андрей П. Щербатюк, кафедра технической безопасности, Забайкальский государственный университет; 672039 Россия, г. Чита, ул. Александровская, 30.
Тел. +73022334434, +79145173934, +79245053934
Email andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5038-3252>

Формат цитирования

Щербатюк А.П. Исследования природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды города, расположенного в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины (на примере Тугнуйской впадины) // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.25-36. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-25-36

Получена 29 марта 2019 г.

Прошла рецензирование 13 мая 2019 г.

Принята 25 мая 2019 г.

Резюме

Цель. Исследование степени влияния природных факторов Забайкальского края на качество воздушной среды города, имеющего горно-котловинное расположение.

Материал и методы. Изучены геоморфология и климат межгорных впадин Забайкалья, а также разделение по орографическим особенностям. Выявлены недостающие моменты в вопросах влияния природных факторов Забайкальского края на качество воздушной среды, согласно которым имеется необходимость проведения дальнейших научных изысканий.

Результаты. Выявлены географические аспекты формирования качественного состава атмосферы городов, расположенных в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины с учетом природных факторов. Проведены исследования с 2005 по 2015 гг. на трёх постах наблюдения (далее – ПНН) в г. Петровск-Забайкальский (Н1 = 800 м; Н2 = 860 м; Н3 = 895 м). Рассмотрена динамика средних значений содержания загрязняющих веществ в воздухе г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (по материалам натурных наблюдений по трём ПНН) и динамика величины индекса загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном в воздухе г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. Проведена оценка геоэкологических угроз и географических механизмов их реализации; динамики загрязнения атмосферного воздуха характерного объекта (Тугнуйской впадины и атмосферного воздуха г. Петровск-Забайкальский). Выявлены закономерности проявления чрезвычайно опасных концентраций загрязняющих веществ городов, расположенных в межгорных котловинах.

Заключение. Проведенные автором исследования влияния природных факторов (на примере Тугнуйской впадины) на качество воздушной среды города Приоритетного списка (на примере г. Петровск-Забайкальский) показали, что чрезвычайно опасные концентрации загрязняющих веществ, особенно вещества первого класса опасности, а именно бенз(а)пирена, создаются на основе географических причин.

Ключевые слова

природные факторы, города, воздушная среда, загрязнение, условия, внутриконтинентальные межгорные котловины.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Research into natural factors of the Trans-Baikal region influencing air quality of a city located in an intra-continental intermountain basin: the example of the Tugnui basin

Andrey P. Shcherbatyuk 

Transbaikal State University, Chita, Russia

Principal contact

Andrey P. Shcherbatyuk, Department of Technosphere Safety, Transbaikal State University; 30 Aleksandro-Zavodskaya St, Chita, Russia 672039.

Tel. +73022334434, +79145173934 & +79245053934

Email andrey.shcherbatyuk.63@ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5038-3252>

How to cite this article

Shcherbatyuk A.P. Research into natural factors of the Trans-Baikal region influencing air quality of a city located in an intra-continental intermountain basin: the example of the Tugnui basin. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 25-36. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-25-36

Received 29 March 2019

Revised 13 May 2019

Accepted 25 May 2019

Abstract

Aim. The study of the degree of influence of natural factors in the Trans-Baikal region on the quality of the air of the city of Petrovsk-Zabaykalsky, which lies in an intermountain basin.

Material and Methods. The geomorphology and climate of the intermountain basins of the Trans-Baikal regions, as well as their separation by orographic features, were studied. Missing points were identified which need for further scientific research regarding the influence of natural factors of the Trans-Baikal region on the quality of the air.

Results. Geographical and natural factors in the formation of the qualitative composition of the atmosphere of cities located in intracontinental intermountain basins are presented. Studies were conducted from 2005 to 2015 at three observation posts (hereinafter – OP) in the city of Petrovsk-Zabaykalsky (H1 = 800 m; H2 = 860 m; H3 = 895 m). The dynamics of the average values of pollutant content in the air of the city of Petrovsk-Zabaykalsky for the period 2005-2015 were considered (based on field observations from three OPs), as well as the dynamics of the atmospheric pollution index of benzo(a)pyrene in the air in Petrovsk-Zabaykalsky for the period 2005-2015. Geoecological threats were assessed together with the geographical mechanisms responsible for them and the dynamics of atmospheric air pollution of a characteristic situation (the Tugnui basin and atmospheric air of the city of Petrovsk-Zabaykalsky) were studied. The regular occurrence of extremely dangerous concentrations of pollutants in the atmosphere of cities located in intermountain basins is presented.

Conclusion. The author's research into the influence of natural factors (using the example of the Tugnui basin) on the air quality of a city on the National Priority List (e.g. the city of Petrovsk-Zabaykalsky) showed that extremely dangerous concentrations of pollutants, especially substances of the first hazard class, namely benzo(a)pyrene, are created because of geographical factors.

Key Words

natural factors, cities, air, pollution, conditions, intracontinental intermountain basins.

ВВЕДЕНИЕ

Геоморфология и климат межгорных впадин Забайкалья

Вопросами морфологии впадин различного возраста занимались Н.А. Флоренсов, В.П. Солоненко, Ж.В. Семинский, К.В. Боголепов и др. Наиболее удачная классификация основных типов впадин Восточной Сибири дана Н.А. Флоренсовым [1]. Им выделены три типа впадин: гобийские (Монгольские Гоби), забайкальские и байкальские. Позднее В.П. Солоненко среди впадин байкальского типа выделил зрелые, эмбриональные и зарождающиеся [2]. Среди межгорных впадин, выполненных вулканогенными образованиями, Ж.В. Семинский различал три типа: прогибы, кальдеры и вулcano-тектонические депрессии. Постройки, выполненные вулканическими породами в бассейне Тихого океана, Г. Макдоналд объединил в несколько типов: кратеры, кальдеры и грабены [3-5].

Своеобразие климата заключается и в контрастности определяющих его факторов. Климат Забайкалья суровый, резко континентальный. Уже в октябре здесь устанавливается повышенное атмосферное давление [6; 7].

В свое время В. С. Хореевым была предложена концепция единой системы расселения и географический термин «опорный каркас расселения» (ОК) [8-10]. Численность населения Забайкальского края на 1 января 2015 г. составила, по предварительной оценке, 1087,5 тыс. человек. На основе этих географических сведений А.М. Котельниковым чуть позже проводились исследования территориальных природно-хозяйственных комплексов (на примере Восточного Забайкалья) [11; 12].

Природным модельным объектом в данной работе принята Тугнуйская котловина и город Приоритетного списка, находящиеся на территории Забайкальского края – г. Петровск-Забайкальский.

Таким образом, до настоящего времени в рамках рассматриваемой проблематики не до конца решены следующие теоретические и практические вопросы: 1) геоэкологическая оценка качества воздушной среды городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, и создание информационной базы данных качества атмосферного воздуха городов с критически максимальным уровнем загрязнения атмосферы; 2) оценка влияния чрезвычайно опасных концентраций ЗВ в атмосферном воздухе городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин; 3) повышение экологической безопасности воздушной среды городов России с критически максимальным уровнем загрязнения в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин с целью защищенности человека и хозяйственной инфраструктуры.

Исходя из этого, возникает необходимость проведения дополнительных исследований природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды населенных пунктов, расположенных в условиях межгорных котловин.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – Тугнуйская котловина (Забайкальский край). *Задача исследования* – изучение природных факторов Тугнуйской котловины, влияющих на качество воздушной среды города.

Научные исследования проведены на основе методов, разработанных автором [13-15].

Природные факторы изучены при помощи географических, картографических, исторических методов, а также дистанционных наблюдений (спутниковых технологий геоинформационных интернет-ресурсов: интерактивная карта России с высотами и др.). «Справочники по климату СССР» были использованы для оценки среднемноголетнего режима климатических особенностей котловин.

Для исследований использованы статистические данные из следующих официальных источников: Федеральной службы государственной статистики России (www.gks.ru), ЗАО «Региональный информационный центр» России, официальных сайтов субъектов федеральных округов и их муниципальных образований, Ежегодных государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», ежегодных сборников «Социальное положение и уровень жизни населения России» (www.rgd.ru).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ежегодно формируется список городов Российской Федерации, в которых ИЗА₅ равен или выше 14 (Приоритетный список). В этом списке постоянно остаются города, расположенные в Восточной Сибири: Чита, Петровск-Забайкальский, Улан-Удэ, Минусинск, Магадан, Братск.

Природные факторы таких городов определяют комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), в том числе индекс загрязнения атмосферы пятью приоритетными веществами (ИЗА₅), потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), перенос и рассеивание примесей, поступающих в воздушный бассейн с выбросами предприятий и автотранспорта. Низкий ПЗА наблюдается на северо-западе Европейской части России. Особенно неблагоприятные условия для рассеивания (очень высокий потенциал) создаются в Восточной Сибири.

Следует отметить, что территории с превышением ПДК_{с.с.} находятся в Сибирском ФО, где сконцентрировано 90,91% городов Приоритетного списка (2015) и все эти города расположены в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, в том числе г. Петровск-Забайкальский Забайкальского края.

Исследования в г. Петровск-Забайкальский с 2005 по 2015 гг. проведены на трёх постах наблюдения (далее – ПНН): ПНН №1, Н1 = 800 м; ПНН № 2, Н2 = 860 м; ПНН №3, Н3 = 895 м (рис. 1).

Результаты геоэкологической оценки качества воздушной среды г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (по результатам натурных наблюдений по трём ПНН) представлены в табл. 1.

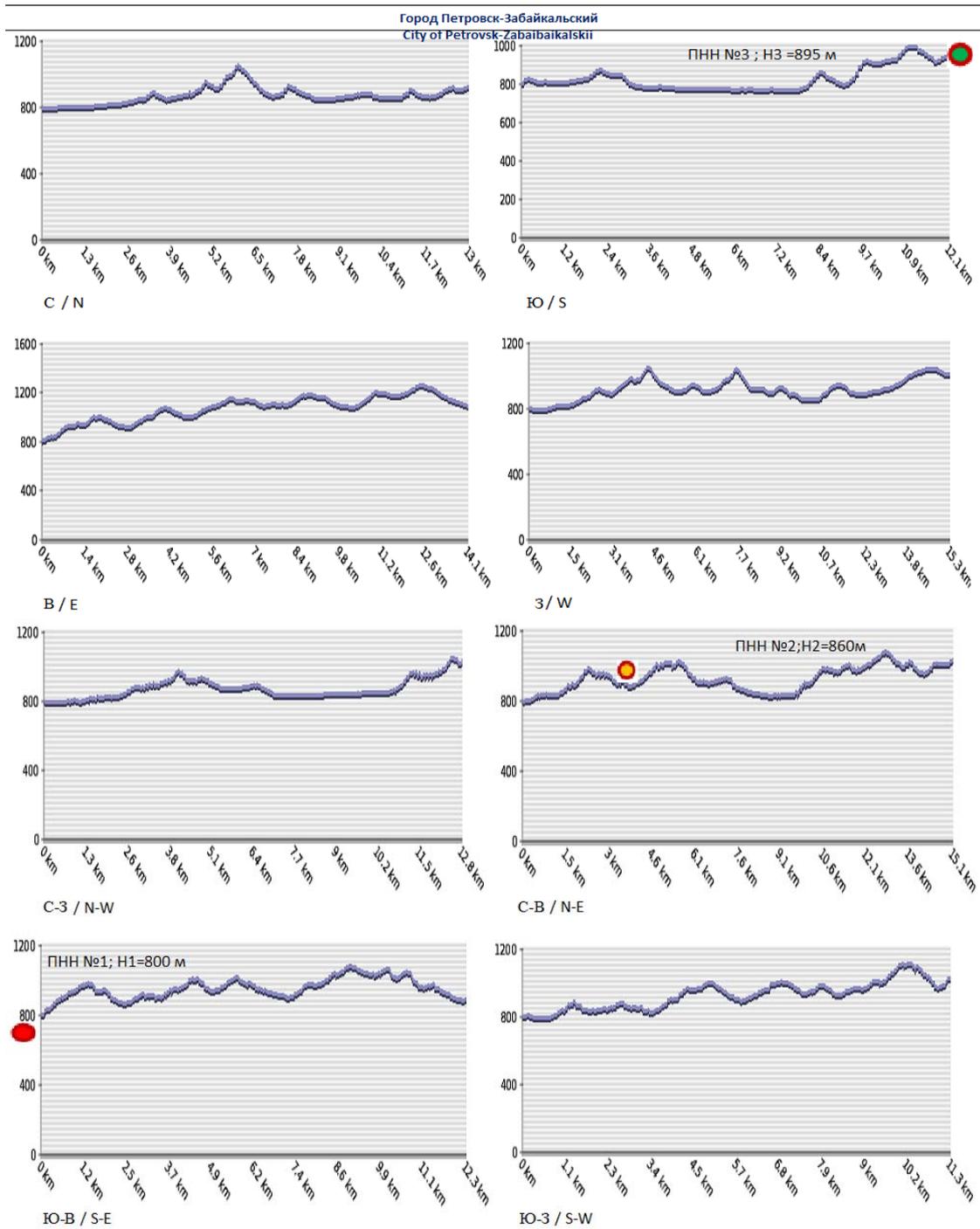


Рисунок 1. Определение высотных отметок рельефа местности по топографическим картам Приоритетного списка, представленных на сайте карты высот

Figure 1. Determination of elevations of terrain on topographic maps of the city National Priority List

Таблица 1. Среднегодовые и максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (ПНН №1- ПНН №3: Н₁ = 800 м; Н₂ = 860 м; Н₃ = 895 м) – по материалам натуральных наблюдений

Table 1. Average annual and maximum concentrations of pollutants in the air of Petrovsk-Zabaikalsky for the period from 2005-2015 to 2008 (OP № 1 - OP № 3: H₁ = 800 m; H₂ = 860 m; H₃ = 895 m) – material from field observations

Загрязняющее вещество Pollutant	Показатели / Indicators								
	ПДК среднесуточная, мг/м ³ MPC daily average, mg/m ³	ПДК максимальная разовая, мг/м ³ MPC single-time maximum, mg/m ³	Класс опасности / константа степени вредности i-того вещества Hazard class/ constant the degree of hazard of the substance	Среднегодовая концентрация, мг/м ³ Mid-annual density, mg/m ³ Н1/Н2/Н3	Кратность превышения ПДКср. Multiplicity of MPC excesses, average Н1/Н2/Н3	Максимальная концентрация, мг/м ³ Maximum density, mg/m ³ Н1/Н2/Н3	Кратность превышения ПДК макс. Multiplicity of MPC excesses, maximum Н1/Н2/Н3	СИ/ SI (standard index) Н1/Н2/Н3	ИЗА / single-pollution index Н1/Н2/Н3
Год / Year	2005								
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,1857</u> <u>0,1615</u> 0,1468	<u>1,238</u> <u>1,423</u> 1,2943	<u>0,3149</u> <u>0,273</u> 0,2489	<u>0,630</u> <u>0,5478</u> 0,498	<u>0,630</u> <u>0,5478</u> 0,498	<u>1,238</u> <u>1,100</u> 0,9787
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,0219</u> <u>0,019</u> 0,0173	<u>0,437</u> <u>0,38</u> 0,3455	<u>0,0745</u> <u>0,0648</u> 0,0589	<u>0,149</u> <u>0,1296</u> 0,1178	<u>0,149</u> <u>0,1296</u> 0,1178	<u>0,437</u> <u>0,380</u> 0,346
Оксид углерода Carbon oxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,9665</u> <u>1,71</u> 1,5545	<u>0,656</u> <u>0,5704</u> 0,5186	<u>9,7463</u> <u>8,475</u> 7,7045	<u>1,949</u> <u>1,6948</u> 1,5407	<u>1,949</u> <u>1,6948</u> 1,5407	<u>0,557</u> <u>0,4845</u> 0,4404
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,0328</u> <u>0,0285</u> 0,0259	<u>0,819</u> <u>0,7122</u> 0,6474	<u>0,0175</u> <u>0,0152</u> 0,0138	<u>0,087</u> <u>0,0757</u> 0,0688	<u>0,087</u> <u>0,0757</u> 0,0688	<u>1,065</u> <u>0,9263</u> 0,8418
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1(нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1(нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>1,9451</u> <u>1,7343</u> 1,5767	<u>1,9451</u> <u>1,7343</u> 1,5767	<u>10,4737</u> <u>9,1076</u> 8,2796	<u>10,4737</u> <u>9,1076</u> 8,2796	<u>10,4737</u> <u>9,1076</u> 8,2796	<u>3,307</u> <u>2,9483</u> 2,6804
Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – повышенный / Level of air pollution in the whole city – increased									
2006									
Взвешенные вещества (пыль) Weighted substances (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,1916</u> <u>0,1666</u> 0,1515	<u>1,277</u> <u>1,1104</u> 1,0095	<u>0,3341</u> <u>0,2905</u> 0,2642	<u>0,668</u> <u>0,5809</u> 0,5281	<u>0,668</u> <u>0,5809</u> 0,5281	<u>1,277</u> <u>1,1107</u> 1,010
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,0225</u> <u>0,0196</u> 0,018	<u>0,451</u> <u>0,3922</u> 0,3565	<u>0,0746</u> <u>0,0648</u> 0,0589	<u>0,149</u> <u>0,1296</u> 0,1179	<u>0,149</u> <u>0,1296</u> 0,1179	<u>0,451</u> <u>0,392</u> 0,360
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>2,0286</u> <u>1,764</u> 1,6-36	<u>0,676</u> <u>0,5878</u> 0,5344	<u>9,6623</u> <u>8,402</u> 7,6382	<u>1,932</u> <u>1,68</u> 1,5272	<u>1,932</u> <u>1,68</u> 1,5272	<u>0,575</u> <u>0,4998</u> 0,4635
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,0338</u> <u>0,0294</u> 0,0267	<u>0,845</u> <u>0,7348</u> 0,6679	<u>0,0179</u> <u>0,0156</u> 0,0142	<u>0,090</u> <u>0,0783</u> 0,0711	<u>0,090</u> <u>0,0783</u> 0,0711	<u>1,099</u> <u>0,9555</u> 0,8678
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1(нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1(нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>1,7493</u> <u>1,5211</u> 1,3828	<u>1,7493</u> <u>1,5211</u> 1,3828	<u>10,8045</u> <u>9,3952</u> 8,5411	<u>10,8045</u> <u>9,3952</u> 8,5411	<u>10,8045</u> <u>9,3952</u> 8,5411	<u>2,974</u> <u>2,5859</u> 2,3508
Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – повышенный Level of air pollution in the whole city – increased									
2007									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,1955</u> <u>0,17</u> 0,1545	<u>1,303</u> <u>1,133</u> 1,03	<u>0,2588</u> <u>0,225</u> 0,2046	<u>0,518</u> <u>0,45</u> 0,4095	<u>0,518</u> <u>0,45</u> 0,4095	<u>1,303</u> <u>1,1333</u> 1,0363

Диоксид серы				<u>0,023</u>	<u>0,460</u>	<u>0,0058</u>	<u>0,012</u>	<u>0,012</u>	<u>0,460</u>
Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,02</u>	<u>0,4</u>	<u>0,005</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,400</u>
				0,018	0,3636	0,0046	0,009	0,009	0,360
				<u>2,07</u>	<u>0,690</u>	<u>5,175</u>	<u>1,035</u>	<u>1,035</u>	<u>0,587</u>
Оксид углерода	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,8</u>	<u>0,6</u>	<u>4,5</u>	<u>0,9</u>	<u>0,9</u>	<u>0,510</u>
Carbon monoxide				1,6364	0,5455	4,0909	0,8182	0,8182	0,4636
				<u>0,0345</u>	<u>0,863</u>	<u>0,0184</u>	<u>0,092</u>	<u>0,092</u>	<u>1,121</u>
Диоксид азота	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,03</u>	<u>0,7504</u>	<u>0,016</u>	<u>0,08</u>	<u>0,08</u>	<u>0,975</u>
Nitrogen dioxide				0,0272	0,6822	0,0145	0,0727	0,0727	0,884
				<u>2,0475</u>	<u>2,0475</u>	<u>11,025</u>	<u>11,025</u>	<u>11,025</u>	<u>3,481</u>
Бенз(а)пирен	1 (нг/м ³)	1 (нг/м ³)	1/1,7	<u>1,7804</u>	<u>1,7804</u>	<u>9,5869</u>	<u>9,5869</u>	<u>9,5869</u>	<u>3,0267</u>
Benzo(a)pyrene	1 (ng/m ³)	1 (ng/m ³)		1,6186	1,6186	8,7154	8,7154	8,7154	<u>2,7516</u>

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – повышенный / Level of air pollution in the whole city – increased

2008

Взвешенные вещества (пыль)				<u>0,202</u>	<u>1,349</u>	<u>0,311</u>	<u>0,621</u>	<u>0,621</u>	<u>1,349</u>
Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,1757</u>	<u>1,173</u>	<u>0,2704</u>	<u>0,54</u>	<u>0,54</u>	<u>1,1713</u>
				0,1597	1,0664	0,2458	0,4909	0,4909	1,0647
Диоксид серы	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,026</u>	<u>0,529</u>	<u>0,006</u>	<u>0,012</u>	<u>0,012</u>	<u>0,529</u>
Sulphur dioxide				<u>0,0226</u>	<u>0,46</u>	<u>0,0052</u>	<u>0,0104</u>	<u>0,0104</u>	<u>0,452</u>
				0,0206	0,4182	0,0047	0,0095	0,0095	0,4132
				<u>2,530</u>	<u>0,843</u>	<u>16,905</u>	<u>3,381</u>	<u>3,381</u>	<u>0,717</u>
Оксид углерода	3,0	5,0	4/0,85	<u>2,2</u>	<u>0,733</u>	<u>14,7</u>	<u>2,94</u>	<u>2,94</u>	<u>0,6233</u>
Carbon monoxide				2,0	0,6664	13,3636	2,6727	2,6727	0,5667
				<u>0,043</u>	<u>1,064</u>	<u>0,023</u>	<u>0,115</u>	<u>0,115</u>	<u>1,383</u>
Диоксид азота	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,0374</u>	<u>0,9252</u>	<u>0,02</u>	<u>0,1</u>	<u>0,1</u>	<u>1,2155</u>
Nitrogen dioxide				0,0339	0,8411	0,0182	0,0909	0,0909	1,1018
				<u>4,410</u>	<u>4,410</u>	<u>12,600</u>	<u>12,600</u>	<u>12,600</u>	<u>7,497</u>
Бенз(а)пирен	1 (нг/м ³)	1 (нг/м ³)	1/1,7	<u>3,8348</u>	<u>3,8348</u>	<u>10,9565</u>	<u>10,9565</u>	<u>10,9565</u>	<u>6,5192</u>
Benzo(a)pyrene	1 (ng/m ³)	1 (ng/m ³)		3,4862	3,4862	9,9605	9,9605	9,9605	5,9265

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high

2009

Взвешенные вещества (пыль)				<u>0,108</u>	<u>0,721</u>	<u>1,1500</u>	<u>2,300</u>	<u>2,300</u>	<u>0,721</u>
Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,0939</u>	<u>0,6269</u>	<u>1,00</u>	<u>2,00</u>	<u>2,00</u>	<u>0,6058</u>
				0,0854	0,5699	0,9091	1,8182	1,8182	0,5693
Диоксид серы	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,022</u>	<u>0,444</u>	<u>0,1691</u>	<u>0,338</u>	<u>0,338</u>	<u>0,444</u>
Sulphur dioxide				<u>0,0191</u>	<u>0,3861</u>	<u>0,147</u>	<u>0,2939</u>	<u>0,2939</u>	<u>0,382</u>
				0,0174	0,3509	0,1337	0,2672	0,2672	0,348
				<u>1,972</u>	<u>0,657</u>	<u>11,5000</u>	<u>2,300</u>	<u>2,300</u>	<u>0,559</u>
Оксид углерода	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,7148</u>	<u>0,5713</u>	<u>10,00</u>	<u>2,00</u>	<u>2,00</u>	<u>0,4859</u>
Carbon monoxide				1,5589	0,5194	9,0909	1,8182	1,8182	0,4417
				<u>0,035</u>	<u>0,886</u>	<u>0,4255</u>	<u>2,128</u>	<u>2,128</u>	<u>1,151</u>
Диоксид азота	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,0304</u>	<u>0,7704</u>	<u>0,37</u>	<u>1,8504</u>	<u>1,8504</u>	<u>0,988</u>
Nitrogen dioxide				0,0277	0,7004	0,3364	1,6822	1,6822	0,9002
				<u>5,775</u>	<u>5,775</u>	<u>11,7600</u>	<u>11,7600</u>	<u>11,7600</u>	<u>9,818</u>
Бенз(а)пирен	1 (нг/м ³)	1 (нг/м ³)	1/1,7	<u>5,0217</u>	<u>5,0217</u>	<u>10,2261</u>	<u>10,2261</u>	<u>10,2261</u>	<u>8,5369</u>
Benzo(a)pyrene	1 (ng/m ³)	1 (ng/m ³)		4,5652	4,5652	9,2964	9,2964	9,2964	7,7608

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high

2010

Взвешенные вещества (пыль)				<u>0,0912</u>	<u>0,608</u>	<u>0,7912</u>	<u>1,582</u>	<u>1,582</u>	<u>0,608</u>
Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,0793</u>	<u>0,5287</u>	<u>0,688</u>	<u>1,3756</u>	<u>1,3756</u>	<u>0,5287</u>
				0,0721	0,4806	0,6255	1,2506	1,2506	0,4807
Диоксид серы	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,0205</u>	<u>0,409</u>	<u>0,1285</u>	<u>0,257</u>	<u>0,257</u>	<u>0,409</u>
Sulphur dioxide				<u>0,0178</u>	<u>0,356</u>	<u>0,1117</u>	<u>0,2235</u>	<u>0,2235</u>	<u>0,356</u>
				0,0162	0,3233	0,1016	0,2032	0,2032	0,324
Оксид углерода	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,8992</u>	<u>0,633</u>	<u>25,9210</u>	<u>5,184</u>	<u>5,184</u>	<u>0,538</u>
Carbon monoxide				<u>1,4361</u>	<u>0,5504</u>	<u>22,54</u>	<u>4,5078</u>	<u>4,5078</u>	<u>0,4069</u>
				1,3055	0,5004	20,4909	4,0980	4,0980	0,3699

Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,0281</u> <u>0,024</u> 0,2221	<u>0,702</u> <u>0,6104</u> 0,5549	<u>0,1465</u> <u>0,1274</u> 0,1158	<u>0,733</u> <u>0,6374</u> 0,5794	<u>0,733</u> <u>0,6374</u> 0,5794	<u>0,912</u> <u>0,780</u> 0,7183
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>5,0400</u> <u>4,3826</u> 3,9842	<u>5,0400</u> <u>4,3826</u> 3,9842	<u>9,3639</u> <u>8,1425</u> 7,4023	<u>9,3639</u> <u>8,1425</u> 7,4023	<u>9,3639</u> <u>8,1425</u> 7,4023	<u>8,568</u> <u>7,4504</u> 6,7731

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high

2011									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,140</u> <u>0,1217</u> 0,1107	<u>0,933</u> <u>0,8113</u> 0,7375	<u>0,805</u> <u>0,7657</u> 0,6960	<u>1,610</u> <u>1,4</u> 1,2727	<u>1,610</u> <u>1,4</u> 1,2727	<u>0,933</u> <u>0,8113</u> 0,738
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,021</u> <u>0,0183</u> 0,0166	<u>0,419</u> <u>0,3628</u> 0,3298	<u>0,131</u> <u>0,1139</u> 0,1036	<u>0,262</u> <u>0,2278</u> 0,2071	<u>0,262</u> <u>0,2278</u> 0,2071	<u>0,419</u> <u>0,366</u> 0,332
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,846</u> <u>1,6052</u> 1,4593	<u>0,615</u> <u>0,5348</u> 0,4862	<u>26,450</u> <u>23,00</u> 20,9091	<u>5,290</u> <u>4,6</u> 4,1818	<u>5,290</u> <u>4,6</u> 4,1818	<u>0,523</u> <u>0,4548</u> 0,4135
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,028</u> <u>0,0243</u> 0,0221	<u>0,702</u> <u>0,6104</u> 0,5549	<u>0,150</u> <u>0,1304</u> 0,1186	<u>0,748</u> <u>0,6504</u> 0,5913	<u>0,748</u> <u>0,6504</u> 0,5913	<u>0,912</u> <u>0,7898</u> 0,7183
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>3,990</u> <u>3,4696</u> 3,1542	<u>3,990</u> <u>3,4696</u> 3,1542	<u>9,555</u> <u>8,3087</u> 7,5534	<u>9,555</u> <u>8,3087</u> 7,5534	<u>9,555</u> <u>8,3087</u> 7,5534	<u>6,783</u> <u>5,8983</u> 5,3621

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high

2012									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,154</u> <u>0,1339</u> 0,1217	<u>1,027</u> <u>0,8930</u> 0,8119	<u>0,886</u> <u>0,7704</u> 0,7004	<u>1,771</u> <u>1,54</u> 1,4	<u>1,771</u> <u>1,54</u> 1,4	<u>1,027</u> <u>0,8927</u> 0,8113
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,023</u> <u>0,02</u> 0,0182	0,460 0,40 0,3636	<u>0,144</u> <u>0,1252</u> 0,1138	<u>0,288</u> <u>0,2504</u> 0,2277	<u>0,288</u> <u>0,2504</u> 0,2277	<u>0,460</u> <u>0,400</u> 0,364
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>2,030</u> <u>1,7652</u> 1,6047	<u>0,677</u> <u>0,5887</u> 0,5352	29,095 25,3 23,00	<u>5,819</u> <u>5,06</u> 4,60	<u>5,819</u> <u>5,06</u> 4,60	<u>0,575</u> <u>0,5001</u> 0,4555
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,383</u> <u>0,3330</u> 0,3028	<u>9,574</u> <u>8,3252</u> 7,5684	<u>0,164</u> <u>0,1426</u> 0,1296	<u>0,822</u> <u>0,7148</u> 0,6498	<u>0,822</u> <u>0,7148</u> 0,6498	<u>12,446</u> <u>10,8225</u> 9,841
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>4,389</u> <u>3,8165</u> 3,4696	<u>4,389</u> <u>3,8165</u> 3,4696	<u>10,511</u> <u>9,14</u> 8,3090	<u>10,511</u> <u>9,140</u> 8,3091	<u>10,511</u> <u>9,140</u> 8,3091	<u>7,461</u> <u>6,4881</u> 5,8983

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high

2013									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,128</u> <u>0,1113</u> 0,1012	<u>0,851</u> <u>0,740</u> 0,6727	<u>0,920</u> <u>0,800</u> 0,7272	<u>1,840</u> <u>1,600</u> 1,4545	<u>1,840</u> <u>1,600</u> 1,4545	<u>0,851</u> <u>0,742</u> 0,6747
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,024</u> <u>0,0209</u> 0,0190	<u>0,483</u> <u>0,4200</u> 0,3818	<u>0,233</u> <u>0,2026</u> 0,1842	<u>0,467</u> <u>0,4061</u> 0,3692	<u>0,467</u> <u>0,4061</u> 0,3692	<u>0,483</u> <u>0,418</u> 0,380
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,380</u> <u>1,200</u> 1,0909	<u>0,460</u> <u>0,400</u> 0,3636	<u>4,600</u> <u>4,000</u> 3,6364	<u>0,920</u> <u>0,800</u> 0,7273	<u>0,920</u> <u>0,800</u> 0,7273	<u>0,391</u> <u>0,34</u> 0,3091
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,024</u> <u>0,0209</u> 0,0189	<u>0,604</u> <u>0,5225</u> 0,4725	<u>0,161</u> <u>0,140</u> 0,1273	<u>0,805</u> <u>0,700</u> 0,6364	<u>0,805</u> <u>0,700</u> 0,6364	<u>0,785</u> <u>0,6793</u> 0,6143
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>4,410</u> <u>3,8348</u> 3,4862	<u>4,410</u> <u>3,8348</u> 3,4862	<u>15,540</u> <u>13,5130</u> 12,2846	<u>15,540</u> <u>13,5130</u> 12,2846	<u>15,540</u> <u>13,5130</u> 12,2846	<u>7,497</u> <u>6,5192</u> 5,9265

Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high									
2014									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,121</u> <u>0,1052</u> 0,0957	<u>0,805</u> <u>0,700</u> 0,6364	<u>0,690</u> <u>0,600</u> 0,5455	<u>1,380</u> <u>1,200</u> 1,0909	<u>1,380</u> <u>1,200</u> 1,0909	<u>0,805</u> <u>0,7013</u> 0,638
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,025</u> <u>0,0217</u> 0,0198	<u>0,506</u> <u>0,440</u> 0,400	<u>0,305</u> <u>0,2652</u> 0,2411	<u>0,610</u> <u>0,5304</u> 0,4822	<u>0,610</u> <u>0,5304</u> 0,4822	<u>0,506</u> <u>0,434</u> 0,396
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,495</u> <u>1,300</u> 1,1819	<u>0,498</u> <u>0,4331</u> 0,3937	<u>3,450</u> <u>3,000</u> 2,7273	<u>0,690</u> <u>0,600</u> 0,5455	<u>0,690</u> <u>0,600</u> 0,5455	<u>0,424</u> <u>0,3683</u> 0,3349
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,021</u> <u>0,0183</u> 0,0166	<u>0,518</u> <u>0,4504</u> 0,4095	<u>0,184</u> <u>0,160</u> 0,1455	<u>0,920</u> <u>0,800</u> 0,7271	<u>0,920</u> <u>0,800</u> 0,7271	<u>0,673</u> <u>0,5948</u> 0,5395
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>5,775</u> <u>5,0217</u> 4,5652	<u>5,775</u> <u>5,0217</u> 4,5652	<u>26,775</u> <u>23,2826</u> 21,1660	<u>26,775</u> <u>23,2826</u> 21,1660	<u>26,775</u> <u>23,2826</u> 21,1660	<u>9,818</u> <u>8,5369</u> 7,7608
Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high									
2015									
Взвешенные вещества (пыль) Particulate matter (dust)	0,15	0,5	3/1,0	<u>0,167</u> <u>0,1452</u> 0,1320	<u>1,112</u> <u>0,9669</u> 0,8791	<u>3,220</u> <u>2,801</u> 2,5459	<u>6,440</u> <u>5,600</u> 5,0909	<u>6,440</u> <u>5,600</u> 5,0909	<u>1,112</u> <u>0,968</u> 0,7547
Диоксид серы Sulphur dioxide	0,05	0,5	3/1,0	<u>0,020</u> <u>0,0173</u> 0,0158	<u>0,391</u> <u>0,341</u> 0,3094	<u>0,292</u> <u>0,2539</u> 0,2308	<u>0,584</u> <u>0,5078</u> 0,4617	<u>0,584</u> <u>0,5078</u> 0,4617	<u>0,391</u> <u>0,346</u> 0,316
Оксид углерода Carbon monoxide	3,0	5,0	4/0,85	<u>1,150</u> <u>1,002</u> 0,9191	<u>0,383</u> <u>0,3331</u> 0,3028	<u>4,600</u> <u>4,0351</u> 3,6683	<u>0,920</u> <u>0,810</u> 0,7269	<u>0,920</u> <u>0,810</u> 0,7269	<u>0,326</u> <u>0,2839</u> 0,2604
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0,04	0,2	3/1,3	<u>0,025</u> <u>0,0217</u> 0,0199	<u>0,633</u> <u>0,5504</u> 0,500	<u>0,143</u> <u>0,1253</u> 0,1121	<u>0,713</u> <u>0,6147</u> 0,5588	<u>0,713</u> <u>0,6147</u> 0,5588	<u>0,822</u> <u>0,7053</u> 0,6468
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1 (нг/м ³) 1 (ng/m ³)	1/1,7	<u>5,145</u> <u>4,4738</u> 4,0668	<u>5,145</u> <u>4,4738</u> 4,0668	<u>18,690</u> <u>16,2522</u> 14,8016	<u>18,690</u> <u>16,2522</u> 14,8016	<u>18,690</u> <u>16,2522</u> 14,8016	<u>8,747</u> <u>7,6055</u> 6,9136
Уровень загрязнения атмосферы в целом по городу – высокий / Level of air pollution in the whole city - high									

Город Петровск-Забайкальский расположен в юго-западной части Забайкальского края, центр Петровск-Забайкальского района. Население – 17,8 тыс. чел. (2013). Расположен город в Тугнуйской межгорной котловине, между отрогами хребтов Цаган-Дабан на севере и южном направлении Заганским хребтом, при слиянии рек Баляга и Мыкырт. Длина долины, в который расположен г. Петровск-Забайкальский, составляет примерно 140 км, на западе – от реки Хилок, на востоке – до окрестностей города. Котловина расположена на территории Бурятии и Забайкальского края. Основная часть впадины размещается в Бурятии. В Забайкальском крае находится меньшая часть, протяжённостью 18 км, шириной 16 км.

Потенциал самоочищения этих территорий достаточно низкий. Загрязнение атмосферы, перенос и рассеивание загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий теплоэнергетики, ЖКХ и автотранспорта, усложняется застаиванием воздушных масс внутри котловин, в особенности в зимнее время, доводя их до чрезвычайно опасных концентраций.

Динамика величины индекса загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном в воздухе г. Петровск-

Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (по результатам натурных наблюдений на примере ПНН № 1, Н1=800 м) и динамика средних значений содержания загрязняющих веществ в воздухе г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (по материалам натурных наблюдений на примере ПНН № 1, Н1=800 м) представлены на рис. 2, 3.

Высокое содержание бенз(а)пирена, многократно превышающее предельно допустимую среднесуточную концентрацию (1 нг/м³) в нижних точках Тугнуйской впадины, характерно для всего периода натурных наблюдений (2005-2015 гг.). При этом минимальный уровень кратности превышения ПДК_{макс} составил 7,4023 (2010 г., Н₃=895 м), а максимальный – 26,775 (2014 г., Н₁=800 м).

Уровень загрязнения атмосферы в целом по г. Петровск-Забайкальский, оценивается как «повышенный» (2005-2007 гг.) и «высокий» (2008-2015 гг.). Максимальная концентрация бенз(а)пирена отмечалась на ПНН №1, Н₁=800 м в 2014 г. (26,775 нг/м³) и в 2015 г. (18,690 нг/м³).

Незначительная кратность превышения среднего значения ПДК_{ср} отмечается только для взвешенных

веществ (пыль) – 2005-2008 гг., что объясняется отсутствием промышленных предприятий на данной территории. Основным источником загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном является автомобильный транспорт. Результаты исследований показывают, что среднегодовая концентрация бенз(а)пирена в воздухе г. Петровск-Забайкальский имеет тенденцию к неуклонному повышению и колеблется в широком диапазоне: от минимального (1,3828 нг/м^3 – ПНН №3, $H_3=895$ м, 2007 г.) до максимального (5,775 нг/м^3 – ПНН №1, $H_1=800$ м, 2014 г.), что также свидетельствует о высоком уровне загрязнения атмосферы.

Следует отметить, что в течение всего периода исследований, концентрация бенз(а)пирена постепенно снижалась при увеличении высоты над уровнем моря: от максимальной (дно Тугнуйской межгорной котловины – ПНН №1, $H_1=800$ м) до минимальной (самая высокая точка в городе – ПНН №3, $H_3=895$ м). На рис. 4. показана оценка влияния рельефа местности на индекс загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном – химическим веществом канцерогенного действия, приводящим к смертности населения Забайкальского края по причине болезней органов дыхания.

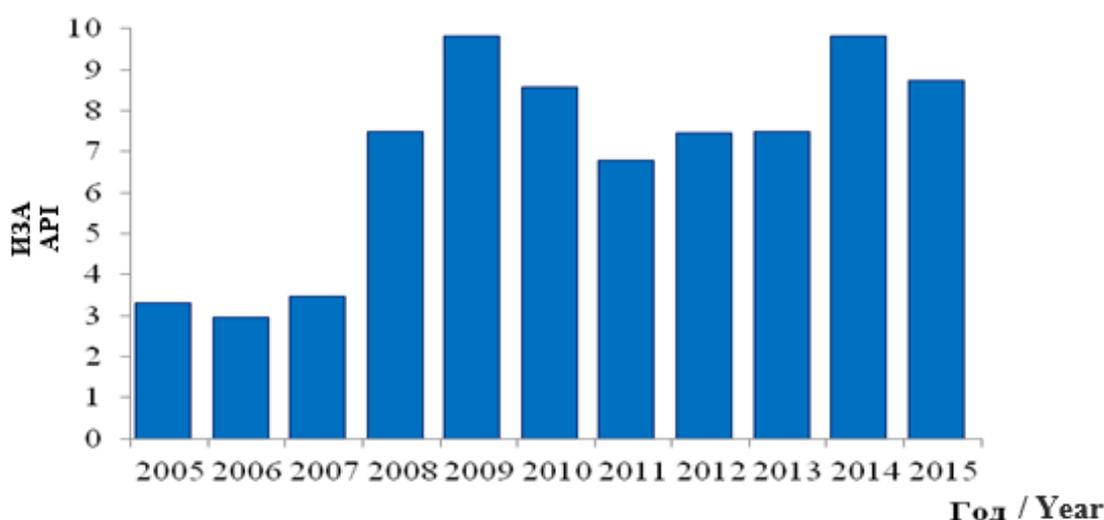
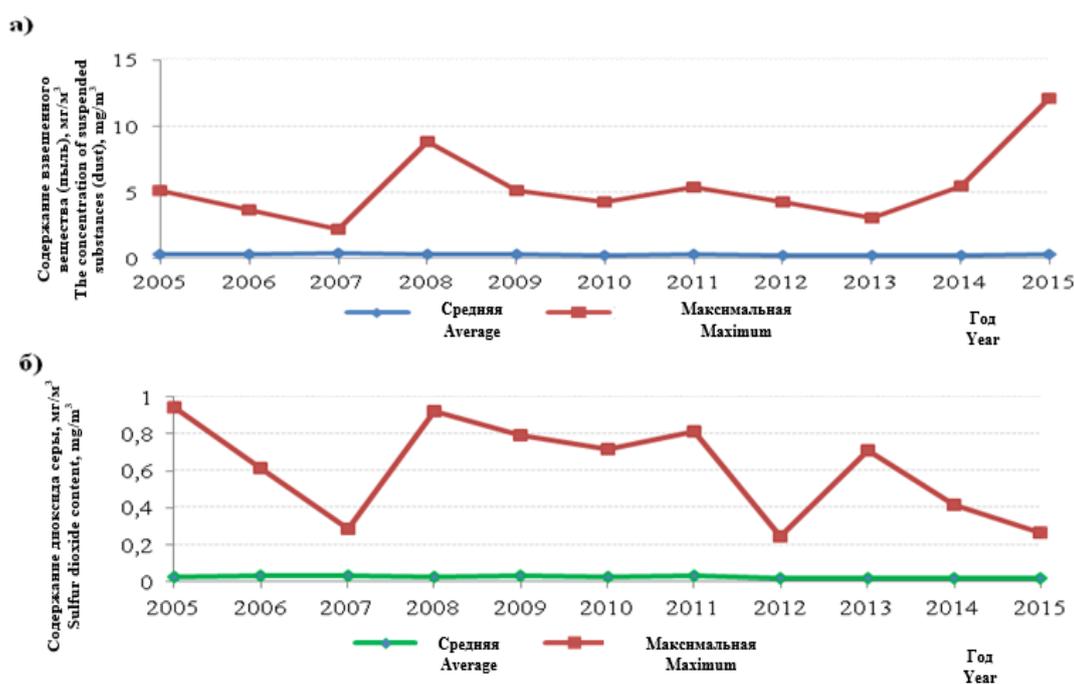


Рисунок 2. Динамика величины индекса загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном в воздухе г. Петровск-Забайкальский (по результатам натурных наблюдений на примере ПНН № 1, $H_1=800$ м)

Figure 2. Dynamics of the index of atmospheric pollution of benzo(a)pyrene in the air of Petrovsk-Zabaikalsky (according to results of field observations from OP № 1, $H_1=800$ m)



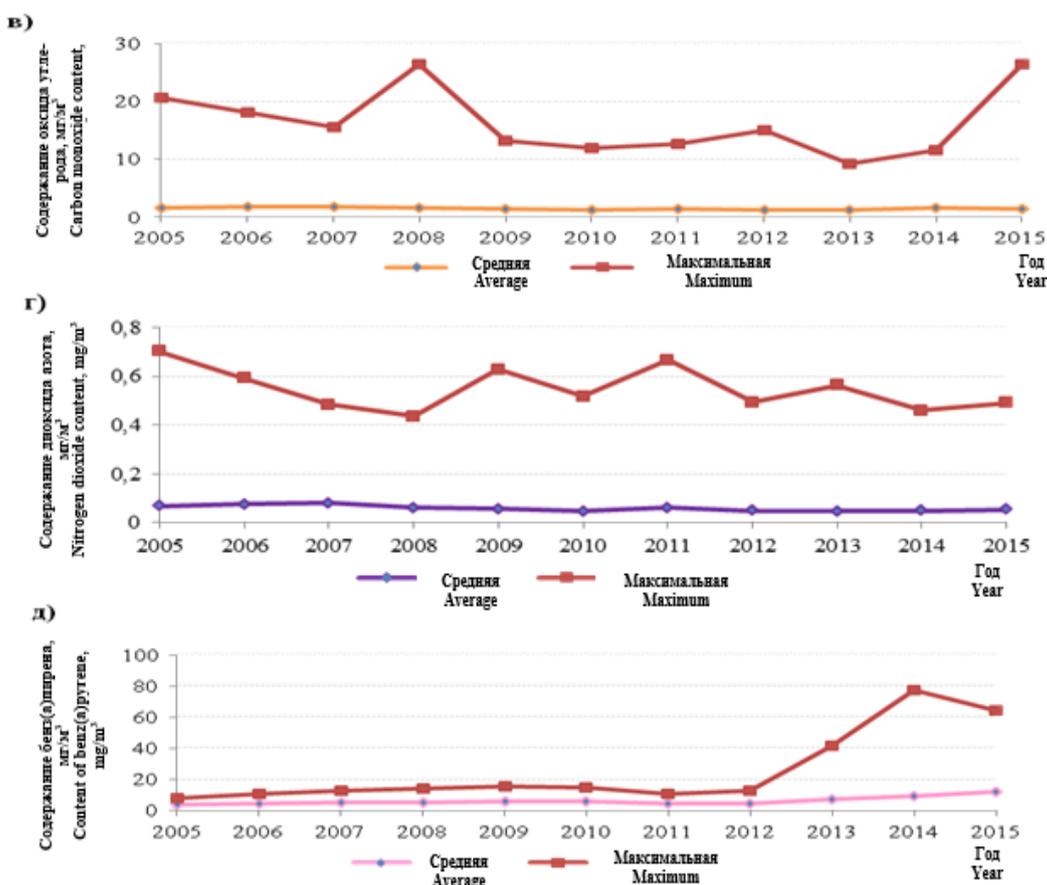


Рисунок 3. Динамика средних значений содержания загрязняющих веществ в воздухе г. Петровск-Забайкальский за период с 2005-2015 гг. (по материалам натурных наблюдений на примере ПНН № 1, Н1=800 м): а – взвешенные вещества (пыль); б – диоксид серы; в – оксид углерода; г – диоксид азота; д – бенз(а)пирен
Figure 3. Dynamics of average values of pollutant contents in the air of Petrovsk-Zabaikalsky during the period from 2005-2015 to 2000 (from field observations from OP № 1, H1=800 m): а – Particulate matter (dust); б – sulphur dioxide; в – carbon monoxide; г – dioxide of nitrogen; д – benzo(a)pyrene

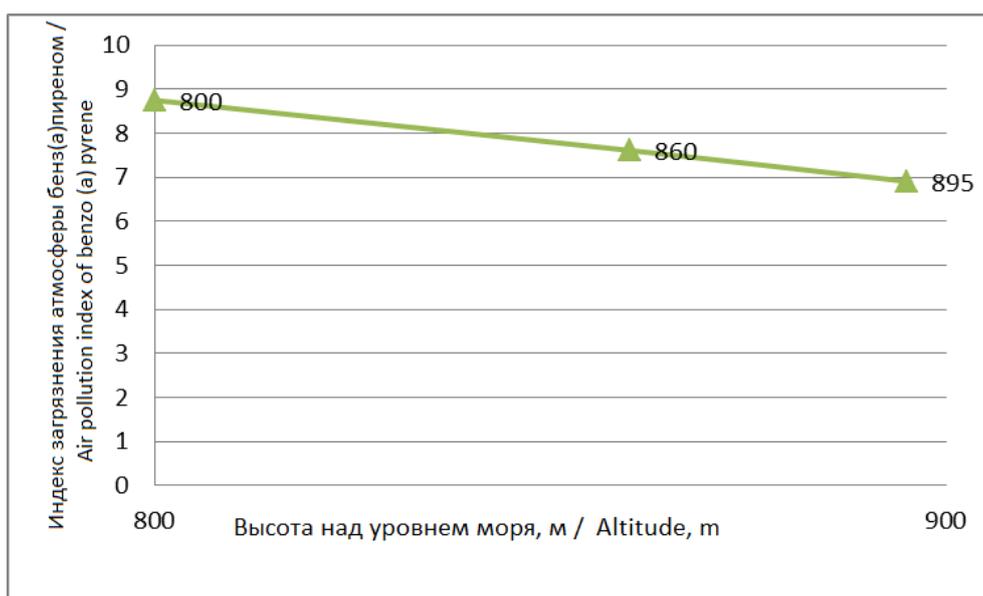


Рисунок 4. Зависимость индекса загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном от высоты над уровнем моря (по данным исследований 2015 г.)
Figure 4. Dependence of the index of air pollution with benzo(a)pyrene at various heights above sea level (according to research in 2015)

Таким образом, результаты исследования природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды города, расположенного в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины за период с 2005–2015 гг. на примере Тугнуйской впадины, позволили выявить закономерности проявления чрезвычайно опасных концентраций загрязняющих веществ, обусловленные рельефом местности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные автором исследования влияния природных факторов (на примере Тугнуйской впадины) на качество воздушной среды города Приоритетного списка (на примере г. Петровск-Забайкальский) и результаты этих исследований показали, что чрезвычайно опасные концентрации загрязняющих веществ, в особенности вещества первого класса опасности, а именно бенз(а)пирена, создаются на основе географических факторов.

Характеристика степени благоприятности условий для жизни людей на территориях различного иерархического уровня Российской Федерации (национального, федерального, регионального, муниципального) с котловинным фактором территориальной организации опорных каркасов, как систем естественно-географической основы, определяется критериями качества атмосферного воздуха.

Наличие в нашей стране городов с критическим уровнем загрязнения атмосферы не соответствует приоритетному направлению Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. – направлению создания благоприятных условий жизнедеятельности населения страны. Следовательно, необходимо проведение дополнительных научных исследований для обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов, расположенных в Восточной Сибири – в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.-Л.: АН СССР, 1960. 258 с.
2. Солоненко В.П. Сейсмическое районирование. 1977. 303 с.
3. Семинский Ж.В. Структурные формы позднемезозойского вулканизма Юго-Восточного Забайкалья // Геология и геофизика. 1977. N 2. С. 83-91.
4. Макдоналд Г. Вулканы. М.: Мир. 1975. 431 с.
5. Борсук О.А., Тимофеев Д.А. Привлекательность как критерий эстетической геоморфологии // Геоморфология на рубеже XXI в. М.: МГУ, 2000. С. 124-126.
6. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие. Ред. Э.Ю. Безуглая и М.Е. Берлянд. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 328 с.
7. Томских А.А. Межгорные котловины Забайкалья: географические аспекты освоения и охраны окружающей среды. Отв. ред. А.Т. Напрасников. Новосибирск: СО РАН ИПРЭК, 2006. 54 с.
8. Хорев Б.С. Проблемы городов: экономико-

географическое исследование городского расселения в СССР. М.: Мысль, 1971. 412 с.

9. Винокуров Ю.И., Цимбалей Ю.М., Красноярова Б.А. Физико-географическое районирование Сибири как основа разработки региональных систем природопользования // Ползуновский вестник. 2005. N 4-2. С. 3-13.
10. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. М.: Мысль, 1978. 512 с.
11. Котельников А.М., Вотях О.А., Возмилов А.М. Окружающая среда и условия устойчивого развития Читинской области. Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 1995. 248 с.
12. Данько Л.В., Кузьмин С.Б., Снытко В.А. Байкальские прибрежные геосистемы и их ландшафтно-геохимическая структура // География и природные ресурсы. 2000. N 3. С. 45-51.
13. Щербатюк А.П. Защита атмосферного воздуха городов от загрязнения отработавшими газами автомобилей в регионах с резкоконтинентальным климатом. Чита: ЗабГУ, 2011. 97 с.
14. Щербатюк А.П. Природные и антропогенные факторы геосистем России с котловинной территориальной организацией // Успехи современной науки. 2017. Т. 9. N 3. С. 173-178.
15. Щербатюк А.П. Методика расчета снижения загрязнения атмосферного воздуха городов с неблагоприятными географическими условиями // Вестник ЗабГУ. 2016. Т. 22. N 10. С. 41-54.

REFERENCES

1. Florensov N.A. *Mezozoiskie i kainozoiskie vpadiny Pribaikalia* [Mesozoic and the kainozoic depressions of Pribaikalia]. Leningrad, AN USSR Publ., 1960, 258 p. (In Russian)
2. Solonenko V.P. *Seismicheskoe raionirovanie* [Seismic Zoning]. 1977, 303 p. (In Russian)
3. Seminskiy Zh.V. Soukury forms of Pozdnemezozojskogo volcanism of South-Eastern Trans-Baikal. *Geologiya i geofizika* [Geology and geophysics]. 1977, no. 2, pp. 83-91. (In Russian)
4. Mcdonald G. *Vulkany* [Volcanoes]. Moscow, Mir Publ., 1975, 431 p. (In Russian)
5. Borsuk O.A., Timofeev D.A. [Attractiveness as a criterion of aesthetic geomorphology]. In: *Geomorfologiya na rubezhe XXI v.* [Geomorphology at the turn of XXI century]. Moscow, MSU Publ., 2000, pp. 124-126. (In Russian)
6. Bezuglaya E.Yu., Berland M.E., eds. *Klimaticheskie kharakteristiki uslovii rasprostraneniya primesei v atmosfere* [Climatic characteristics of the conditions of impurity distribution in the atmosphere]. Leningrad, Gidrometeizdat Publ., 1983, 328 p. (In Russian)
7. Tomskikh A.A. *Mezhgornye kotloviny Zabaikal'ya: geograficheskie aspekty osvoeniya i okhrany okruzhayushchei sredy* [Intermountain Hollow of Trans-Baikal: geographical aspects of development and protection of the environment]. Novosibirsk, RAS IPREK Publ., 2006, 54 p. (In Russian)
8. Khorev B.S. *Mezhgornye kotloviny Zabaikal'ya: geograficheskie aspekty osvoeniya i okhrany okruzhayushchei sredy* [Urban Problems: economic and geographical study of urban resettlement in the USSR]. Moscow, Mysl' Publ., 1971, 412 p. (In Russian)
9. Vinokurov Yu.I., Tsibalei Yu.M., Krasnoyarova B.A. Physi-

cal and geographical zoning of Siberia as a basis for the development of regional environmental management systems. [Polzunovsky vestnik]. 2005, no. 4-2, pp. 3-13. (In Russian)

10. Gvozdetskiy N.A., Mikhailov N.I. *Fizicheskaya geografiya SSSR* [Physical Geography of the USSR]. Moscow, Mysl' Publ., 1978, 512 p. (In Russian)

11. Kotolnikov A.M., Votakh O.A., Vozmilov A.M. *Okruzhayushchaya sreda i usloviya ustoichivogo razvitiya Chitinskoj oblasti* [Environment and conditions of sustainable development of the Chita region]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Publishing Company RAS, 1995, 248 p. (In Russian)

12. Danko L.V., Kuzmin S.B., Snytko V.A. Baikal coastal Geosystems and their landscape-geochemical structure. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural re-

sources]. 2000, no. 3, pp. 45-51. (In Russian)

13. Scherbatyuk A.P. *Zashchita atmosfernogo vozdukh gorodov ot zagryazneniya otrabotavshimi gazami avtomobilei v regionakh s rezkokontinental'nym klimatom* [Protection of atmospheric air of cities from pollution by exhaust gases of automobiles in regions with a continental climate]. Chita, ZabSU Publ., 2011, 97 p. (In Russian)

14. Scherbatyuk A.P. Natural and anthropogenic factors of geosystems of Russia with the Cotton Territorial Organization. *Uspekhi sovremennoi nauki* [Modern Science Success]. 2017, vol. 9, no. 3, pp. 165-170. (In Russian)

15. Shcherbatyuk A.P. Method of calculation of decrease in pollution of atmospheric air of the cities with adverse geographical conditions. *Vestnik ZabGU* [Bulletin ZabSU]. 2016, vol. 22, no. 10, pp. 41-54. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Андрей П. Щербатюк собрал материал, проанализировал данные, написал рукопись. Автор несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Andrey P. Shcherbatyuk collected the material, analyzed the data and wrote the text. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author states that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 581.93:502.72(477.75)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма

Валентина Г. Кобечинская, Ольга Б. Ярош , Анатолий В. Ивашов, Валерий Л. Апостолов
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

Контактное лицо

Ольга Б. Ярош, кафедра маркетинга, торгового и таможенного дела ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»; 295024 Россия, Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4.
Тел. +79787340885
Email jarosh.olga@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9663-2528>

Формат цитирования

Кобечинская В.Г., Ярош О.Б., Ивашов А.В., Апостолов В.Л. Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.37-52. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Получена 20 февраля 2019 г.
Прошла рецензирование 8 апреля 2019 г.
Принята 20 апреля 2019 г.

Резюме

Целью работы является выявление миграции зольных элементов и азота в системе опад-подстилка-почва для лесных биогеоценозов горного Крыма, в том числе и с учетом воздействия пирогенного фактора на сосновые леса из Сосны крымской или Сосны Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* D. Don), занимающей здесь наибольшие площади.

Материал и методы. Исследования проведены в сообществах южного макросклона Главной гряды Крымских гор на территориях Ялтинского горно-лесного и Крымского природного заповедников. С учетом вертикальной поясности был выполнен сравнительный анализ на девяти пробных площадях по миграции химических элементов в системе опад-подстилка-почва. Лесотипологические исследования древостоя, химический анализ растительности, почвенные разрезы и их физико-химические характеристики выполнялись общепринятыми методами.

Результаты. Впервые для данной территории были установлены различия в рядах накопления химических элементов, которые существенно меняются в каждом типе леса и имеют свою специфику, отличающую их по активности миграции.

Выводы. Доказано, что процессы накопления, разложения опада и подстилки являются составными компонентами биологического круговорота органических веществ на заповедных территориях в масштабе крупного ландшафтного комплекса – южного макросклона Главной гряды Крымских гор, поэтому их можно рассматривать как объекты фонового мониторинга. Это позволяет судить об экологических механизмах адаптации, регулирования структуры и функций данных сообществ.

Ключевые слова

заповедник, зольные элементы, азот, опад, подстилка, почвы, пожары.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea

Valentina G. Kobechinskaya, Olga B. Yarosh  and Valery L. Apostolov

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Principal contact

Olga B. Yarosh, Department of Marketing, Trade and Customs, V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 21/4 Sevastopolskaya St, Simferopol, Russia 295024. Tel. +79787340885

Email iarosh.olga@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9663-2528>

How to cite this article

Kobechinskaya V.G., Yarosh O.B., Apostolov V.L. Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 37-52. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Received 20 February 2019

Revised 8 April 2019

Accepted 20 April 2019

Abstract

Aim. The aim of the research was to identify the migration of ash elements and nitrogen in the leaf litter-soil system for forest biogeocenoses of the Crimean mountains, taking into account the effect of the pyrogenic factor on pine forests of the Crimean Pine or Pallas Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* D. Don) which occupy the largest areas.

Material and Methods. Studies were conducted in the communities of the southern macroslope of the main ridge of the Crimean mountains in the territories of the Yalta Mountain-Forest and Crimean Nature Reserves. A comparative analysis (taking into account vertical zonality) was carried out of the migration of chemical elements in the leaf litter-soil system at nine sample plots. Forest typological studies of the stand, chemical analysis of vegetation, soil sections and their physicochemical characteristics were carried out by generally accepted methods.

Results. Differences in the series of accumulations of chemical elements were established for this territory for the first time. They vary significantly in each type of forest and have their own specificity that differentiates with regard to migration activity.

Conclusions. It was shown that the processes of accumulation and decomposition of leaf-fall and litter are components of the biological cycle of organic matter in protected areas of a large landscape complex – the southern macroslope of the main ridge of the Crimean mountains and can be considered as providing background monitoring data. This permits us to comprehend the environmental mechanisms of adaptation and the regulation of the structure and functions of these communities.

Key Words

reserve, ash elements, nitrogen, litter, soil, fires.

ВВЕДЕНИЕ

Горные ландшафты имеют свои природные границы, слагаются из биогеоценозов, отличающихся по почвенным и гидрогеологическим условиям, по составу древесных пород и продуктивности, по конкретному расположению на местности, в которых происходит непрерывный обмен веществами и энергией, но скорость этих изменений неодинакова [1]. Именно круговорот химических элементов является основой взаимосвязей между отдельными частями в ландшафте, поэтому через познание этих геохимических процессов и механизмов взаимоотношений различных компонентов в нём можно оценить уровень устойчивости данной системы и её адаптации к конкретным условиям среды [2]. В различных географических зонах мира с учётом вертикальной поясности протекает свой биогенный круговорот химических элементов, а уровень его замкнутости в первую очередь определяют антропогенные факторы и меньшую роль в миграции играют абиотические процессы [3; 4]. Проблемы круговорота элементов питания в растительных сообществах различных климатических зон занимают ведущие позиции в биогеоценологических работах [5-7]. Наряду с достаточно подробными исследованиями для различных географических территорий РФ [8] и зарубежных стран [9; 10] имеются единичные публикации, посвящённые данной проблематике для горных травянистых экосистем Крымского полуострова [11; 12]. Также практически не освещёнными вопросами в литературе являются выявления изменений в миграционных потоках химических элементов в системе опад-подстилка-почва под влиянием низовых пожаров в разновозрастных сосновых горельниках по сравнению с контрольными территориями, не затронутыми огнём, для заповедных лесов Крыма [13]. Следует отметить, что по данному вопросу для других регионов мира подобные публикации имеются [14].

Целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа для выявления особенностей в формировании фракционного и химического состава растительного опада, аккумуляции различных элементов в подстилке и почвах лесных экосистем. Это позво-

лило дать оценку распределения элементов питания в лесных биогеоценозах Южного макросклона Главной гряды Крымских гор с учетом высотного распределения сообществ и воздействия пирогенного фактора, что выполнено впервые для данного региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Девять пробных площадей были заложены по Южному макросклону Главной гряды Крымских гор на территориях Ялтинского горно-лесного природного (ЯГЛПЗ) и Крымского природного (Крым. ПЗ) заповедников. Лесо-типологические исследования проводились по общепринятым методам [15-17]. Пробные участки закладывались в спелых древостоях при условии не менее 200 деревьев господствующих пород; в приспевающих и средневозрастных – 250 деревьев. Структуру, состав, особенности опада и подстилки изучали на площадках 0,25 м² в десятикратной повторности [18-20]. Типологическая классификация, детализированная для лесов Крыма, дана по работам П.П. Посохова [21] и А.Ф. Полякова, Ю.В. Плугатаря [22]. Химический анализ растительности проводился по методическим руководствам, изложенным в работах [23-24]. Процентное содержание золы определялось методом сухого озоления растительного материала. Также на этих пробных площадях были выполнены почвенные разрезы с отбором образцов и последующим их физико-химическим анализом [25; 26]. Определялось количество оксидов кальция, магния, железа комплекснометрическим титрованием, общее содержание азота при мокром озолении – методом Кьельдаля, оксида калия и фосфора – с помощью плазменного фотометра. Все полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики [15]. Ошибка средней величины для данных составила ± 7-10%.

Для репрезентативности данных пробные площади были заложены в наиболее широко представленных лесных формациях, формирующих леса южного бережного склона Главной гряды Крымских гор. Работы велись только на заповедных территориях (табл. 1).

Таблица 1. Типологическая характеристика пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 1. Typological characteristics of test areas in protected areas of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Эдафотоп Edaphotope	Экспозиция Exposure	Высота над у.м. Altitude	Крутизна, град. Slope in degrees	Район исследований, возраст горельников в сосняках Research area, age of fire-damaged pine forest
1.	C ₀	Ю / S	15	20-25	1,5 км к западу от пос. Кастрополь, ЯГЛПЗ 1.5 km west of the village of Kastropol, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve
2.	D ₁	Ю / S	80	20-25	1,5 км к северо-востоку от пос. Форос, ЯГЛПЗ 1.5 km northeast of the village of Foros, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve
3.	B ₁	Ю / S	390	10-15	1,0 км к западу от источника Хоста-Баш ЯГЛПЗ. Контрольная площадь 1 km west of the source of the Khosta-Bash, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Control area

4.	B ₁	Ю / S	436	10-15	1,9 км к западу от источника Хоста-Баш, ЯГЛПЗ. Горельник 35 лет 1.9 km west of the source of the Khosta-Bash, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 35 years ago
5.	B ₁	Ю / S	505	20-25	1,5 км к северу от источника Прохладного, ЯГЛПЗ. Горельник 20 лет 1.5 km north of the source of the Prokhladni, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 20 years ago
6.	B ₁	Ю / S	520	10-15	0,5 км к западу от источника Прохладного, ЯГЛПЗ. Горельник 10 лет 0.5 km west of the source of the Prokhladni, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 10 years ago
7.	D ₂	Ю-В / SE	530	15-20	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. запов. Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve
8.	D ₂	Ю-В / SE	610	15-20	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. Заповедник Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve
9.	B ₂	Ю / S	650	25-30	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. запов. Горельник 5 лет Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve. Burnt 5 years ago

Они размещаются на склонах с преобладающей крутизной 15-25⁰, хотя имеются и более пологие участки в районе источника Хоста-Баш в Ялтинском горно-лесном природном заповеднике (ЯГЛПЗ). С учетом вертикальной поясности эдафотопы существенно различаются от очень сухих биотопов (C₀) вблизи моря до свежих (D₂) в бучине ущелья Авунда Крымского природного запо-

ведника (Крым ПЗ). Перепад высот от 15 м – участок №1 до 650 м. над уровнем моря, где находился участок №9.

Лесотаксационная характеристика древостоя пробных площадей (табл. 2) раскрывает особенности состава, структуры, возраста, среднего диаметра и высоты, бонитета, сомкнутости, полноты и типа леса.

Таблица 2. Таксационная характеристика пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 2. Typological characteristics of vegetation of test areas of protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Тип леса Forest type	Тип древостоя Type of stand	Состав насаждения Composition of stands	Средний возраст, лет Average age, years	Средние Medium				
					Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Полнота Completeness	Сомкнутость Density	Бонитет Bonitet class
1.	Очень сухой кеово-можжевельный сугрудок Very dry wild pistachio-juniper sudubrava	Фисташник с можжевельником высок. Pistachio with high juniper	6Ф4М _в ед,Д _п	60-80	6,9±0,7	9,7±0,9	0,3	0,4-0,5	IV
2.	Сухая можжевельново-грабинниковая дубрава Dry juniper-hornbeam oak	Можжевельново-дубово-грабинниковое редколесье Juniper-oak-hornbeam woodland	5Дп3Мв2Гр	70-80	5,8±0,9	12,2±1,6	0,3	0,3-0,4	IV–Va

3.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	70-80	18,3±1,2	37,7±4,2	0,6	0,7	III
4.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	60-70 ед.120-140	19,1±1,2	38,9±4,8	0,7	0,7	III
5.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр	60-80 ед.120-160	21,5±1,9	41,6±3,6	0,7	0,7	II-III
6.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	70-80 ед.120-150	19,4±1,7	39,6±2,9	0,7	0,7	II-III
7.	Свежая грабовая дубрава Fresh hornbeam oak	Грабово-дубняк Hornbeam-oak forest	7ГЗДск ед.Я	70-80 ед.100-140	23,5±2,9	42,8±3,3	0,7	0,7-0,8	II-III
8.	Свежая грабовая бучина Fresh hornbeam - beech	Буково-грабняк Beech-hornbeam forest	6Б4Гед. Я	80-90 ед.120-140	21,5±2,1	44,1±3,1	0,8-0,9	0,8-0,9	II
9.	Свежий черно-сосновый сугрудок Dry black pine sudubrava	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	60-80 ед.100-150	18,9±1,7	38,1±2,4	0,6	0,6	III

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее распространены в приморской зоне лесные редколесья из можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb), где часто содоминантами являются: фисташка туполистная (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey), дуб пушистый (*Quercus pubescens* Willd.) и граб восточный (*Carpinus orientalis* Mill) (участки №1 и №2). Можжевеловые насаждения из можжевельника высокого отличает сложность и мозаичность их пространственной структуры, что обусловлено пестротой физико-географических условий данной местности и характером ценотического состава редколесий, в которых деревья сильно разрежены. Это создает различия в освещенности, неравномерности распределения подстилки и мощности почв, что, в конечном итоге, ведет к формированию многообразных микроценозов. Площадь можжевеловых редколесий в Крыму незначительна – всего около 4 тыс. га, что в общем балансе лесов составляет менее – 1,7%, но они играют значительную почвозащитную, бальнеологическую, санитарно-гигиеническую, эстетическую и рекреационную роль. На этих исследуемых площадях при удалении от морского побережья с высотой идет перестройка их видового состава, структуры и экотопа. Средний возраст пробных площадей 70-80 лет, сообщества невысокие (5,8-6,9 м), низко полнотные (0,3) и имеют очень низкие показатели бонитета (IV–Va), но их сложение

типично для данных насаждений.

Пирофитные леса только из сосны крымской или Палласова (*Pinus pallasiana* D. Don) образуют в обоих заповедниках хорошо выраженный пояс от 350 м до 800-950 м над уровнем моря и приурочены, в основном, к склонам со скелетными слабо развитыми почвами (на более высоких по абсолютным отметкам местоположениям склонов формируются леса из сосны обыкновенной). Наибольшую площадь из крымскососновых лесов занимают группа ассоциаций *Pineta brachypodiosum*, в которых были заложены пять пробных площадей с перепадом высот от 390 м (участок №3) до 650 м (участок №9). Участок №3 взят в качестве контроля, как не подвергавшийся огню, на остальных во временных границах от 5 до 35 лет были отмечены низовые пожары. Здесь преобладают ассоциации: *Pinetum brachypodiosum (rupestre)*, с увеличением высоты (участок № 9) *P. caricosum (humilis)*. Общая площадь в двух заповедниках этих лесов – 6256 га. Сравнимые участки близки по возрасту – 60-80 лет, причем среди этих сообществ на крутых склонах встречаются деревья и старше (100-150 лет и выше), высота древостоя колеблется от 18,3 до 21,5 м. Это высокополнотные леса (0,7) и только на уч. № 9 этот показатель снижается до 0,6, преобладает древостой II-III бонитета.

Грабово-дубовые леса занимают в заповедниках общую лесопокрытую площадь – 17814 га, состав-

ля от 25,2% в ЯГЛПЗ до 53,54% в Крым. ПЗ, но высокоствольные древостои суммарно по площади крайне незначительны из-за интенсивного режима хозяйствования на этих территориях в прошлом, поэтому они приурочены к малодоступным территориям. В ущелье Авунда на территории Крым. ПЗ была заложена пробная из всех участков – 23,5±2,9 м, возраст от 70 до 80 лет с единичными деревьями до 100-140 лет, сомкнутость крон – 0,7-0,8, бонитет – II-III. Кроме эдификатора древесного яруса граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), содоминантами выступают дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) и единично ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.). Кустарниковый ярус здесь не выражен.

Буковые леса (*Silvae fagetae*) занимают 5500 га площади Крым. ПЗ, причем преобладают спелые и перестойные древостои (79,3%). В данной работе они представлены одной пробной площадью №8 – это свежая грабовая бучина, заложённая на высоте 610 м в ущелье Авунда Крым.ПЗ. Древесный ярус формируют бук обыкновенный (*Fagus sylvatica* L.) в сочетании с грабом обыкновенным с примесью ясеня высокого. Бучина средневозрастная (80-90 лет), основные лесотаксационные показатели этого сообщества наиболее значительные (средний диаметр древостоя – 44,1±3,1 см, полнота и сомкнутость насаждения достигают 0,8-0,9, бонитет – II).

Механический состав почв пробных площадей изменяется от глинисто-песчаной в сторону песчаной фракции с увеличением высот над уровнем моря (табл. 3). Вблизи моря под можжевельно-фисташково-пушистодубовыми древостоями (участки №1 и №2) сформировались почвы коричневые выщелоченные, бескарбонатные, маломощные, малогумусовые (2,87-4,01%), слабо-хрящевые и щебенчатые. Их структура обеспечивает им хорошую воздухо- и водопроницаемость, предохраняет от поверхностного смыва. Почвообразующими породами для этих почв служат продукты выветривания конгломератов и песчаников, а также

глинистых сланцев.

Сосновые леса имеют свою специфику влияния на процесс почвообразования и свойства почв, особенно с учетом огневого воздействия на них и высоты над уровнем моря. Здесь формируются почвы – типичные бурозёмы суглинисто-щебенчатые на карбонатных почвообразующих породах (участки №3 и №6). Цвет их изменяется от бурого до коричнево-бурого в зависимости от содержания гумуса, который колеблется от 9,32% до 2,74%. Они имеют слабоокислую реакцию (рН – 6,7-6,8) при большом количестве поглощённых оснований (участки №5 и №6). На участке № 9, расположенном на высоте 650 м, почвы становятся сильно смытыми с каменисто-щебенчатыми продуктами выветривания глинистых сланцев. По всему профилю заметно включение скелетных частиц. Аккумулятивно-перегнойный горизонт имеет мощность до 15 см, содержание гумуса низкое – 4,60%, почвенный профиль не превышает 40-50 см, четко прослеживаются ясные переходы между генетическими горизонтами, отчетливое уплотнение (2,5г/см³) и увеличение мощности горизонта ВМ, свойственное этому типу почв. На этих высотах выпадает достаточное количество осадков (до 700-800 мм/год), хорошие условия для роста древостоя, много опада, в результате разложения которого поступают кислые продукты в почву, поэтому рН здесь снижается до 5,6., т.е. возрастает кислотность.

Исследование почв после низового пожара в сосновых лесах выявило, что пирогенный фактор не изменяет механический состав, мелкозём хорошо оструктурен, в составе скелета преобладает щебень. Показатели плотности твердой фазы почв находятся в пределах контроля. Огонь существенно влияет на содержание гумуса – его количество уменьшается на всех гаях в 2-3 раза, причем нет прямой зависимости от возраста горельников, определяющий фактор – интенсивность огневого воздействия и влияние высоких температур.

Таблица 3. Характеристика отдельных физико-химических свойства почв пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 3. Characteristics of individual physical and chemical properties of soil sampled in areas of protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Горизонт Horizon	Механический состав Mechanical composition	Плотность твердой фазы, г/см ³ Density solid phase, g/cm ³	рН водной вытяжки pH of water extract	Гумус, % Humus, %
1.	AU ₁	Глинисто-песчаный Clay-sand	2,0	7,0	4,01
	AU ₂	Глинисто-песчаный Clay-sand	2,0	7,0	3,60
	ВМ _t	Глинистый Clay	2,5	7,0	2,08
2.	AU	Песчаный Sandy	2,18	6,8	2,87
	ВМ _{t1}	Легкосуглинистый Light loamy	2,20	6,8	2,12
	ВМ _{t2}	Глинистая Clay	2,50	6,8	1,45
3.	AУ	Супесчаный Sabulous	2,1	7,0	9,32

	BM	Супесчаный Sabulous	2,2	7,0	6,50
	C	Супесчаный Sabulous	2,4	7,0	4,49
4.	AУ	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	7,0	3,10
	BM	Среднесуглинистый Medium loamy	2,2	6,7	3,32
5.	AУ	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	6,8	6,72
	BM	Песчаный Sandy	2,7	7,1	5,20
6.	AУ	Легкосуглинистый Light loamy	2,3	6,7	2,74
	BM	Песчаный Sandy	2,5	7,0	2,19
	AУ	Легкосуглинистый Light loamy	1,9	7,0	1,75
7.	BM ₁	Среднесуглинистый Medium loamy	2,0	6,9	1,78
	BM ₂	Песчаный Sandy	2,4	7,0	1,30
	AУ	Супесчаный Sabulous	2,1	6,0	3,04
8.	BMg ₁	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	6,9	1,47
	BMg ₂	Среднесуглинистый Medium loamy	2,3	6,9	1,04
	AУ	Песчаный Sandy	2,1	5,6	4,60
9.	BM	Легкосуглинистый Light loamy	2,5	6,0	4,63

Самое значительное снижение гумуса выявлено при устойчивом огневом влиянии на горельниках 10-ти и 35-ти летнего возраста (2,74-3,1%), на 5-ти и 20-летних эти показатели существенно выше (4,6-6,72%), так как здесь отмечался беглый низовой пожар.

Под грабовыми и буковыми фитоценозами развиты бурозёмы на продуктах выветривания бескарбонатных пород и смешанного делювия.

В грабово-дубовом лесу (участок №7) наблюдается увеличение плотности твердой фазы в горизонте АУ – 2,1 г/см³, в горизонте BM колебания более значимые – 2,0-2,4г/см³, но определяющие факторы – высота и крутизна склонов. Малая мощность гумусового горизонта этих бурозёмов приводит к резкому снижению гумуса – 1,7%, они имеют легкосуглинистый механический состав. Реакция почвенного раствора в аккумулятивно-перегнойном горизонте нейтральная.

В грабовой бучине (участок №8), несмотря на признаки оподзоленности, типичные бурозёмы имеют хорошо выраженную структуру, особенно в горизонте АУ, который имеет слабокислую реакцию (рН – 6,0), повышаясь с глубиной до 6,9. Эти почвы формируются на глинистых сланцах и на бескарбонатных глинистых продуктах выветривания мергелей. Количество гумуса по профилю резко падает в 3 раза от величины его в горизонте АУ – 3,04%, также возрастает и плотность твердой фазы, так как образуется мелкозернистый материал относительно тяжёлого механического состава, поэтому глинистые слои очень плотные с плохой аэрацией. Профиль этих почв содержит значительное количество скелета, достигая в горизонте BMg₁ до 30% от

веса пробы. В результате чего в них периодически происходит оглеение. Эти почвы ежегодно пополняются значительным количеством органо-минеральных веществ благодаря разложению лесной подстилки, поэтому они богаты элементами минерального питания растений, так как в горных территориях особенно активен поверхностный вынос водорастворимых органических соединений [27-29]. Рассмотрим теперь особенности химических свойств почв пробных площадей (табл. 4).

Сумма обменных оснований находится в прямой зависимости от количества глинистой фракции и гумуса, причем основной процент содержания поглощенных оснований приходится на кальций. Почвы южной экспозиции Главной гряды Крымских гор содержат меньше гумуса, чем северные, но отличаются более качественным его составом (Гк: Фк = 0,6-0,75) [13].

Исследуемые участки крайне неравномерно обеспечены подвижными формами азота. В нижнем приморском поясе в очень сухих экотопах аммиачные формы преобладают над нитратными с минимальными величинами на участке №2 – можжевельново-дубово-грабинниковое редколесье. На участках соснового леса с учетом пирогенного фактора выявлено, что сумма обменных оснований с удлинением послепожарного периода уменьшается, хотя соотношение обменных магния и кальция достаточно близки на всех участках, кроме контрольного и 20-летнего горельника. Здесь показатели кальция превышают в два раза содержание в почве магния.

Таблица 4. Характеристика химических свойств почв пробных площадей заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор**Table 4.** Characteristics of chemical properties of soils of test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Горизонт Horizon	Mg/экв. на 100 г почвы Mg/eq per 100 g of soil			Mg/100 г почвы Mg/100 g of soil			
		Сумма обменных оснований Sum of exchange bases	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	AU ₁	31,60	0,12	0,23	4,83	2,41	0,32	50,62
	AU ₂	26,21	следы / traces	0,14	4,51	2,52	0,25	36,32
	BMt	33,26	0,45	0,51	9,10	следы / traces	1,13	нет / no
2.	AU	24,0	0,48	1,02	0,28	следы / traces	1,30	32,26
	BMt ₁	22,52	0,99	1,51	0,02	нет / no	1,90	30,18
	BMt ₂	22,02	0,36	1,64	0,02	нет / no	2,80	22,06
3.	AY	64,51	0,12	0,23	12,20	2,97	1,50	34,70
	BM	66,30	0,10	0,14	14,48	1,03	5,54	34,16
	C	64,52	0,45	0,51	8,27	0,63	4,00	34,00
4.	AY	17,00	0,95	0,96	2,63	1,37	1,25	24,47
	BM	14,00	0,36	0,65	9,64	1,25	1,25	19,43
5.	AY	56,60	0,48	1,02	10,91	3,94	следы / traces	34,42
	BM	18,99	0,98	1,51	6,16	1,62	1,36	31,00
6.	AY	19,10	0,26	0,34	10,91	0,84	1,25	19,38
	BM	15,70	0,25	0,15	6,15	0,57	следы / traces	16,50
7.	AY	39,36	0,15	1,23	следы / traces	нет / no	1,25	37,18
	BM ₁	40,18	0,23	1,14	следы / traces	нет / no	0,25	36,00
	BM ₂	67,25	0,43	0,33	0,75	нет / no	1,25	9,13
8.	AY	47,30	0,8	1,62	0,93	нет / no	2,54	36,20
	BMg ₁	19,36	0,91	1,80	3,15	нет / no	1,25	33,18
	BMg ₂	25,53	1,36	2,03	0,85	нет / no	1,25	38,00
9.	AY	64,52	0,45	0,51	8,27	0,63	4,00	следы / traces
	BM	56,30	1,15	0,75	5,83	3,32	0,70	следы / traces

Реакция среды в сосняках сдвигается в сторону кислотности, особенно на разновозрастных участках, затронутых пожаром (рН 5,6 на участке №9). Выявлена определенная тенденция снижения элементов питания под влиянием огня. Минимальное содержание нитратного азота, фосфора и кальция отмечено на 10-летнем горельнике (участок №6). Даже спустя 35 лет параметры почвенного покрова на гари (участок №4) по содержанию элементов питания еще далеки от контрольного, особенно по аммиачным формам азота, сумме обменных оснований, содержанию фосфора и калия, только содержание свободных магния и кальция возрастает.

На участке №7 – свежая грабовая дубрава обеспеченность азотом минимальна, но это обусловлено иными факторами. Более легкий механический состав почвы содержит на 10-15% меньше ила, в результате мелкозем находится на поверхности механических элементов. В результате идет быстрое вымывание азота и фосфора, а сумма поглощенных оснований возрастает по профилю почти в 1,7 раз.

Бурозёмы под грабовой бучиной (участок №8), сформировавшиеся на глинистых сланцах, влагоёмки, обладая высокими водорегулирующими свойствами и способны регулировать все выпавшие осадки, даже на крутых склонах. В них прослеживается обратная динамика по сумме обменных оснований, которая

снижается с глубиной от 47,30 до 25,53 Mg/экв. на 100 г почвы. Лишь калий имеется в достаточном количестве на участках №7 и №8 (36,20-37,18 мг/100 г почвы), что связано с особенностями подстилающих пород. Вторичные глинистые материалы являются основными источниками этого элемента, освобождающегося в процессе почвообразования.

В целом, распределение элементов питания в почвах с учетом вертикальной поясности не имеет четкой закономерности. Очевидно, в первую очередь, содержание этих веществ зависит от типа растительности и особенностей биологического круговорота веществ, важнейшими звеньями которого являются опад и подстилка [30].

Опад и подстилку мы делили на две части – активную (хвоя, листья, семена, трава, труха) и неактивную (ветви, кора, шишки). Поступление активной фракции ритмично по годам и колебания её массы значительно меньше, чем неактивной. Разложение её происходит быстрее. Наиболее высоки по объёму её запасы (21,3 т/га) на контрольном участке №3 сосняков со значительным снижением этих показателей линейно на разновозрастных гарях. Минимальные величины её отмечены на пятилетнем горельнике (участок №9 – 5,9 т/га) (табл. 5).

Таблица 5. Запасы (т/га) и фракционный состав опада и подстилки (в % от абсолютно сухого веса) на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор
Table 5. Reserves (t/ha) and fractional composition of leaf-fall/litter (in % of absolute dry weight) in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Запасы опада и подстилки, т/га Reserves of leaf-fall and litter / t/ha	Мощность подстилки, см Litter capacity, cm	Листья Leaves	Хвоя Needles	Ветки Branches	Семена, шишки Seeds, cones	Кора Bark	Мелкие остатки, труха Fine plant, residues
1.	10,0±0,9	3-4	<u>58,1*</u> 44,9	<u>7,4</u> 5,8	<u>9,7</u> 10,9	<u>20,9</u> 21,9	<u>3,9</u> 2,8	<u>Нет / No</u> 13,7
2.	11,3± 0,9	3-5	<u>59,1</u> 47,4	<u>9,7</u> 7,5	<u>10,9</u> 12,4	<u>19,6</u> 12,5	<u>6,7</u> 3,8	<u>Нет / No</u> 16,4
3.	21,3±1,9	4-7	<u>9,2</u> 3,3	<u>74,9</u> 24,9	<u>4,5</u> 1,8	<u>10,2</u> 21,5	<u>1,1</u> 0,4	<u>0,1</u> 48,1
4.	18,5±1,3	3-5	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>58,9</u> 10,4	<u>10,6</u> 5,0	<u>24,2</u> 9,1	<u>6,3</u> 9,5	<u>Нет / No</u> 66,0
5.	13,1±0,9	3-5	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>49,3</u> 3,8	<u>7,4</u> 0,2	<u>25,0</u> 10,4	<u>7,5</u> 6,8	<u>10,8</u> 83,7
6.	8,9±0,6	2-4	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>51,7</u> 8,2	<u>8,0</u> 4,7	<u>18,8</u> 2,4	<u>10,8</u> 4,3	<u>10,7</u> 80,4
7.	11,4±0,8	3-5	<u>69,8</u> 23,1	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>12,8</u> 7,2	<u>9,3</u> 2,8	<u>5,6</u> 2,1	<u>2,5</u> 71,3
8.	16,1±1,2	4-6	<u>73,8</u> 15,2	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>10,5</u> 3,1	<u>9,8</u> 6,4	<u>3,2</u> 1,9	<u>2,7</u> 73,4
9.	5,9±0,4	2-3	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>46,5</u> 5,6	<u>13,4</u> 2,1	<u>4,1</u> 1,3	<u>17,1</u> 6,9	<u>18,9</u> 84,1

Примечание: * в числителе – фракционный состав опада, в знаменателе – фракционный состав подстилки в % от абсолютно-сухого веса.

Note: *Numerator: fractional composition of leaf fall. Denominator: fractional composition of litter in % of absolutely dry weight.

Наиболее высока в процентном отношении активная часть фракций опада и подстилки в нижнем поясе – это редколесья из можжевельника высокого и фисташки туполистной с дубом пушистым (участки №1 и №2), а также в грабово-дубовом лесу (участок №7) и свежей грабовой бучине (участок №8). В опаде этих участков листовая фракция является ведущей, составляя 58,1-73,8%, в подстилке наблюдается обратная тенденция.

Из-за более благоприятных условий влагообеспеченности с подъемом по южному макросклону, деструкция опада идёт более интенсивно, поэтому в подстилке объёмы этой фракции на данных участках резко снижаются с 44,9% до 15,2%. На втором месте по вкладу в формирование подстилки в приморской зоне фракция семян и шишек, которая составляет 19,9-20,9%. С высотой (530-610 м н.у.м.) для грабовой дубравы и грабовой бучины эту позицию в опаде занимает неактивная часть – веточная масса, но с переходом в её многолетнюю подстилку на первое место выходят мелкие остатки и труха, составляя до 71,3-73,4% от ее общего объема. Это объясняется тем, что увеличение неактивной фракции способствует большей доступности элементов питания для развития растений [31].

Анализ распределения опада и подстилки на разновозрастных горельниках в сосняках выявил следующее. Под воздействием огня эти фракции становятся менее однородными (табл. 5). Резко

сокращается фракция хвои, особенно на молодых гарях (участок №9 – 46,5%), соответственно на контроле (участок №3 – 74,6%). Наблюдается прямая связь между возрастом горельника и участием этого компонента в составе опада. В связи с повреждением стволов деревьев огнем, отмечено резкое возрастание роли фракций веток и коры на свежих гарях (13,4% и 17,1%) и существенное снижение их объемов на 35-летнем пожарище (участок №4) – 10,6% и 6,3%, но даже на нём объёмы коры превышают контрольную площадь в пять раз, а фракция веточного опада – в 2,5 раза.

Выявляется еще одна тенденция: после огневого воздействия при низовом пожаре резко возрастает в составе опада фракция семян и шишек с 10-летнего возраста (18,8%), эта динамика сохраняется также на старовозрастных гарях (24,2-25%). На контрольном участке №3 эти компоненты имеют минимальные величины – 10,2%, но в подстилке они наиболее значимы – 21,5%. По соотношению ведущих фракций опада и по его запасам старые горельники схожи с контрольным участком, но на молодых гарях вследствие повреждения подстилки огнем отмечено усиление процессов остепнения. С уменьшением плотности подстилки на горельниках усиливается интенсивность её разложения, в результате доля трухи резко возрастает, достигая максимума на 5-летнем (84,1%) по сравнению с контрольным (48,1%).

На интенсивность разложения и минерализации растительных остатков существенное влияние оказывают не только породный химический состав опада, но гидротермический и водный режим окружающей среды [32; 33].

Усредненные показатели зольности опада и подстилки являются косвенными свидетельствами различий между группами лиственных и хвойных древесных пород [34].

Поэтому растительные остатки горизонтов опада и подстилки по зольным соединениям с учётом состава древостоя значительно различаются между собой (табл. 6). Причем следует отметить, что на горельниках сосняков экотопические условия более жесткие, обусловленные резко изменяющимися гидротермическим и световым режимами.

Общее содержание зольности в подстилке на всех участках превышает аналогичный показатель в опаде (табл. 6), что обусловлено более активными процессами ферментации в ней при дополнительном переходе

водорастворимых зольных элементов из верхнего горизонта. Процентное количество зольности в анализируемом биогеоценологическом горизонте тесно связано с типом леса. Максимальная величина зольности в опаде и подстилке отмечена в можжевеловых редколесьях южного побережья (участки №1 и №2) от 11,84 до 16,66%, хотя следует также отметить и наивысшие показатели зольности в подстилке букового леса до 17,60%, поэтому эти горизонты можно отнести к сверхвысоко-зольным (> 10%). Напротив, пробные площади гарей, включая и контрольный участок соснового леса, по данному параметру можно считать среднезольными (3-6%). Самые минимальные величины зольности выявлены на 35-летнем горельнике соснового леса (участок №4) – 2,85-3,93%. Огонь не нарушает эту закономерность, прослеживается превышение зольности подстилки над опадом, за исключением гарей раннего периода. Четко выявляется обратная зависимость между накоплением подстилки горельников (табл. 5) и величиной азотосодержащих веществ (табл. 6).

Таблица 6. Содержание зольных элементов и азота в опаде и подстилке на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор (в % на сухое вещество)

Table 6. The content of ash elements and nitrogen in the leaf-fall/litter in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains (% of dry matter)

№	Зольность Ash content	Ca	Mg	Fe	K	P	N
1.	<u>11,84*</u>	<u>7,01</u>	<u>6,10</u>	<u>6,25</u>	<u>4,79</u>	<u>0,15</u>	<u>0,85</u>
	16,38	9,02	4,21	3,40	7,95	0,13	0,75
2.	<u>15,32</u>	<u>10,49</u>	<u>4,29</u>	<u>1,57</u>	<u>3,94</u>	<u>0,28</u>	<u>1,75</u>
	16,66	7,41	5,04	0,27	4,61	0,41	2,30
3.	<u>4,21</u>	<u>4,01</u>	<u>4,03</u>	<u>4,52</u>	<u>0,02</u>	<u>0,38</u>	<u>0,07</u>
	6,75	1,60	2,02	3,40	0,06	0,09	0,06
4.	<u>2,85</u>	<u>1,49</u>	<u>0,36</u>	<u>1,19</u>	следы/ traces	<u>0,27</u>	<u>2,03</u>
	3,93	2,62	1,56	2,44	следы/ traces	0,12	2,50
5.	<u>5,23</u>	<u>3,56</u>	<u>2,35</u>	<u>1,41</u>	<u>4,50</u>	<u>0,12</u>	<u>13,02</u>
	4,16	4,27	4,81	1,71	4,57	0,17	14,60
6.	<u>3,73</u>	<u>0,66</u>	<u>1,95</u>	<u>3,40</u>	<u>4,17</u>	<u>0,25</u>	<u>13,59</u>
	7,70	1,61	2,12	3,80	3,67	0,12	9,00
7.	<u>8,50</u>	<u>3,20</u>	<u>4,80</u>	<u>1,92</u>	<u>0,07</u>	<u>0,13</u>	<u>0,14</u>
	14,71	2,01	2,80	3,42	0,34	0,14	1,02
8.	<u>5,26</u>	<u>6,90</u>	<u>4,03</u>	<u>5,01</u>	<u>0,03</u>	<u>0,38</u>	<u>0,50</u>
	17,60	4,72	2,32	2,31	0,27	0,15	0,13
9.	<u>4,00</u>	<u>4,09</u>	<u>1,74</u>	<u>6,25</u>	<u>6,67</u>	<u>0,04</u>	<u>10,55</u>
	4,29	12,17	2,18	11,66	2,33	0,01	11,00

Примечание: * в числителе – содержание зольных элементов и азота в опаде, в знаменателе – содержание зольных элементов и азота в подстилке в % на сухое вещество.

Note: * Numerator: content of ash elements and nitrogen in litter fall. Denominator: content of ash elements and nitrogen in litter fall, % of dry matter.

Подстилки разновозрастных гарей сосняков отличаются значительным содержанием поглощённых оснований кальция, магния и железа, составляющих большую часть обменных катионов. Магний совместно с железом регулируют окислительно-восстановительные процессы в биологических системах, поэтому для нормального роста растений необходимо определенное соотношение этих элементов. В опаде на всех горельниках по мере увеличения их возраста снижается содержание железа от 6,25% до 1,19%, так как оно интенсивно выносится из подстилки в почву, особенно на старовозрастных гарях (участок №4). Показатели магния, напротив, такой четкой динамики не выявляют.

Очевидно, изменения гидротермических условий на молодых гарях стимулируют окислительно-восстановительные процессы, способствуя тем самым усилению биологического круговорота веществ. По мере вымывания подвижных соединений в нижележащие горизонты почвы и роста их потребления развивающимся подростом, содержание элементов питания, особенно нитратного азота, фосфора и калия в нарушенных огнем почвах уменьшается, так и не приблизившись к показателям контрольной площади (участок №3).

Фосфор относится к важнейшим элементам, так как принимает участие в энергетических процессах жизне-

деятельности растений. Важна обеспеченность этим элементом всех биогеогоризонтов выше нижнего предела его оптимальной концентрации, составляющего 0,20% [23]. По отношению фосфора к азоту также можно судить о направленности энергетических процессов в экосистемах и о большей или меньшей обеспеченности азотного обмена.

По мере перехода от опада к подстилке, содержание фосфора в большинстве лесных фитоценозов южного макросклона понижается, что указывает на вымывание данного элемента. Причем это четко видно при сравнении показателей по горизонтам почвы, опада и подстилки. Самые активные процессы миграции фосфора по профилю биогеогоризонтов прослеживаются в бучине, далее следует грабовая дубрава и самые интенсивные потери этого элемента из золы отмечены на молодой гари в сосняках. Ряд исследователей [35] считают, что вряд ли происходит значительный вынос его за пределы фитоценоза и необратимое падение трофности местообитания, так как большая его часть поглощается корнями деревьев и травостоем, поэтому фосфор возвращается в экосистему. Это подтверждается и нашими данными. На разновозрастных гарях по мере повышения их возраста интенсивность этих процессов также замедляется. Дефицит влаги в сухих приморских биотопах можжевельных редколесий замедляет процессы разложения подстилки, но здесь хорошо выражен травянистый ярус, перехватывающий элементы питания, в результате почвы этих сообществ обеднены фосфором.

Минеральные формы азота образуются в основном за счет разложения опада. В зависимости от соотношения C:N, условий среды, температуры, влажности, pH, состава гетеротрофов, принимающих участие в деструкции, процесс идет с различной скоростью и не дает одинаковые конечные результаты. Низкое содержание азота в опаде сосны крымской на контроле (0,07%) резко контрастирует со значительными показателями этого элемента на горельниках 5-20-летних (10,55-13,59%) и существенным падением этой величины на 35-летней гари. Это указывает на замедление процессов разложения и минерализации, оказывая существенное влияние на величину аммиачных и нитратных форм азота в почве (табл. 4). После низовых пожаров ускоряется деструкция органических веществ, повышается содержание в подстилке (особенно на молодых горельниках) подвижных форм кальция и железа в 2-3 раза, калия и азота более чем в 10 раз. Все эти факторы благоприятствуют развитию проростков и всходов сосны, поэтому их численность на 15-20 год после огневого воздействия увеличивается в 30 и более раз по сравнению с контролем.

Калий играет большую роль в процессе роста листьев и побегов, перераспределяясь в течение вегетационного периода по дереву. Поэтому содержание его в опаде относительно низкое на всех пробных площадях, кроме молодого соснового горельника (участок №9) – 6,67%. Из растительных остатков этот элемент выносится быстро, особенно интенсивно в сосняках и можжевельных редколесьях (участки №1 и №2), что способствует ускоренному поступлению данного элемента в почву. С учетом того, что глинистые фракции почв имеют его повышенное содержание, то он не вы-

ступает для растений лимитирующим фактором в их развитии на этой территории.

Увеличение доли кальция, а следовательно и снижение соотношения K:Ca повышает устойчивость растений в период острого дефицита влаги в течение вегетационного периода, который характерен для данной климатической зоны. Для грабовой дубравы и бучины превышение кальция в подстилке и опаде очень значительно (3,20-6,90%) по отношению к калию, где отмечены в этих фракциях его минимальные показатели (0,03-0,07%). Для приморской зоны в можжевельных редколесьях этот контраст не так значителен, обеспечивая данным фитоценозам успешную адаптацию к дефициту влаги в период летне-осеннего сезона. Повышенное содержание кальция в опаде и подстилке по сравнению с калием также активизирует и процессы минерализации, что создает более благоприятные условия для работы подстилочных сапрофагов.

Особенности транслокации зольных элементов и азота по рядам накопления элементов в пределах каждого биогеоценоза южного макросклона Главной гряды Крымских гор выявили следующие закономерности (табл. 7).

В фисташниково-можжевельном редколесье (участок №1) четко наблюдается увеличение от опада к подстилке содержания Ca и K, снижение показателей Mg и Fe, миграция P и N выражена слабо. В почве ведущие позиции занимают K и N, значимость остальных элементов достаточно низка. Для можжевельно-дубово-грабинникового редколесья (участок №2) выявлено снижение Ca и Fe по биогеогоризонтам, а в подстилке повышается содержание Mg, K, P и N. В почве ведущие позиции занимает K, P и Ca, минимально поступление Mg, N и Fe.

Для сосняков в системе опад-подстилка четко прослеживается, что чем старше горельник, тем менее интенсивно идет миграция зольных элементов. Динамика распределения транслокации веществ на контроле существенно отличается от разновозрастных гарей. Здесь наблюдается постепенная миграция химических элементов и повышение содержания их в подстилке в убывающем порядке: Fe, Mg, Ca, P, показатели N и K минимальны, напротив в почве на данном участке ведущие позиции имеют K, N и P. На молодой гари (участок №9) в опаде ведущими элементами является N, K, Fe и Ca. Они активно мигрируют в подстилку, резко повышая в ней свои показатели, но последовательность распределения их иная: Ca, Fe, N и K, причем подвижные соединения кальция и железа возрастают по объему в 2-3 раза. Напротив, в почве наиболее высоко содержание N, P и Ca и минимальны показатели K и Mg. На 10-летнем горельнике (участок №6) интенсивнее всего вымывается в почву K, N и P, занимая в ней по содержанию ведущие позиции. Главенствующими химическими элементами по миграции из опада в подстилку здесь являются те же: N, K, Fe, за исключением Mg, который здесь более активен, чем кальций. Отмеченная тенденция сохраняется и на 20-летнем горельнике (участок №5). На пробном участке, пройденном огнем 35 лет назад, распределение в убывающем порядке химических элементов в опаде

следующее: N, Ca, Fe и Mg, при миграции в подстилку минимальна.
на первое место выходит Ca, остальные элементы
сохраняют свои позиции, значимость здесь P и K

Таблица 7. Ряды накопления химических элементов на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор

Table 7. Series of accumulation of chemical elements in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Наименование типа леса Forest type	Высота над ур. м. Altitude	Горизонты Levels	Ряды накопления элементов в пределах каждого фитоценоза Sequence of accumulation of elements within each phytocenosis
1.	Очень сухой кеово-можжевельный сугрудок Very dry kev-juniper sudubrava	15	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Fe > Mg > K > N > P Ca > K > Mg > Fe > N > P K > N > P > Ca > Mg
2.	Сухая можжевельно-грабниково-дубрава Dry juniper-hornbeam oak forest	80	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Mg > K > N > Fe > P Ca > Mg > K > N > P > Fe K > P > Ca > Mg > N
3.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black-pine subor	390	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Fe > Mg > Ca > P > N > K Fe > Mg > Ca > P > N > K K > N > P > Ca > Mg
4.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	436	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > Ca > Fe > Mg > P > K Ca > N > Fe > Mg > P > K K > N > P > Ca > Mg
5.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	505	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Ca > Mg > Fe > P N > Mg > K > Ca > Fe > P K > N > P > Ca > Mg
6.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	520	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Fe > Mg > Ca > P N > Fe > K > Mg > Ca > P K > N > P > Mg > Ca
7.	Свежая грабовая дубрава Fresh hornbeam oak forest	530	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Mg > Ca > Fe > N > P > K Fe > Mg > Ca > N > K > P K > P > Ca > Mg > N
8.	Свежая грабовая бучина Fresh hornbeam-beech	610	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Fe > Mg > N > P > K Ca > Mg > Fe > K > P > N K > P > Ca > N > Mg
9.	Свежая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	650	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Fe > Ca > Mg > P Ca > Fe > N > K > Mg > P N > P > Ca > Mg > K

Следовательно, ряды накопления химических элементов существенно меняются в сосняках в зависимости от интенсивности огневого воздействия и длительности в них послепожарного периода. Низовые пожары в лесах из сосны крымской приводят к перестройкам в зольном составе опада, подстилки и почв. Они в исследуемом регионе интенсифицируют процессы нитрификации и аммонификации, что ведет к росту минеральных форм азота и калия в изученных биогеоценологических горизонтах, способствуя ускорению процессов гумификации недогоревшего слоя подстилки. Таким образом, можно утверждать о способности популяций сосны крымской к авторегуляции и гомеостазу жизненно важных функций при нарушениях их структуры под влиянием огня. Этот вид сохраняет свои позиции в данном высотном поясе южного макросклона при низовых пожарах любой интенсивности, перестраивая интенсивность своих биогеоценологических процессов в системе опад–подстилка–почва.

В свежей грабовой дубраве (участок №7) при

более благоприятных условиях водообеспеченности из опада в подстилку резко активизируется подвижность Mg, Fe и Ca, показатели которых возрастают в 1,5-2 раза в нижнем биогеоценологическом горизонте, также существенны и значения N, роль K и P невелики. Эти элементы, очевидно, активно вымываются в почву благодаря деструкции подстилочными сапрофитами мертвой органики, что подтверждается динамикой распределения их в почвенном горизонте, где на первое место выходят K, P и Mg и Ca со следами присутствия N.

Для свежей грабовой бучины характерна следующая динамика деструкции органических веществ. В опаде ведущими элементами являются подвижные соединения Ca, Fe, Mg, снижаясь по содержанию в подстилке в 1,5-2,5 раза. Показатели P и N крайне невелики и также сохраняют тенденцию к уменьшению в данной биогеоценологическом горизонте в 2-3 раза, содержание K крайне незначительно. Эти элементы в форме подвижных соединений мигрируют в почву, где отмечено накопление K, P, Ca и N, которые

активизируют процессы формирования гумуса. Поэтому интенсивная миграция по биогоризонтам водорастворимых минеральных соединений и азота является важным фактором биогеоэкологической эволюции ландшафтов.

Следовательно, различия в процессах накопления и разложения органических веществ отражаются в морфологии и запасах подстилки для разнообразных типов лесных фитоценозов и зависят в большей степени от состава, структуры, продуктивности и экологических особенностей фитоценозов. Именно они определяют интенсивность и количественные показатели биологического круговорота органических веществ на заповедных территориях в масштабе крупного ландшафтного комплекса – южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Это позволяет судить об экологических механизмах адаптации, регулирования структуры и функций этих сообществ, обеспечивающих водоохранную, климаторегулирующую и почвозащитную функции курортного комплекса Крыма.

ВЫВОДЫ

1. Девять пробных площадей были заложены по Южному макросклону Главной гряды Крымских гор на территориях ФГБУ «Ялтинский горно-лесной природный» и «Крымский природный» заповедников с перепадом высот от 15 м до 650 м над уровнем моря с преобладающей крутизной 15-25° от очень сухих биотопов (C₀) вблизи моря до свежих (D₂) в ущелье Авунда. В приморской зоне под можжевельновыми насаждениями из можжевельника высокого формируются почвы коричневые выщелоченные, бескарбонатные, маломощные, малогумусовые, слабо-хрящевые и щебенчатые. Под сосняками из сосны крымской формируются бурозёмы суглинисто-щебенчатые на карбонатных почвообразующих породах, на высоте 650 м они развиты на сильно смытых каменисто-щебенчатых продуктах выветривания глинистых сланцев с четкими переходами между генетическими горизонтами. Под грабовой дубравой формируются типичные бурозёмы смешанного делювия, под бучиной – бурозёмы глеевые на глинистых сланцах и бескарбонатных глинистых продуктах выветривания мергелей с признаками периодического оглеения.

2. Пирогенный фактор не изменяет механический состав почв. Огонь существенно влияет на содержание гумуса – его количество уменьшается на всех гарях в 2-3 раза, причем нет прямой зависимости от возраста горельников, определяющий фактор – интенсивность огневого воздействия и влияние высоких температур.

3. Исследуемые участки крайне неравномерно обеспечены подвижными формами азота. В нижнем приморском поясе в очень сухих экотопах аммиачные формы преобладают над нитратными с минимальными величинами на участке №2 – можжевельново-дубово-грабинниковое редколесье. На участках соснового леса с учетом пирогенного фактора выявлено, что сумма обменных оснований с удлинением послепожарного периода уменьшается, хотя соотношение обменных магния и кальция достаточно близки на всех участках, кроме контрольного. В свежей грабовой дубраве (участок №7) обеспеченность азотом минимальна. Лишь

калий имеется в достаточном количестве на дубраве и бучине, что связано с особенностями состава глинистых подстилающих пород.

4. Четко видно при сравнении показателей по горизонтам почвы, опада и подстилки, что самые активные процессы миграции фосфора по профилю биогоризонтов прослеживаются в бучине, далее следует грабовая дубрава и самое интенсивные потери этого элемента из золы на молодой гари в сосняках. Поэтому после низовых пожаров ускоряется деструкция органических веществ, повышается содержание в подстилке (особенно на молодых горельниках) подвижных форм кальция и железа в 2-3 раза, калия и азота более чем в 10 раз. Все эти факторы благоприятствуют развитию проростков и всходов сосны. Для приморской зоны в можжевельновых редколесьях этот контраст не так значителен.

5. Ряды накопления химических элементов существенно меняются в каждом типе леса и имеют свою специфику. В зависимости от интенсивности огневого воздействия и длительности в них послепожарного периода низовые пожары в лесах из сосны крымской приводят к перестройкам в зольном составе опада, подстилки и почв. В исследуемом регионе они интенсифицируют процессы нитрификации и аммонификации, что ведет к росту минеральных форм азота и калия в изученных биогеоэкологических горизонтах, что способствует ускорению процессов гумификации. Сосна крымская сохраняет свои позиции в данном высотном поясе южного макросклона при низовых пожарах любой интенсивности, перестраивая активность своих биогеоэкологических процессов в системе опад-подстилка-почва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. С. 82-97, 138-150.
- 2.Olsen S.R., Sommers L.E. Phosphorus. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA 1982. P. 403-430.
- 3.Pandey N.Ch., Tewari L.M., Joshi G.C., Upreti B.M. Physico-chemical characterization of Oak, Pine and Sal forest soil profiles of Betalghat Region of Kumaun Himalaya // Eurasian J Soil Sci. 2018. V. 7. Iss. 3. P. 261-272. Doi: 10.18393/ejss.435082
- 4.Mehta J.P., Shreshthamani B. Analysis of the physico-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya // Nature and Science. 2014. V. 12. Iss. 11. P. 46-54.
- 5.Дегтярева Т.В., Сутормина Э.Н. Особенности биогеохимии ландшафтов Тебердинского заповедника // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. Т. 2. N3 (13). С. 85-93.
- 6.Дидух Я.П. Растительный покров горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). Киев: Наукова думка, 1992. 256 с.
- 7.Balesdent J., Basile-Doelsch I., Chadoeuf J., Cornu S., Derrien D., Fekiacova Z., Hatté C. Atmosphere–soil carbon

- transfer as a function of soil depth // *Nature*. 2018. V. 559. P. 599-602. Doi: 10.1038/s41586-018-0328-3
8. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: Доля, 2004. 208 с.
9. Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A., Ponette Q. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon // *Science of the Total Environment*. 2016. V. 574. P. 616-628. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.028, 201710
10. Holden S.R., Rogers B.M., Treseder K.K., Randerson J.T. Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire // *Environ. Res. Lett.* 2016. V. 11. N 3. Doi: 10.1088/1748-9326/11/3/035004
11. Кобечинская В.Г., Сволынский М.Д., Мирошниченко А.М. Последствия воздействия пожаров на сосновые леса Ялтинского горно-лесного природного заповедника // *Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование. Ч.1. Симферополь: Экология и мир*. 2005. С. 271-276.
12. Кобечинская В.Г., Отурина И.П., Пышкин В.Б., Решетник Г.Н. Сравнительный анализ миграционных потоков химических элементов в системе растения-почва на крымских яйлах // *Геополитика и экодинамика регионов*. 2014. Т. 10. N 2. С. 584-591.
13. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования // *Научные труды Никитского ботанического сада*. 1967. Т. 38. С. 171-234.
14. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // *Nature*. 2015. V. 528. P. 60-68. Doi: 10.1038/nature16069
15. Лакин Н.А. Биометрия. М.: Высшая школа, 1978. 343 с.
16. Лысысянь М.Е., Сергеева В.С. Основы лесоводства и лесной таксации. Львов: Лесная промышленность, 1990. 220 с.
17. Didion M., Blujdea V., Grassi G., Hernández L., Jandl R., Kriiska K., Lehtonen A., Saint-André L. Models for reporting forest litter and soil C pools in national greenhouse gas inventories: methodological considerations and requirements // *Carbon Management*. 2016. V. 7. N 1-2. P. 79-92. Doi: 10.1080/17583004.2016.1166457
18. Молчанов Е.Ф. Динамика опада в основных растительных ассоциациях заповедника «Мыс Мартьян» // *Научные труды Никитского ботанического сада*. 1984. Т. 93. С. 91-100.
19. Санников С.И. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // *Экология*. 1981. N 6. С. 23-33.
20. Hernández L., Jandl R., Blujdea V.N.B., Lehtonen A., Kriiska K., Alberdi I., Adermann V., Cañellas I., Marin G., Moreno-Fernández D., Ostonen I., Varik M., Didion M. Towards complete and harmonized assessment of soil carbon stocks and balance in forests: The ability of the Yasso07 model across a wide gradient of climatic and forest conditions in Europe // *Science of The Total Environment*. 2017. Iss. 599-600. P. 1171-1180. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.298
21. Посохов П.П. Лесорастительное районирование горного Крыма // *Лесоводство и агролесомелиорация К.: Урожай*. 1969. Вып. 16. С. 105-119.
22. Поляков А.Ф., Плугатарь Ю.В. Лесные формации Крыма и их экологическая роль. Харьков: Новое слово, 2009. С. 220-269.
23. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 2000. 768 с.
24. Qiao Y.F., Miao S.J., Li Y.X., Zhong X. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil // *Plant Soil Environ*. 2018. V. 64. P. 557-563. Doi: 10.17221/492/2018-PSE
25. Jug I., Jug D., Bogunović I., Vukadinović V., Stipešević B., Brozović B. Spatial variability of soil organic matter content in Eastern Croatia assessed using different interpolation methods // *Int. Agrophys*. 2019. V. 33. Iss. 1. P. 31-39. Doi: 10.31545/intagr/104372
26. Lu N., Akujärvi A., Wu X., Liski J. Changes in soil carbon stock predicted by a process-based soil carbon model (Yasso07) in the Yanhe watershed of the Loess Plateau // *Landscape Ecology*. 2015. V. 30. Iss. 3. P. 399-413. Doi: 10.1007/s10980-014-0132-x
27. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1976. С. 23-136.
28. Фирсова В.П., Павлова Т.С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах. М.: Наука, 1983. 164 с.
29. Титлянова А.А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозах. Методическое руководство. Новосибирск: Наука, 1971. 136 с.
30. Xia M., Talhelm A.F., Pregitzer K.S. Fine roots are the dominant source of recalcitrant plant litter in sugar maple-dominated northern hardwood forests // *New Phytologist*. 2015. V. 208. Iss. 3. P. 715-726. Doi: 10.1111/nph.13494
31. Чернобай Ю.Н. Детритные показатели стабильности заповедных лесов Карпат // *Management of Environmental Protection in Forests. VШ. Zarzadzanie ochrona przyrody w Lasach. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi*. 2014. P. 62-81.
32. Dhillon G.S., Gillespie A., Peak D., Van Rees K.C.J. Spectroscopic investigation of soil organic matter composition for shelterbelt agroforestry systems // *Geoderma*. 2017. V. 298. P. 1-13. Doi: 10.1016/j.geoderma.2017.03.016
33. Coop J.D., Schoettle A.W. Regeneration of Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata*) and limber pine (*Pinus flexilis*) three decades after stand-replacing fires // *Forest Ecology and Management*. 2009. V. 257. Iss. 3. P. 893-903. Doi: 10.1016/j.foreco.2008.10.034
34. Шилов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
35. Xu J.S., Zhao B.Z., Chu W.Y., Mao J.D., Olk D.C., Zhang J.B., Wei W.X. Evidence from nuclear magnetic resonance spectroscopy of the processes of soil organic carbon accumulation under long-term fertilizer management // *European Journal of Soil Science*. 2017. V. 68. Iss. 5. P. 703-715. Doi: 10.1111/ejss.12445

REFERENCES

1. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. *Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonakh* [Methods of studying the biological cycle in various natural areas]. Moscow, Mysl Publ., 1978, pp. 82-97, 138-150. (In Russian)

2. Olsen S.R., Sommers L.E. Phosphorus. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy, 1982, no. 9, Madison, WI, USA, pp. 403-430.
3. Pandey N.Ch., Tewari L.M., Joshi G.C., Upreti B.M. Physico-chemical characterization of Oak, Pine and Sal forest soil profiles of Betalghat Region of Kumaun Himalaya. *Eurasian J Soil Sci.*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 261-272. Doi: 10.18393/ejss.435082
4. Mehta J.P., Shreshthamani B. Analysis of the physico-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya. *Nature and Science*. 2014, vol. 12, iss. 11, pp. 46-54.
5. Degtyaryova T.V., Sutormina E.N. Features of Landscapes Biogeochemistry of Teberda reserve. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University]*. 2008, vol. 2, no. 3(13), pp. 85-93. (In Russian)
6. Didukh Ya.P. *Rastitel'nyi pokrov gornogo Kryma (struktura, dinamika, evolyutsiya i okhrana)* [Vegetation cover of the mountainous Crimea (structure, dynamics, evolution and protection)]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1992, 256 p. (In Russian)
7. Balesdent J., Basile-Doelsch I., Chadoeuf J., Cornu S., Derrien D., Fekiacova Z., Hatté C. Atmosphere–soil carbon transfer as a function of soil depth. *Nature*, 2018, vol. 559, pp. 599-602. Doi: 10.1038/s41586-018-0328-3
8. Dragan N.A. *Pochvennye resursy Kryma* [Crimea soil resources]. Simferopol', Dolya Publ., 2004, 208 p. (In Russian)
9. Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A. and Ponette Q. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 574, pp. 616-628. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.028, 201710
10. Holden S.R., Rogers B.M., Treseder K.K., Randerson J.T. Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire. *Environ. Res. Lett.*, 2016, vol. 11, no. 3. Doi: 10.1088/1748-9326/11/3/035004
11. Kobechinskaya V.G., Svolynskii M.D., Miroshnichenko A.M. [Consequences of the impact of fires on pine forests of the Yalta mountain-forest nature reserve] In: *Zapovedniki Kryma: zapovednoe delo, bioraznoobrazie, ekoobrazovanie* [Crimea reserves: conservation, biodiversity, ecological formation]. Simferopol', *Ekologiya i mir* Publ., 2005, vol. 1, pp. 271-276. (In Russian)
12. Kobechinskaya V.G., Oturina I.P., Pyshkin V.B., Reshetnik G.N. Comparative analysis of migration flows of chemical elements in the system plant – soil on the Crimean Jajly. *Geopolitika i ekodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of regions]. 2014, vol. 10, no. 2, pp. 584-591. (In Russian)
13. Kochkin M.A. [Soils, forests and climate of the mountainous Crimea and the ways of their rational use]. In: *Nauchnye trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Scientific Works of the Nikitsky Botanical Garden]. 1967, no. 38, pp. 171-234. (In Russian)
14. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 2015, vol. 528, pp. 60-68. Doi: 10.1038/nature16069
15. Lakin N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1978, 343 p. (In Russian)
16. Lysysyan' M.E., Sergeeva V.S. *Osnovy lesovodstva i lesnoi taksatsii* [Basics of forestry and forest taxation]. L'vov, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990, 220 p. (In Russian)
17. Didion M., Blujdea V., Grassi G., Hernández L., Jandl R., Kriiska K., Lehtonen A., Saint-André L. Models for reporting forest litter and soil C pools in national greenhouse gas inventories: methodological considerations and requirements. *Carbon Management*, 2016, vol. 7, no. 1-2, pp. 79-92. Doi: 10.1080/17583004.2016.1166457
18. Molchanov E.F. [The dynamics of the litter in the main plant associations of the reserve "Cape Martian"]. In: *Nauchnye trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Scientific Works of the Nikitsky Botanical Garden]. 1984, vol. 93, pp. 91-100. (In Russian)
19. Sannikov S.I. Forest fires as a factor in the transformation of the structure, renewal and evolution of biogeocenoses. *Ekologiya* [Ecology]. 1981, no. 6, pp. 23-33. (In Russian)
20. Hernández L., Jandl R., Blujdea V.N.B., Lehtonen A., Kriiska K., Alberdi I., Adermann V., Cañellas I., Marin G., Moreno-Fernández D., Ostonen I., Varik M., Didion M. Towards complete and harmonized assessment of soil carbon stocks and balance in forests: The ability of the Yasso07 model across a wide gradient of climatic and forest conditions in Europe. *Science of The Total Environment*, 2017, iss. 599-600, pp. 1171-1180. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.298
21. Posokhov P.P. Forest vegetation zoning of the mountainous Crimea. In: *Lesovodstvo i agrolesomeliorsiya* [Forestry and agroforestry]. Kiev, Urozhai Publ., 1969, iss. 16, pp. 105-119. (In Russian)
22. Polyakov A.F., Plugatar' Y.V. *Lesnye formatsii Kryma i ikh ekologicheskaya rol'* [Forest formations of the Crimea and their ecological role]. Kharkov, Novoe slovo Publ., 2009, pp. 220-269. (In Russian)
23. Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape]. Moscow, Astreya Publ., 2000, 768 p. (In Russian)
24. Qiao Y.F., Miao S.J., Li Y.X., Zhong X. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil. *Plant Soil Environ*, 2018, vol. 64, pp. 557-563. Doi: 10.17221/492/2018-PSE
25. Jug I., Jug D., Bogunović I., Vukadinović V., Stipešević B., Brozović B. Spatial variability of soil organic matter content in Eastern Croatia assessed using different interpolation methods. *Int. Agrophys.*, 2019, vol. 33, iss. 1, pp. 31-39. Doi: 10.31545/intagr/104372
26. Lu N., Akujärvi A., Wu X., Liski J. Changes in soil carbon stock predicted by a process-based soil carbon model (Yasso07) in the Yanhe watershed of the Loess Plateau. *Landscape Ecology*, 2015, vol. 30, iss. 3, pp. 399-413. Doi: 10.1007/s10980-014-0132-x
27. Rodin L.E., Bazilevich N.I. *Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskii krugovorot zol'nykh elementov i azota v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara* [The dynamics of organic matter and the biological circulation of ash elements and nitrogen in the main types of vegetation on the globe]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1976, pp. 23-136. (In Russian)
28. Firsova V.P., Pavlova T.S. *Pochvennye usloviya i osobennosti biologicheskogo krugovorota veshchestv v gornyykh sosnovykh lesakh* [Soil conditions and features of the biological cycle of substances in the mountain pine forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983, 164 p. (In Russian)

29. Titlyanova A.A. *Izuchenie biologicheskogo krugovorota v biogeotsenozakh* [Study of the biological cycle in biogeocenoses]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1971, 136 p. (In Russian)
30. Xia M., Talhelm A.F., Pregitzer K.S. Fine roots are the dominant source of recalcitrant plant litter in sugar maple-dominated northern hardwood forests. *New Phytologist*, 2015, vol. 208, iss. 3, pp. 715-726. Doi: 10.1111/nph.13494
31. Chernobai Yu.N. [Detritus indicators of the stability of the protected forests of the Carpathians]. In: Management of Environmental Protection in Forests. VII Zarządzenie ochrona przyrody w Lasach. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania rodowiskiem w Tucholi, 2014, pp. 62-81. (In Russian)
32. Dhillon G.S., Gillespie A., Peak D., Van Rees K.C.J. Spectroscopic investigation of soil organic matter composition for shelterbelt agroforestry systems. *Geoderma*, 2017, vol. 298, pp. 1-13. Doi: 10.1016/j.geoderma.2017.03.016
33. Coop J.D., Schoettle A.W. Regeneration of Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata*) and limber pine (*Pinus flexilis*) three decades after stand-replacing fires. *Forest Ecology and Management*, 2009, vol. 257, iss. 3, pp. 893-903. Doi: 10.1016/j.foreco.2008.10.034
34. Shilov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of Russian soils]. Smolensk, Oikumena Publ., 2004, 342 p. (In Russian)
35. Xu J.S., Zhao B.Z., Chu W.Y., Mao J.D., Olk D.C., Zhang J.B., Wei W.X. Evidence from nuclear magnetic resonance spectroscopy of the processes of soil organic carbon accumulation under long-term fertilizer management. *European Journal of Soil Science*, 2017, vol. 68, iss. 5, pp. 703-715. Doi: 10.1111/ejss.12445

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Валентина Г. Кобечинская проводила полевые исследования, изложила результаты, их интерпретировала в рукописи статьи. Ольга Б. Ярош проводила в соответствие графический и иллюстративный материал, оформление статьи, редакция. Анатолий В. Ивашов выступил в качестве консультанта по современной номенклатуре почв РФ, написал обзор литературы и выводы. Валерий Л. Апостолов высказал идею исследования, предложил исследовательский алгоритм, написал методы исследования. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Valentina G. Kobechinskaya conducted field research, presented the results, interpreted them in the text of the article. Olga B. Yarosh produced the graphic and illustrative material and the design of the article, and edited the text. Anatoly V. Ivashov acted as a consultant on the modern soil nomenclature of the Russian Federation and wrote a review of literature and conclusions. Valery L. Apostolov developed the research concept, proposed the research structure and wrote research methods. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 504.75: 628.5
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-53-60

Мониторинг и оценка качества скважинных вод инфильтрационных водозаборов юго-востока Беларуси

Дмитрий В. Макаров, Евгений А. Кантор, Наталья А. Красулина , Зульфия З. Бережнова, Юлия Н. Савичева

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Контактное лицо

Наталья А. Красулина, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450062 Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов 6/1. Тел. +73472431956
Email fizkultura-ugntu@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5537-921X>

Формат цитирования

Макаров Д.В., Кантор Е.А., Красулина Н.А., Бережнова З.З., Савичева Ю.Н. Мониторинг и оценка качества скважинных вод инфильтрационных водозаборов юго-востока Беларуси // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.53-60. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-53-60

Получена 6 февраля 2019 г.
Прошла рецензирование 14 марта 2019 г.
Принята 25 марта 2019 г.

Резюме

Цель. Сравнение качества воды по 19 показателям: запаху при 20°C, запаху при 60°C, привкусу, цветности, мутности, железу общему, окисляемости перманганатной, сухому остатку, жесткости общей, нефтепродуктам, ПАВ, фенольному индексу, нитратам (NO₃⁻), хлоридам (Cl⁻), фторидам (F⁻), сульфатам (SO₄²⁻), цинку (Zn²⁺), меди (Cu, суммарно), водородному показателю pH двух инфильтрационных водозаборов (ИВ) юго-восточного региона Республики Беларусь. Выявление и анализ линейных трендов, определение тенденций к динамике значений показателей.

Материал и методы. В качестве исходных данных использованы результаты ежеквартальных измерений значений показателей скважинных вод инфильтрационных водозаборов.

Результаты. Сравнением относительных концентраций среднесезонных значений исследуемых показателей качества для двух водозаборов выявлено, что приоритетными являются запах при 20°C, запах при 60°C, привкус, цветность, мутность, железо общее. Сравнением относительных концентраций по железу общему выявлено, что концентрация железа общего в скважинах ИВ 1 намного выше, чем в скважинах ИВ 2, что, вероятно, связано с присутствием пород и минералов моренного и флювиогляциального комплекса ледниковых отложений. По остальным показателям значения находятся, ориентировочно, на одном уровне.

Заключение. Построением матриц парной корреляции и географической близости по каждому из приоритетных показателей определены группы скважин, качество воды на которых взаимосвязано, которые в последующем были объединены в одну.

Ключевые слова

подземные воды, показатели качества воды, экологический мониторинг, коэффициент корреляции, железо общее.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Monitoring and assessment of well quality of water infiltration intakes in water reservoirs in the south-east of Belarus

Dmitriy V. Makarov, Evgeniy A. Kantor, Natalya A. Krasulina , Zulfiya Z. Berezhnova and Yuliya S. Savicheva
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Principal contact

Natalya A. Krasulina, Ufa State Petroleum Technological University; 6/1 Kosmonavtov St, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia 450062.

Tel. +73472431956

E-mail fizkultura-ugntu@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5537-921X>

How to cite this article

Makarov D.V., Kantor E.A., Krasulina N.A., Berezhnova Z.Z., Savicheva Yu.S. Monitoring and assessment of well quality of water infiltration intakes in water reservoirs in the south-east of Belarus. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 53-60. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-53-60

Received 6 February 2019

Revised 14 March 2019

Accepted 25 March 2019

Abstract

Aim. Comparison of water quality according to 19 indicators: odour at 20°C, odour at 60°C, taste, colour, turbidity, total iron, permanganate oxidation, dry residue, total hardness, oil products, surfactants, phenolic index, nitrates (NO³⁻), chlorides (Cl⁻), fluorides (F⁻), sulphates (SO₄²⁻), zinc (Zn²⁺), copper (Cu, total), pH value of two infiltration water intakes in the south-eastern region of the Republic of Belarus. Identification and analysis of linear trends, and determination of trends in the dynamics of indicator values.

Material and Methods. As initial data we used the results of quarterly measurements of the values of borehole water indicators of the infiltration water intakes.

Results. By comparing the relative concentrations of the mean annual values of the studied quality indicators for two water intakes, it was revealed that the priority indicators are odour at 20°C, odour at 60°C, taste, chromaticity, turbidity, and iron. By comparing the relative concentrations of total iron, it was found that the concentration in the wells of WI 1 is much higher than in the wells of WI 2, probably due to the presence of rocks and minerals from moraine and fluvio-glacial complexes of glacial deposits. For other indicators the values were approximately on the same level.

Conclusion. By constructing matrices of pair correlation and geographic proximity for each of the priority indicators, well groups were identified whose water quality is interrelated and which were subsequently aggregated as a single group.

Key Words

groundwater, water quality indicators, environmental monitoring, correlation coefficient, total iron.

ВВЕДЕНИЕ

Качество питьевой воды – один из важнейших факторов определяющих здоровье населения. Около 60% заболеваний вызваны употреблением воды не соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям [1].

Республика Беларусь обладает достаточными ресурсами возобновляемых пресных подземных вод для удовлетворения потребностей населения. Однако, основная проблема их использования связана с качеством воды. Около 70% скважин используемых для питьевого водоснабжения на территории Республики Беларусь, характеризуются повышенным содержанием железа общего. Наиболее ощутима эта проблема на территории Полесья, где доля таких скважин превышает 90% [2].

Формирование качества подземных вод происходит под влиянием следующих факторов [3-8]: выщелачивание горных пород и почв, концентрирование солей в подземных водах вследствие испарения, выпадение солей из природных растворов в результате изменения термодинамических условий, диффузия и микробиологические процессы, смешение вод различного происхождения.

Антропогенные факторы, помимо природных, являются причиной неудовлетворительного качества подземной воды [9-11]. Так, интенсивная хозяйственная деятельность на территории Республики Беларусь уже привела к серьезной деградации ее водного фонда [1; 2]. Почти повсеместно наблюдается тенденция ухудшения качества поверхностных и грунтовых вод, учащаются случаи техногенного загрязнения глубоких водоносных горизонтов.

Постоянный мониторинг подземных вод, используемых для водоснабжения, может позволить оперативно реагировать на возможные антропогенные изменения среды и снизить риски, связанные с использованием подземных вод [12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются воды инфильтрационных водозаборов (ИВ 1 и ИВ 2) юго-восточной части Республики Беларусь. Измерение показателей на ИВ 1 проводилось ежеквартально с 2001 по 2016 гг., а на ИВ 2 с 2004 по 2016 гг.

Поскольку отбор вод на ИВ 1 производится с среднесеноманско-маастрихтского карбонатного горизонта, а на ИВ 2 с турон-маастрихтского отложений верхнего мела, целесообразно сравнить качество подземных вод.

На первом этапе проведен анализ качества скважинных вод ИВ 1 и ИВ 2 по запаху при 20°C, запаху при 60°C, привкусу, цветности, мутности, железу общему, окисляемости перманганатной, сухому остатку, жесткости общей, нефтепродуктам, ПАВ, фенольному индексу, нитратам (NO₃⁻), хлоридам (Cl⁻), фторидам (F⁻), сульфатам (SO₄²⁻), цинку (Zn²⁺), меди (Cu²⁺), водородному показателю pH. Определены и проанализированы уравнения линейных трендов и выявлены тенденция к снижению и увеличению значений показателей.

Для выявления приоритетных показателей проведено сравнение относительных концентраций среднесезонных значений исследуемых показателей.

Запах при 20°C, запах при 60°C, привкус, цветность, мутность, железо общее принимались в качестве приоритетных показателей, поскольку, по расчетам по ним отмечаются наибольшие значения относительных концентраций среднесезонных значений.

Для выявления групп скважин, концентрации по приоритетным показателям в которых взаимосвязаны, построены карты для каждого из показателей, которые в последующем были объединены в одну. Построение схем проводилось исходя из матриц парных корреляций и географического расположения.

Определение коэффициенты парной корреляции проводилось по формуле (1) [13]:

$$r_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^n (C_{ji} - C_j)(C_{ki} - C_k)}{(n-1)\sigma_j\sigma_k} \quad (1)$$

где: C_{ji} – содержание железа в j -й скважине, C_{ki} – содержание железа в k -й скважине, C_j – среднее арифметическое значение содержания железа в j -й скважине, C_k – среднее арифметическое значение содержания железа в k -й скважине, n – объем выборки, $n=64$, σ_j – среднее квадратичное отклонение одиночного наблюдения для j -й скважины, σ_k – среднее квадратичное отклонение одиночного наблюдения для k -й скважины.

Оценка достоверности коэффициентов корреляции проводилась исходя из стандартной ошибки коэффициентов корреляции [14]:

$$\sigma_r = \frac{(1-r^2)}{\sqrt{n-1}} \quad (2)$$

Для визуальной оценки возможности наличия связи между значениями по железу общему в скважинах ИВ, перед корреляционно-регрессионным анализом были построены диаграммы рассеяния [15]. Построение матриц парных корреляций производилось в Statistica 10.0.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам мониторинга за 2001~2016 гг. на ИВ 1 и за 2004~2016 гг. на ИВ 2, выявлено, что по запаху при 20°C, привкусу, мутности, фторидам (F⁻), меди (Cu²⁺), нефтепродуктам, фенольному индексу наблюдается тенденция к уменьшению значений показателей, а по запаху (при 60°C), сухому остатку, хлоридам (Cl⁻), сульфатам (SO₄²⁻), жесткости общей, железу общему – к увеличению значений показателей (табл. 1). По водородному показателю, окисляемости перманганатной, ПАВ тенденция в изменении показателей не наблюдается. По цветности отмечается тенденция к увеличению показаний на ИВ 1, а на ИВ 2 – к уменьшению. По цинку (Zn²⁺) тенденция к снижению концентрации наблюдается на ИВ 1, а на ИВ 2 – к увеличению. По нитратам отмечается отсутствие тенденции к изменению показаний на ИВ 1, а на ИВ 2 – тенденция к уменьшению.

В отдельные промежутки времени наблюдается превышение ГДК на ИВ 1 и ИВ 2 по запаху при 20°C, запаху при 60°C, привкусу, цветности, мутности, железу общему.

В качестве приоритетных показателей качества выбраны запах при 20°C, запах при 60°C, привкус, цвет-

ность, мутность, железо общее, поскольку значения относительных концентраций по ним наибольшее, как на ИВ 1, так и на ИВ 2 (табл. 2). Известно, что около 70% подземных вод Республики Беларусь характеризуются повышенным содержанием железа [2], по которому и наблюдается наибольшее значение относительной

концентрации на обоих водозаборах.

В целом, на ИВ 1 и ИВ 2 относительные концентрации по приоритетным показателям схожи по значениям (табл. 3).

Таблица 1. Уравнения трендов показателей качества исходной воды на ИВ 1 и ИВ 2

Table 1. Equations of trends of initial water quality indicators for WI 1 and WI 2

Показатель качества Quality Indices	ИВ 1 / WI 1		ИВ 2 / WI 2	
	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	<i>b</i>
Запах при 20°C, баллы / Odour (at 20°C), points	-0,004	2	-0,006	2
Запах при 60°C, баллы / Odour (at 60°C), points	0,01	2	0,01	2
Привкус, баллы / Taste, points	0,0004	2	-0,0038	2
Цветность, градусы / Chromaticity, degrees	0,03	23	-0,07	23
Мутность, мг/дм ³ / Turbidity, mg/dm ³	-0,05	4,09	-0,06	4,58
Окисляемость перманганатная, мг/дм ³ / Permanganate oxidization, mg/dm ³	-0,001	2,24	-0,0003	2,12
Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³	0,73	278,1	1,82	408,7
Жесткость общая, моль/дм ³ / Total hardness, mol/dm ³	0,005	4,29	0,021	5,58
Нефтепродукты, мг/дм ³ / Oil products, mg/dm ³	-7E-05	0,023	-0,0001	0,022
ПАВ, мг/дм ³ / Surfactants, mg/dm ³	-1E-05	0,019	9E-05	0,021
Фенольный индекс, мг/дм ³ / Phenolic index, mg/dm ³	-1E-05	0,003	-7E-05	0,005
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм ³ / Nitrates (NO ₃ ⁻), mg/dm ³	0,0062	0,229	-0,0047	0,402
Железо общее, мг/дм ³ / Total iron, mg/dm ³	0,0099	2,14	0,0171	2,73
Хлориды, мг/дм ³ / Chlorides (Cl ⁻), mg/dm ³	0,0479	6,67	0,2955	32,13
Фториды, мг/дм ³ / Fluorides (F ⁻), mg/dm ³	-0,001	0,28	-0,0035	0,38
Сульфаты, мг/дм ³ / Sulphates (SO ₄ ²⁻), mg/dm ³	0,1165	17,14	0,5086	26,29
Цинк, мг/дм ³ / Zinc (Zn ²⁺), mg/dm ³	-0,0003	0,023	-0,0002	0,007
Медь, мг/дм ³ / Copper (Cu, total), mg/dm ³	-0,0002	0,014	-0,0002	0,011
Водородный показатель, ед. pH / Hydrogen ion concentration, pH	-0,0007	4,4	0,0002	7,4

Примечание: уравнения трендов описываются уравнениями типа $y=kx+b$

Note: the equations of trends are described as equations of the type $y=kx+b$

Таблица 2. Относительные концентрации показателей качества исходной воды на ИВ 1 и ИВ 2

Table 2. Relative concentrations of initial water quality indicators for WI 1 and WI 2

Показатель качества Quality indices	Среднее многолетнее значение		ПДК МРС	Относительная концентрация	
	Average multi-year value			Relative concentration	
	ИВ 1 / WI 1	ИВ 2 / WI 2	ИВ 1 / WI 1	ИВ 2 / WI 2	
Запах при 20°C, баллы / Odour (at 20°C), points	2,05	1,77	2	1,02	0,89
Запах при 60°C, баллы / Odour (at 60°C), points	2,32	1,77	2	1,16	0,89
Привкус, баллы / Taste, points	2,06	1,77	2	1,03	0,89
Цветность, градусы / Chromaticity, degrees	22,78	20,97	20	1,14	1,05
Мутность, мг/дм ³ / Turbidity, mg/dm ³	2,47	3,40	1,5	1,65	2,27
Окисляемость перманганатная, мг/дм ³ / Permanganate oxidization, mg/dm ³	2,21	1,82	5	0,44	0,36
Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³	301,78	373,86	100 0	0,30	0,37
Жесткость общая моль/дм ³ / Total hardness, mol/dm ³	4,46	4,41	7	0,64	0,63
Нефтепродукты, мг/дм ³ / Oil products, mg/dm ³	0,02	0,03	0,1	0,19	0,26
ПАВ, мг/дм ³ / Surfactants, mg/dm ³	0,018	0,03	0,5	0,04	0,06

Фенольный индекс, мг/дм ³ Phenolic index, mg/dm ³	0,0017	0	0,25	0,01	0,01
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм ³ / Nitrates (NO ₃ ⁻), mg/dm ³	0,281	0,01	45	0,01	0,00
Железо общее, мг/дм ³ / Total iron, mg/dm ³	2,457	2,23	0,3	8,46	10,60
Хлориды (Cl ⁻), мг/дм ³ / Chlorides (Cl ⁻), mg/dm ³	8,23	18,11	350	0,02	0,05
Фториды (F ⁻), мг/дм ³ / Fluorides (F ⁻), mg/dm ³	0,251	0,30	1,5	0,17	0,20
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³ Sulphates (SO ₄ ²⁻), mg/dm ³	20,93	21,88	500	0,04	0,04
Цинк (Zn ²⁺), мг/дм ³ / Zinc (Zn ²⁺), mg/dm ³	0,014	0,04	5	0,00	0,01
Медь (Cu ²⁺), мг/дм ³ / Copper (Cu, total), mg/dm ³	0,008	0,04	1	0,01	0,04

Таблица 3. Относительные концентрации приоритетных показателей качества скважинных вод на ИВ 1 и ИВ 2
Table 3. Relative concentrations of priority initial water quality indicators for WI 1 and WI 2

Показатель качества Quality indices	Относительная концентрация Relative concentration			
	ИВ 1 / WI 1		ИВ 2 / WI 2	
	max	min	max	min
Запах при 20°C / Odour (at 20°C)	1,20	0,73	1,14	0,79
Запах при 60°C / Odour (at 60°C)	1,31	0,74	1,34	0,98
Привкус / Taste	1,19	0,73	1,19	0,82
Цветность / Chromaticity	1,55	0,84	1,40	0,73
Мутность / Turbidity	2,87	0,57	4,17	0,57
Железо общее / Total iron	16,54	4,00	16,14	3,27

Для выявления групп скважин ИВ 1 и ИВ 2, значения по приоритетным показателям в которых взаимосвязано, построены схемы взаимосвязи скважин по каждому из показателей (рис. 1). В последующем, происходило объединение схем в одну (рис. 2) по результатам корреляционно-регрессионного анализа для скважин по каждому из показателей и географической близости. Анализ матрицы парных корреляции концентрации по железу общему скважин ИВ 1 (табл. 4) свидетельствует

о том, что положительные корреляции отмечаются гораздо чаще, чем отрицательные (525 к 4). Наибольшее количество коэффициентов корреляции находилось в интервале 0,3-0,5 (умеренная связь по шкале Чеддока [5]). Высокая и весьма высокая связь (0,7-0,9 и 0,9-1, соответственно) отсутствует. Вероятно, это связано с тем, что на формирование качества скважинных вод влияет множество факторов. Стандартная ошибка коэффициентов корреляции в среднем составила 16%.

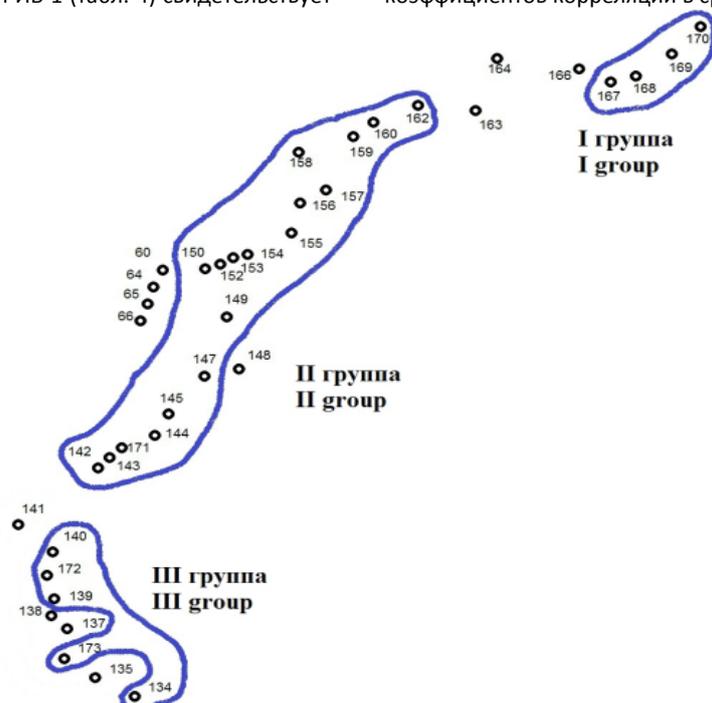


Рисунок 1. Группы скважин ИВ 1 взаимосвязанных по содержанию железа общего
Figure 1. Groups of wells of WI 1 interrelated by concentration of total iron

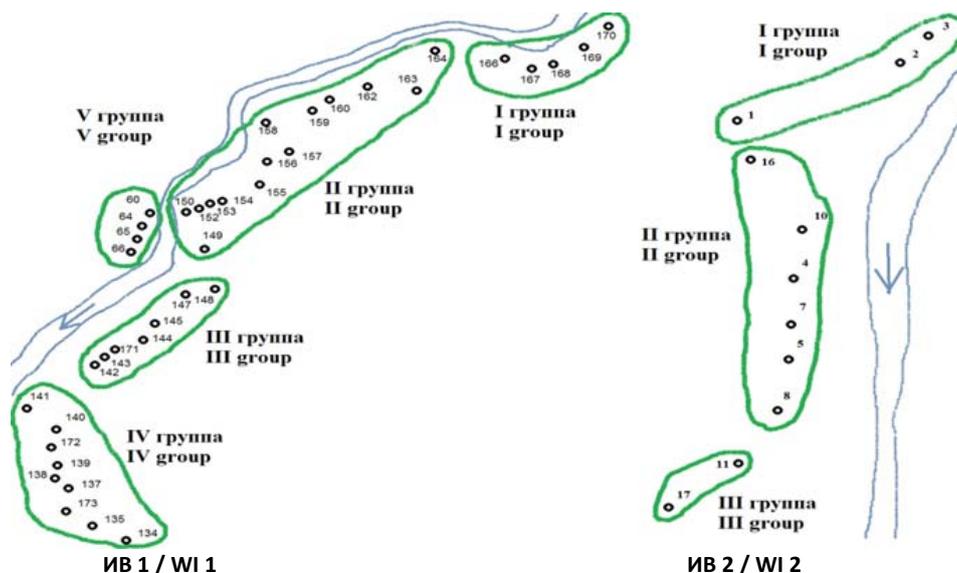


Рисунок 2. Группы скважин взаимосвязанных по приоритетным показателям
Figure 2. Groups of wells interconnected by priority indicators

Таблица 4. Фрагмент матрицы парных корреляций концентрации по железу общему скважин ИВ 1
Table 4. Fragment of matrix of pair correlation by total iron of wells of WI 1

№	Стд. Откл Standard deviation	Стд. Откл Standard deviation	r(X,Y)	r^2	t	p
134-156	-0,71	-0,31	-0,39	-0,41	-0,25	-0,4
134-157	-0,71	-0,24	-0,42	-0,44	-0,29	-0,44
134-158	-0,71	-0,29	-0,39	-0,41	-0,26	-0,4
134-159	-0,71	-0,34	-0,34	-0,37	-0,06	-0,39
134-160	-0,71	-0,34	-0,33	-0,36	-0,04	-0,38

Примечание: в таблице представлена следующая информация: стандартное отклонение, значение коэффициента корреляции r, значение коэффициента детерминации r², t – критерий, p – уровень значимости.
Note: the table provides the following information: standard deviation, value of the correlation coefficient r, coefficient of determination r², t – criterion, p – significance level.

Группы скважин ИВ 1, в которых прослеживается связь концентрации по железу общему, представлены на рисунке 2. В первой группе коэффициент корреляции для большинства связей находился в интервале 0,32±0,52, однако для связей между скважинами 169-168 и 169-170 составил 0,17 и 0,24, соответственно. Во второй группе большинство связей характеризуются коэффициентом корреляции находящимся в интервале 0,32±0,69. Из 153 коэффициентов корреляции скважин второй группы 67 раза отмечена слабая связь, 59 раз – умеренная, 27 раз – заметная. В третьей группе по 5 раз отмечена умеренная и заметная связи; коэффициент корреляции находился в интервале 0,35±0,62 и в среднем составил 0,48. По результатам корреляционного анализа на скважинах 135, 137, 66 прослеживается отрицательная связь практически со всеми скважинами, что может свидетельствовать об отличающихся от большинства скважин условий формирования показателя железа общее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате обработки результатов изменения показателей качества подземных вод на ИВ 1 и ИВ 2 установлено, что по запаху при 20°C, привкусу, мутности, фто-

ридам (F), меди (Cu²⁺), нефтепродуктам, фенольному индексу наблюдается тенденция к уменьшению значений показателей, а по запаху при 60°C, сухому остатку, хлоридам (Cl⁻), сульфатам (SO₄²⁻), жесткости общей, железу общему – к увеличению значений показателей. Тенденция в изменении показателей не отмечается по водородному показателю, окисляемости перманганатной, ПАВ. По цветности выявлена незначительная тенденция к увеличению показаний на ИВ 1, а на ИВ 2 – к уменьшению. По цинку (Zn²⁺), отмечается тенденция к уменьшению показаний на ИВ 1, а на ИВ 2 – к увеличению. По нитратам (NO₃⁻), отмечается отсутствие тенденции в изменении показаний на ИВ 1, а на ИВ 2 – тенденция к уменьшению.

В результате сравнения среднесезонных значений по показателям качества подземных вод установлено, что приоритетными показателями как для ИВ 1, так и для ИВ 2 являются: железо общее, запах при 20°C, запах при 60°C, мутность, привкус, цветность.

В результате расчетов матриц парных корреляций и выявления скважин, взаимосвязанных по каждому из приоритетных показателей, определены группы скважин, качество воды на которых взаимосвязано.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Благодарность: Издание осуществлено в рамках научно-исследовательской работы № 5.12863.2018/8.9 «Разработка системы идентификации и количественного анализа экологических рисков, возникающих при водоснабжении крупной городской агломерации».

ACKNOWLEDGMENT

The publication was carried out as part of the scientific research work No. 5.12863.2018/8.9 "Development of a System for the Identification and Quantitative Analysis of Environmental Risks Arising from the Water Supply of a Large Urban Agglomeration".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Музыкин В.П., Калинин М.Ю., Гамезо А.М., Судоргина З.В., Валькович А.А. Оценка экологического состояния подземных вод на территории г. Минска и в пределах его перспективной границы // Материалы 3-го Международного водного форума «Международное сотрудничество в решении водно-экологических проблем». Минск: Издательство: РУП «Минсктиппроект», 2008. 163 с.
- Карпук В.В. Состояние подземных вод и система мониторинга в Республике Беларусь // Материалы 3-го Международного водного форума «Международное сотрудничество в решении водно-экологических проблем». Минск: Издательство: РУП «Минсктиппроект», 2008. 36 с.
- Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод Приташкентского артезианского бассейна (Республики Узбекистан) // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. N 1. С. 127-136.
- Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1979. 254 с.
- Смирнова А.Я., Новикова Н.Н. Экологическая оценка подземных вод в связи с водоснабжением поселка Верхний Мамон Воронежской области // Вестник Воронежского университета. Геология. 2004. N 2. С. 172-177.
- Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. М.: Гидрометсоиздат, 1987. 248 с.
- Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984. 262 с.
- Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
- Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2004. 496 с.
- Онищенко Г.Г. Санитарно-эпидемиологическая безопасность питьевого водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 1999. N 4. 2 с.
- Вивенцова Е.А. Проблемы централизованного водоснабжения Санкт-Петербурга, связанные с использованием подземных вод // Евразийский союз ученых. 2015. Т. 14. N 5-7. С. 139.
- Скорнякова В.А., Эдельштейна К.К. Оценка ресурсов и качества поверхностных вод. М.: Изд-во МГУ, 1989. 197 с.
- Шмойлова Р.А. Общая теория статистики: Учебник. М.: Финансы и Статистика, 2002. 480 с.

- Щеголева С.А. Корреляционный анализ в статистическом контроле качества: методические указания. URL: <https://docplayer.ru/36640891-Korrelyacionnyy-analiz-v-statisticheskom-kontrole-kachestva.html> (дата обращения 19.01.2019)
- Якушев А.А., Горбатов С.А., Габдрахманова Н.Т. Многомерные статистические методы и нейросетевые модели в экономическом анализе. Уфа: Издательский центр «Башкирский территориальный институт профессиональных бухгалтеров», 2001. 266 с.

REFERENCES

- Muzykin V.P., Kalinin M.Yu., Gamezo A.M., Sudorgina Z.V., Val'kovich A.A. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya podzemnykh vod na territorii g. Minska i v predelakh yego perspektivnoy granitsy [Assessment of the ecological status of groundwater in the territory of Minsk and within its prospective boundary]. *Materialy 3-go Mezhdunarodnogo vodnogo foruma «Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo v reshenii vodno-ekologicheskikh problem»*, Minsk, 5-6 oktyabrya 2008 [Materials of the 3rd International Water Forum "International cooperation in solving water and environmental problems", Minsk 5-6 October 2008]. Minsk, 2008, 163 p. (In Russian)
- Karpuk V.V. Sostoyaniye podzemnykh vod i sistema monitoringa v Respublike Belarus' [Groundwater status and monitoring system in the Republic of Belarus]. *Materialy 3-go Mezhdunarodnogo vodnogo foruma «Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo v reshenii vodno-ekologicheskikh problem»*, Minsk, 5-6 oktyabrya 2008 [Materials of the 3rd International Water Forum "International cooperation in solving water and environmental problems", Minsk 5-6 October 2008]. Minsk, 2008, 36 p. (In Russian)
- Guseva N.V., Otakulova Yu.A. Geochemistry of underground waters of the Pritashkent artesian basin (Republic of Uzbekistan). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [News of Tomsk Polytechnic University]. 2014, vol. 325, no. 1, pp. 127-136. (In Russian)
- Bochever F.M., Lapshin N.N., Oradovskaya A.E. *Zashchita podzemnykh vod ot zagryazneniya* [Protection of groundwater from pollution]. Moscow, Nedra Publ., 1979, 254 p. (In Russian)
- Smirnova A.Ya., Novikova N.N. Ecological estimation of underground waters for watersupply of Verhny Mamon, Voronezh oblast. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologiya* [Proceedings of Voronezh University. Geology]. 2004, no. 2, pp. 172-177. (In Russian)
- Goldberg V.M. *Vzaimosvyaz' zagryazneniya podzemnykh vod i prirodnoy sredy* [The relationship of groundwater pollution and the environment]. Moscow, Gidrometsoizdat Publ., 1987. 248 p. (In Russian)
- Gol'dberg V.M., Gazda S. *Gidrogeologicheskiye osnovy okhrany podzemnykh vod ot zagryazneniya* [Hydrogeological basis for protection of groundwater from pollution]. Moscow, Nedra Publ., 1984, 262 p. (In Russian)
- Zektser I.S. *Podzemnyye vody kak komponent okruzhayushchey sredy* [Underground waters as a component of the environment]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2001, 328 p. (In Russian)
- Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. *Vodosnabzheniye. Proyektirovaniye sistem i sooruzheniy* [Water supply. Designing systems and facilities]. Moscow, ASV Publ., 2004. 496 p. (In Russian)

10. Onishchenko G.G. Sanitary and epidemiological safety of drinking water supply. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique]. 1999, no. 4, 2 p. (In Russian)
11. Vivencova E.A. Problems of centralized water supply in St. Petersburg, associated with the use of groundwater. *Evraziiskii soyuz uchenykh* [Eurasian Union of Scientists]. 2015, vol. 14, no. 5-7, 139 p. (In Russian)
12. Skorniyakova V.A., Edel'shtejna K.K. *Otsenka resursov i kachestva poverkhnostnykh vod* [Resource and surface water quality assessment]. Moscow, MSU Publ., 1989, 197 p. (In Russian)
13. Shmoilova R.A. *Obshchaya teoriya statistiki* [General Theory of Statistics]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 2002, 480 p. (In Russian)
14. Schegoleva S.A. *Korrelyatsionnyi analiz v statisticheskoy kontrole kachestva: metodicheskie ukazaniya* [Correlation analysis in statistical quality control: methodological guidelines]. Available at: <https://docplayer.ru/36640891-Korrelyatsionnyy-analiz-v-statisticheskoy-kontrole-kachestva.html> (accessed: 19.01.2019).
15. Yakushev A.A., Gorbatkov S.A., Gabdrakhmanova N.T. *Mnogomernyye statisticheskiye metody i neyrosetevyye modeli v ekonomicheskoy analize* [Multidimensional statistical methods and neural network models in economic analysis]. Ufa, «Bashkirskiy territorialnyy institut professionalnykh bukhgalterov» Publ., 2001, 266 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Дмитрий В. Макаров разработал концепцию исследования, собрал материал, провел анализы и проанализировал данные и написал рукопись. Евгений А. Кантор разработал научный дизайн. Наталья А. Красулина корректировала рукопись до подачи в редакцию. Зулфия З. Бережнова отвечает за перевод статьи на английский язык. Юлия Н. Савичева отвечает за публикацию статьи. Все авторы несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Dmitriy V. Makarov developed the study concept, collected the material, conducted tests, analyzed data and wrote the text. Evgeniy A. Kantor developed the scientific design. Natalya A. Krasulina corrected the manuscript prior to submission to the Editor. Zulfiya Z. Berezhnova drafted the English translation. Yuliya N. Savicheva is responsible for the publication of the article. All authors are responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 57.033:631.67.03
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-61-70

Агроэкологическая оценка эффективности орошения томата электролизованной водой

Сергей Я. Семененко, Михаил Н. Лытов , Алексей Н. Чушкин, Елена И. Чушкина

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Контактное лицо

Михаил Н. Лытов, лаборатория почво-защитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом Поволжского научно-исследовательского института эколого-мелиоративных технологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»; 400012 Россия, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21.
Тел. +79275141788
Email LytovMN@ya.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>

Формат цитирования: Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Агроэкологическая оценка эффективности орошения томата электролизованной водой // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14, N3. С. 61-70. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-61-70

Получена 28 февраля 2019 г.
Прошла рецензирование 2 апреля 2019 г.
Принята 8 апреля 2019 г.

Резюме

Цель исследований состоит в том, чтобы дать количественные оценки агроэкологического ответа растений и биопродуктивности сельскохозяйственных культур на орошение с применением технологии электрохимической водоподготовки.

Материал и методы. Исследования проводили на примере томата (*Solanum lycopersicum*, гибрид Пинк Парадайз F1) в культуре защищенного грунта. Территориально опытный участок расположен в сухостепной зоне светлокаштановых почв Нижневолжского региона (48°56'46" N 44°51'45" E). В качестве варьируемых факторов эксперимента приняты величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды и варианты комбинации использования электрохимически обработанной воды.

Результаты. Установлено, что преимущественное влияние на оцениваемые биометрические показатели оказывает величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды: коэффициент вариации показателей по этому фактору достигал 9,5-38,0%. Влияние способа применения электрохимически обработанной воды оценивается 4,12-10,24%, а в отношении нетто-ассимиляции существенность действия этого фактора статистически не доказана. Наибольшие оценки линейного роста – 2,21 м, максимальной площади листьев – 43,4 тыс. м²/га, накопленной биомассы – 13,39 т/га, фотосинтетического потенциала – 3617 тыс. м² дн./га и биологической урожайности томата – 140,0 т/га, получены при совокупном использовании для проведения вегетационных поливов и фертигации католита с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (-500) мВ.

Заключение. Исследованиями доказана статистическая значимость биометрического отклика растений томата на использование для проведения вегетационных и удобрительных поливов воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом.

Ключевые слова

биометрические реакции, орошение, электрохимическая водоподготовка, биологическая продуктивность, томаты.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Agroecological assessment of the effectiveness of irrigation of tomato using electrolyzed water

Sergey Ya. Semenenko, Mikhail N. Lytov , Aleksey N. Chushkin and Elena I. Chushkina

Federal Research Centre for Agroecology, Integrated Land Improvement and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Principal contact

Mikhail N. Lytov, Laboratory of Soil-protective Irrigation Technologies and Information Systems for Water Regime Management, Volga Scientific Research Institute of Ecological Reclamation Technologies, Federal Research Centre for Agroecology, Integrated Land Improvement and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences; 21 Trekhgornaya St, Volgograd, Russia 400012. Tel. +79275141788
Email LytovMN@ya.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>

How to cite this article

Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Agroecological assessment of the effectiveness of irrigation of tomato using electrolyzed water. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 61-70. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-61-70

Received 28 February 2019

Revised 2 April 2019

Accepted 8 April 2019

Abstract

Aim. The purpose of the research is to quantify the agroecological response of plants and the bio-productivity of crops to irrigation using electrochemical water treatment technology.

Material and Methods. The study was carried out using the tomato (*Solanum lycopersicum*, hybrid Pink Paradise F1) in a protected ground culture as an example. The experimental site is located in the dry-steppe zone of light chestnut soils of the Lower Volga region (48°56'46"N44°51'45"E). The magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of irrigation water and the options for combining the use of electrochemically treated water were taken as variable experimental factors.

Results. It was established that the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of irrigation water has a predominant effect on the estimated biometric indicators: the coefficient of variation of the indicators for this factor reached 9.5-38.0%. The influence of the method of using electrochemically treated water is estimated at 4.12-10.24%, but regarding net assimilation the significance of this factor is not statistically proven. The highest estimates of linear growth – 2.21 m, maximum leaf area – 43.4 thousand m²/ha, accumulated biomass – 13.39 t/ha, photosynthetic potential – 3617 thousand m² days/ha and tomato biological yield – 140.0 t/ha, obtained by the combined use of a catholyte for vegetation and fertilizer irrigation with an electrochemically initiated shift of the redox potential (-500) mV.

Conclusion. The studies have proved the statistical significance of the biometric response of tomato plants to the use of water with electrochemically altered redox potential for vegetation and fertilizer irrigation.

Key Words

biometric reactions, irrigation, electrochemical water treatment, biological productivity, tomatoes.

ВВЕДЕНИЕ

Условия среды произрастания являются определяющими факторами формирования генотипа растений и биоценотического состава растительного сообщества, составляющего территориальный фитоценоз. Термин агрофитоценоз в полной мере соответствует общепринятому определению фитоценоза как «всякая совокупность растений на данном участке территории, находящаяся в состоянии взаимозависимости и характеризующаяся как определенным составом и строением, так и определенными взаимоотношениями со средой» [1], а приставка агро- используется для акцентирования преобладания одной или нескольких сельскохозяйственных культур. Есть и другая особенность – если природный фитоценоз подразумевает относительно стабильную для данной территории сообщество растений, то в агрофитоценозе такая стабильность под вопросом и достигается проведением комплекса агротехнических мероприятий [2-5]. Биологические нормы реакции сельскохозяйственных культур на проводимые агротехнические мероприятия определяют уровень их конкурентных преимуществ и эффективность, собственно, самих мероприятий [6-10]. Количественная оценка биологических норм реакций сельскохозяйственных культур является важным этапом исследований, направленных на создание устойчивых и высокопродуктивных агрофитоценозов.

В значительной части регионов России действенным фактором эффективного возделывания сельскохозяйственных культур являются гидротехнические мелиорации [11; 12]. В условиях засухи орошение является преобладающим типом гидротехнических мелиораций. Орошение, как самостоятельный фактор – один из самых мощных регуляторов агроэкологических условий произрастания сельскохозяйственных растений [13-15]. Технология электрохимической водоподготовки, обеспечивая регулирование pH и окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды, позволяет не только увеличить интенсивность агротехнического воздействия, но и открывает новые возможности комплексного регулирования факторов жизни [16]. Биометрическое исследование агрофитоценозов, в этом плане, позволяет выявить пределы и особенности биологического воздействия осваиваемой технологии, изучить особенности морфологического развития растений, формирования общей и хозяйственной биопродуктивности. Цель исследований сводится к количественной оценке биометрических реакций растений и биопродуктивности сельскохозяйственных культур на орошение с применением технологии электрохимической водоподготовки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности использования известных агробиологических эффектов применения воды или водных растворов с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом [16-21] для решения задач повышения продуктивности посевов и эффективности оросительных мелиораций при капельном орошении сельскохозяйственных культур. Новейшие технические достижения в области сращивания технических систем капельного орошения и систем электрохимической водоподготовки позволяют реализовать высоко-

точные, управляемые технологии по выработке и перемещению электрохимически обработанной воды с заданными характеристиками непосредственно в прикорневую зону растений [22]. Наряду с этим в основу технологии использования воды с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала должны быть положены конкретные количественные оценки ожидаемых агробиологических эффектов.

Исследования проводились на примере хозяйственно значимой для орошаемого земледелия юга России культуры томатов (*Solanum lycopersicum*). В качестве оценочных критериев приняты биометрические характеристики растений и хозяйственная биопродуктивность посевов, формируемые под влиянием искусственно создаваемых условий в рамках программы полевого эксперимента. Создание таких условий определяется необходимостью решения, как минимум двух базовых технологических задач:

- необходимостью оценки эффективных уровней изменения окислительно-восстановительного потенциала водных сред при поливе томатов капельным способом;

- необходимостью оценки способов применения воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом при поливе томатов капельным способом.

Постановка исследований в таком ключе определила закладку двухфакторного полевого эксперимента, в рамках фактора А которого изучались следующие варианты: А1 – контроль, с использованием водных сред, не прошедших электрохимическую обработку; А2 – использование для полива водных сред с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, характеризующимся на выходе из капельного водовыпуска (-100) мВ; А3 – (-500) мВ; А4 – (+500) мВ; А5 – (+800) мВ. В рамках фактора В (технологический фактор) изучались следующие варианты: В1 – проведение увлажнительных (вегетационных) поливов природной электрохимически обработанной водой; В2 – проведение удобрительных (фертигация) поливов растворами минеральных удобрений, приготовленных на основе природной электрохимически обработанной воды; В3 – проведение увлажнительно-удобрительных поливов с поочередной подачей природной электрохимически обработанной воды и растворов минеральных удобрений, приготовленных на основе природной электрохимически обработанной воды.

Экспериментальная часть работы выполнена на базе КФХ «Толочко Ф.Ю.» и лаборатории ПНИИЭМТ – филиала ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН». Территориально опытный участок расположен в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижневолжского региона (48°56'46" N 44°51'45" E). Почвы опытного участка типичные, среднесуглинистые, с содержанием 1,2% гумуса в пахотном слое. Мелиоративное состояние почвы удовлетворительное, содержание натрия не превышает 1,2% от емкости поглощающего комплекса. Варианты опыта были заложены в индивидуальных тепличных блоках. Тепличные блоки представлены облегченными легковозводимыми конструкциями весенних пленочных теплиц с возможностью регулирования радиационного

режима на основе использования современных нетканых укрывных материалов.

Материалами исследований явились результаты эксперимента, реализованного в 2016, 2017 и 2018 гг. по первому (весенне-летнему) обороту томатов Пинк Парадайз F1. Гибрид районированный, ранее хорошо зарекомендовавший себя в хозяйстве, получил широкое распространение в производственных организациях региона.

В основу конструкций капельного орошения на опытном участке была положена используемая в хозяйстве система. Общая протяженность водоподводящих трубопроводов системы – 40 м, длина капельной линии – 50 м, капельные водовыпуски некомпенсированные производительностью 2,6 л/час. Комплекс водоподготовки на опытном участке выполнен по территориально разнесенной схеме, что предполагает установку модуля электрохимической обработки воды в качестве самостоятельного функционального узла.

Мониторинг показателей активности ионов водорода (рН) и окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды организован в форме систематических измерений на выходе из установки-электролизера, а также на капельных водовыпусках в начале, середине и конце поливного трубопровода. Для измерения показателей-характеристик электрохимически обработанной воды и приготовленных на ее основе растворов использовался профессиональный рН/ОВП метр с магнитной мешалкой АМТ 10.

Биометрические учеты в посевах проводили систематически с учетом фенологического развития томатов. В соответствии с требованиями общепринятых методик [23; 24] за начало новой фазы фенологического развития принимали ту дату, когда признаки-характеристики фазы наблюдались у 10% растений. Полное наступление фенологической фазы регистрировалось тогда, когда признаки-характеристики фазы наблюдались у 75% растений. Учетные делянки по площади опытного участка заложены в четырех повторениях [25]. Для накопления статистического материала, повышения точности эксперимента и полученных результатов линейные измерения проводили по 25 типичным растениям на каждой из опытных делянок. Учет площади листьев методом высечек [24; 26] и сухой биомассы проводили по одним и тем же биологическим образцам, сформированным из 15 типичных растений по каждому варианту. Определение суточных приростов органического вещества, нетто-ассимиляции и фотосинтетического потенциала посева проводили расчетным методом. В основу биометрического анализа результатов эксперимента положен метод дисперсионного анализа [27; 28].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка реакции томатов на изменение агроэкологических условий выращивания, связанных с применением вегетационных и удобрительных поливов воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, проводилась по ряду показателей статистической биометрии – динамических и аллометрических характеристик, дающих ясное представление об особенностях продукционного процесса. Анализ проводился с такими биометрическими оценками, как линейный рост томатов, максимальная площадь сфор-

мированного ассимиляционного аппарата, сухая биомасса посева, с динамической оценкой суточного накопления органического вещества, нетто-ассимиляции и фотосинтетического потенциала посева. Каждый из этих показателей имеет тесную корреляционную связь с урожайностью томатов в онтогенезе и характеризует определенные стороны продукционного процесса, важные с точки зрения формирования итогового результата.

Исследования показали, что наибольшие значения линейных отметок высоты растений у томатов формируются уже в период активного плодоношения. Результаты измерений, проведенных в этот период, отличались наибольшей вариабельностью значений по вариантам опыта. Общий диапазон варьирования данных по линейному росту растений, обусловленный особенностями развития томатов при использовании для полива воды, прошедшей электрохимическую водоподготовку, в опытах характеризовался диапазоном 1,77-2,21 м (табл. 1).

Средняя выборочная высота растений по всей совокупности вариантов опыта составила 1,93 м, что типично для используемого в опытах гибрида. Наибольшая вариабельность признака получена по фактору А, то есть в зависимости от величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. Стандартное отклонение средней высоты томатов по фактору достигало 0,44 м, а коэффициент вариации признака составил 22,8%. В значительно меньшей степени высота томатов изменялась в зависимости от способа применения электрохимически обработанной воды: коэффициент вариации не превышал 4,12%, что было сравнимо с коэффициентом вариации признака по взаимодействию факторов – 4,98%.

Анализ опытного материала показал, что взаимодействие факторов относительно рассматриваемого признака выражается в следующем: при использовании католита наибольшие эффекты получены в мероприятиях с фертигацией (с приготовлением водных растворов удобрений на основе электрохимически обработанной воды) и при совокупном использовании католита для поливов и фертигации. При использовании анолита наибольшим ростом отличались растения, где электрохимически обработанная вода использовалась только для проведения вегетационных поливов. Фертигация на основе анолита, напротив, оказала наиболее сдерживающее влияние на линейный рост томатов.

Листовая поверхность является одним из наиболее пластичных, варьируемых морфометрических показателей, а ее формирование тесно сопряжено с адаптивными функциями растений. Максимальные значения площади листьев томата формировались к 20-му дню плодоношения с общим диапазоном варьирования выборки 34,7-43,4 тыс. м²/га. Выборочная средняя площадь листьев по всей совокупности вариантов опыта составляет 38,4 тыс. м²/га, что выше максимальной площади листьев на контрольном варианте – 37,8 тыс. м²/га (табл. 1). Это свидетельствует об общем положительном эффекте применения воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Вариационная оценка результатов биометрических измерений подтвердила статистически значимое влияние факторов А и В, а также их

взаимодействия на развитие листового аппарата томатов. Выделенный коэффициент вариации площади листьев томата по фактору А составил 21,7%, по фактору В – 10,2%, по взаимодействию факторов – 7,2%. Это свидетельствует о преимущественном влиянии уровня электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды, но также подтверждает и значимость способа

использования подготовленной воды, а также указывает на необходимость учета взаимодействия факторов. Посевы с наибольшей площадью листьев, 43,4 тыс. м²/га, формировались при совокупном использовании католита с окислительно-восстановительным потенциалом (-500) мВ для проведения вегетационных поливов и фертигации.

Таблица 1. Статистические биометрические параметры ценоза томата при капельном орошении водой с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом (выборка 2016-2018 гг.)
Table 1. Statistical biometric parameters of tomato cenois under drip irrigation with water with electrochemically controlled redox potential (2016-2018)

Фактор А Factor A	Фактор В Factor B			Среднее Average	Статистика показателя Statistics					
	B1	B2	B3		Фактор Factor	Фактор Factor	Стандартное отклонение Standard deviation	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation	Отношение Дисперсий Ratio of dispersions	
Линейный рост, м Linear growth, m										
A1	1,87	1,87	1,87	1,87	A	0,44	22,81	213,9	<0,01	
A2	1,92	1,98	2,00	1,97						
A3	2,07	2,11	2,21	2,13						
A4	1,85	1,83	1,84	1,84						
A5	1,89	1,77	1,81	1,82						
Среднее Average	1,92	1,91	1,95	1,93	AB	0,1	4,98	10,2	<0,01	
HCP₀₅ LSD₀₅	A = 0,021				B = 0,016			AB = 0,026		
Площадь листьев, м²/га Leaf area, m ² /ha										
A1	37,8	37,8	37,8	37,8	A	8,33	21,68	225,2	<0,01	
A2	38,5	38,5	39,2	38,7						
A3	41,4	41,4	43,4	42,1						
A4	35,9	34,7	35,5	35,4						
A5	40,7	34,7	39,2	38,2						
Среднее Average	38,9	37,4	39,0	38,4	AB	2,77	7,22	25,1	<0,01	
HCP₀₅ LSD₀₅	A = 0,38				B = 0,30			AB = 0,66		
Сухая биомасса, т/га Dry biomass, t/ha										
A1	10,44	10,44	10,44	10,44	A	3,40	30,78	381,5	<0,01	
A2	10,81	11,02	11,29	11,04						
A3	12,27	12,56	13,39	12,74						
A4	10,42	10,30	10,36	10,36						
A5	11,36	9,95	10,68	10,66						
Среднее Average	11,06	10,85	11,23	11,05	AB	0,85	7,67	23,7	<0,01	
HCP₀₅ LSD₀₅	A = 0,12				B = 0,09			AB = 0,21		

Средняя выборочная по сухой биомассе томатов в опытах определилась на уровне 11,05 т/га и это на 0,61 т/га больше биомассы томатов на контроле, где поливы проводили природной оросительной водой. Стандартное отклонение значений накопленной биомассы по фактору А составило 3,4 т/га, а коэффициент выделенных вариаций по этому же фактору достигал 30,8%. Эти показатели в полной мере характеризуют существенную зависимость сформированной посевами биомассы от величины электрохимически иницииро-

ванного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. По фактору В, реализованному в способах применения прошедшей электрохимическую обработку оросительной воды, стандартное отклонение биомассы томата составило 0,85 т/га с коэффициентом вариации 7,7%. Численно равный эффект отмечен и по взаимодействию изучаемых факторов, которые проявлялись в эффективности одних способов применения католита и других способов по анолиту.

Динамические биометрические параметры наряду со статистическими позволяют оценить популяционную конкурентоспособность растений, продукционный потенциал генотипа и нормы реакции на изменения агроэкологических условий произрастания (табл. 2). Оценка вариабельности динамики суточного накопления сухой биомассы томатов показала преимущественное влияние величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного

потенциала оросительной воды. Величина стандартного отклонения средних суточных приростов сухой биомассы по этому фактору составила 15,47 кг/га в сут., а коэффициент вариации (16,4%) почти в три раза превышал уровень вариабельности, выделенной в рамках фактора В (6,2%). Коэффициент вариации значений среднесуточного накопления сухой биомассы, обусловленный взаимодействием факторов, составил 4,8%.

Таблица 2. Динамические биометрические параметры ценоза томата при капельном орошении водой с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом (выборка 2016-2018 гг.)

Table 2. Dynamic biometric parameters of tomato cenosis under drip irrigation with water with electrochemically controlled redox potential

Фактор А Factor A	Фактор В Factor B			Среднее Average	Фактор Factor	Статистика показателя Statistics			
	B1	B2	B3			Стандартное отклонение Standard deviation	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation	Отношение дисперсий Ratio of dispersions	Статистическая значимость Statistical significance
Суточное накопление органического вещества, кг/га / Daily accumulation of organic matter, kg/ha									
A1	90,9	90,9	90,9	90,9	A	15,47	16,44	163,50	<0,01
A2	93,3	94,2	95,7	94,4					
A3	100,0	100,8	104,0	101,6	B	5,82	6,18	23,1	<0,01
A4	91,4	89,5	90,8	90,6					
A5	97,2	88,0	94,5	93,2					
Среднее Average	94,6	92,7	95,2	94,1	AB	4,56	4,84	14,2	<0,01
Нетто-ассимиляция, г/м² в сут. / Net assimilation, g/m² per day									
A1	3,67	3,67	3,67	3,67	A	0,36	9,56	70,40	<0,01
A2	3,68	3,68	3,69	3,68					
A3	3,65	3,65	3,65	3,65	B	0,01	0,27	0,1	0,94
A4	3,87	3,85	3,86	3,86					
A5	3,85	3,87	3,83	3,85					
Среднее Average	3,74	3,74	3,74	3,74	AB	0,02	0,6	0,3	0,96
Фотосинтетический потенциал, тыс. м² дн./га / Photosynthetic potential, thousand m² days/ha									
A1	2799	2799	2799	2799	A	1105	38,01	822,00	<0,01
A2	2890	2945	3010	2948					
A3	3315	3396	3617	3443	B	227	7,81	34,7	<0,01
A4	2645	2628	2636	2636					
A5	2903	2525	2739	2722					
Среднее Average	2910	2859	2960	2910	AB	226	7,77	34,4	<0,01

Средние значения нетто-ассимиляции за вегетационный период томата изменялись по вариантам от 3,65 до 3,87 г/м² в сут. Вариационный анализ средних значений нетто-ассимиляции показал существенное, статистически доказанное влияние только одного из изучаемых фактора – величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. Соотношение дисперсий показателя по фактору и ошибки составило 70,4, тогда как для фактора В (способ применения электрохимически обработанной оросительной воды) и взаимодействия факторов оказалось меньше единицы. Коэффициент вариации нетто-ассимиляции по фактору А не превышал 9,56%. В отличие от динамики прочих биометрических показателей величина

нетто-ассимиляции имела выраженный тренд к снижению значений при использовании католита и увеличению при использовании для полива анолита.

Фотосинтетический потенциал оказался значительно более пластичной величиной, нежели нетто-ассимиляция томатов (табл. 2). Результаты вариационного анализа опытных данных подтвердили статистическую значимость влияния изучаемых факторов, а также их взаимодействия на уровне менее 0,01. Наибольшая вариабельность фотосинтетического потенциала томатов была отмечена по фактору А, характеризующего влияние величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. Коэффициент вариации показателя по этому фактору достигал

38,0%, а стандартное отклонение фотосинтетического потенциала составило 1105 тыс. м² дн./га. Коэффициент вариации фотосинтетического потенциала по фактору способа применения электрохимически обработанной оросительной воды составил 7,8%, а стандартное отклонение – 227 тыс. м² дн./га, что более чем в 4 раза меньше, чем по фактору А. Анализ опытного материала также показал существенное влияние взаимодействия факторов, характеризующееся коэффициентом вариации опытных значений фотосинтетического потенциала – 7,7%.

Суммарно за вегетационный период опытными посевами томата накапливалось 2525-3617 тыс. м² дн./га фотосинтетического потенциала, причем наибольшие из приведённого диапазона значения были получены в варианте, где электрохимически обработанная вода в форме католита (-500) мВ использовалась комплексно для проведения вегетационных поливов и фертигации.

Таким образом, биометрический отклик развития томатов на использовании при орошении воды с

электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом практически по всех оцениваемых показателях статистически значим и имеет существенное количественное выражение. Преимущественное влияние на оцениваемые биометрические показатели оказывает величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды, используемой для орошения и фертигации томатов. Наибольшие оценки линейного роста томата – 2,21 м, максимальной площади сформированного ассимиляционного аппарата – 43,4 тыс. м²/га, сухой биомассы – 13,39 т/га, суточных приростов органического вещества – 104 кг/га в сут. и фотосинтетического потенциала – 3617 тыс. м² дн./га, получены при комплексном использовании воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (-500) мВ для проведения вегетационных поливов и фертигации. Установлено, что этим же сочетанием факторов обеспечивается и формирование наибольшего хозяйственного урожая томатов (табл. 3).

Таблица 3. Биологическая урожайность томата при капельном орошении водой с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом, т/га

Table 3. Biological yield of tomatoes using drip irrigation with water with electrochemically controlled redox potential, t/ha

Фактор А Factor A	Фактор В Factor B	Урожайность, т/га Yield, t/ha			Средняя Average
		2016	2017	2018	
A1	B1-B3	109,8	103,8	114,8	109,5
A2	B1	115,2	109,3	118,1	114,2
A2	B2	116,9	110,0	120,4	115,8
A2	B3	119,3	113,9	122,7	118,6
A3	B1	129,9	126,9	134,5	130,4
A3	B2	132,4	129,8	136,4	132,9
A3	B3	140,5	133,1	146,5	140,0
A4	B1	112,4	107,4	115,2	111,7
A4	B2	105,2	103,9	114,5	107,9
A4	B3	111,2	107,1	114,3	110,9
A5	B1	117,2	115,7	126,3	119,7
A5	B2	106,1	104,5	110,1	106,9
A5	B3	113,9	109,5	118,7	114,0
НСР₀₅	A	2,78	2,52	3,38	3,11
LSD₀₅	B	2,15	1,95	2,62	2,41
	AB	4,81	4,36	5,86	5,39

Биологическая урожайность томатов при использовании католита (-500) мВ для проведения вегетационных и удобрительных поливов составила, в среднем, 140,0 т/га, с вариацией по годам исследований – от 133,1 до 146,5 т/га, что на 30,6 т/га или 27,9% больше, чем при использовании для полива и фертигации природной оросительной воды. Также заслуживает внимания вариант, где католит (-500) мВ используется только для проведения удобрительных поливов. Урожайность томатов здесь ниже максимальной и составляет, в среднем, 132,9 т/га. Однако электрохимическая водоподготовка требуется для несопоставимо меньшего объема оросительной воды. Это позволяет сэкономить на затрачиваемых ресурсах и получить приемлемый результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены вариационные характеристики и доказана

статистическая значимость биометрических реакций томата на применение для полива воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Установлено преимущественное значение величины электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала в формировании вариальности биометрических показателей, с формированием коэффициента вариации от 9,56% по выборке нетто-ассимиляции томатов до 38,0% по выборке фотосинтетического потенциала. Влияние способа применения электрохимически обработанной воды, представленного в опыте тремя технологическими направлениями (орошение, фертигация, комплексное использование для проведения вегетационных и удобрительных поливов), оценивается – 4,12-10,24%, а в отношении нетто-ассимиляции существенность действия этого фактора статистически не доказана. Отмечена существенность взаимодействия изучае-

мых факторов, которое физически выражается разнонаправленным вектором эффективности способов применения католита и анолита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сукачев В.Н. Избранные труды. Проблемы фитоценологии / под ред. Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1975. Т. 3. 543 с.
2. Shennan C. Biotic interactions, ecological knowledge and agriculture // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. V. 363. Iss. 1492. P. 717-739. Doi: 10.1098/rstb.2007.2180
3. Izaurralde R.C., Williams J.R., McGill W.B., Rosenberg N.J., Jakas M.C.Q. Simulating soil dynamics with epic: model description and testing against long-term data // *Ecological Modelling*. 2006. V. 192. Iss. 3-4. P. 362-384. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.07.010
4. Бойко А.П. Агроценоз как элемент антропогенеза почв: монография. Уссурийск: ФГОУ ВПО Приморская ГСХА, 2003. 114 с.
5. Тарханов О.В. Экология и агроценоз. Как превратить экосистему "Сельское хозяйство" в устойчивый базис государства // *Экология и жизнь*. 2011. N 2. С. 12-19.
6. Филатов Г.В., Шевченко В.Е., Верзилина Н.Д. Физиологическая генетика продукционных процессов сельскохозяйственных растений. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет, 2003. 249 с.
7. Murren C.J., Maclean H.J., Diamond S.E., Steiner U.K., Heskell M.A., Handelsman C.A., Ghalambor C.K., Auld J.R., Callahan H.S., Pfennig D.W., Relyea R.A., Schlichting C.D., Kingsolver J. Evolutionary change in continuous reaction norms // *The American Naturalist*. 2014. V. 183. Iss. 4. P. 453-467. Doi: 10.1086/675302
8. Vítolo H.F., Souza G.M., Silveira J.A.G. Cross-scale multivariate analysis of physiological responses to high temperature in two tropical crops with C₃ and C₄ metabolism // *Environmental and Experimental Botany*. 2012. V. 80. P. 54-62. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.02.002
9. Del Río LA ROS and RNS in plant physiology: an overview // *Journal of Experimental Botany*. 2015. V. 66. Iss. 10. P. 2827-2837. Doi: 10.1093/jxb/erv099
10. Маляровская В.И. Изменчивость морфометрических признаков у натурализовавшихся и культивируемых растений *Hydrangea macrophylla* Ser. в зависимости от экологических условий // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50, N 1. С. 92-98. Doi: 10.15389/agrobiol.2015.1.92rus
11. Айдаров И.П. Эколого-экономическая эффективность мелиораций сельхозугодий // *Экономика сельского хозяйства России*. 2011. N 9. С. 77-89.
12. Аверьянов С.Ф. Управление водным режимом мелиорируемых сельскохозяйственных земель: монография. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 542 с.
13. Man J., Shi Y., Yu Z., Zhang Y. Root growth, soil water variation, and grain yield response of winter wheat to supplemental irrigation // *Plant Production Science*. 2016. V. 19. Iss. 2. P. 193-205. Doi: 10.1080/1343943X.2015.1128097
14. Rinaldi M., He Z. Chapter Six - Decision Support Systems to Manage Irrigation in Agriculture // *Advances in Agronomy*. 2014. V. 123. P. 229-279. Doi: 10.1016/B978-0-12-420225-2.00006-6
15. da Silva C.R., Folegatti M.V., da Silva T.J.A., Alves Júnior J., Souza C.F., Ribeiro R.V. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation management in 'Tahiti' lime trees // *Scientia Agricola*. 2005. V. 62. N 5. P. 415-422. Doi: 10.1590/S0103-90162005000500001
16. Semenenko S., Lytov M., Borodychev V., Ivantsova E. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th*. 2015. P. 1055-1062.
17. Пасько О.А. Рост и развитие растений, стимулированных электрохимически активированной водой // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова*. 2010. N 3 (20). С. 54-59.
18. Егоров В.В., Кордонская М.А., Кондаков А.М. Зависимость скорости бимолекулярной реакции в активированной воде от концентрации и температуры // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2015. N 10. С. 65-67.
19. Судаченко В.Н., Маркова А.Е., Иванова И.И. Эффективность использования растворов минеральных удобрений на активированной воде в условиях защищенного грунта // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2003. N 74. С. 110-118.
20. Кожокару А.Ф., Кожокару Н.Л. Механизмы действия электрохимически активированных растворов и воды на скорость прорастания семян // *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2008. N 12. С. 27-40.
21. Александрова Э.А., Шрамко Г.А., Князева Т.В. Совершенствование технологии некорневой подкормки озимой пшеницы с применением электрохимически активированной воды // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2011. N 33. С. 69-72.
22. Семененко С.Я., Чушкин А.Н., Лытов М.Н., Чушкина Е.И. Проектирование систем капельного орошения с модулем электрохимической активации воды. Волгоград: ФНЦ «Агроэкологии РАН», 2018. 182 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1983. 351 с.
24. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.
25. Кузнецова Е.И., Алещенко М.Г., Закабунина Е.Н. Методы полевых, вегетационных и лизиметрических исследований в агрономии. Москва: ФГОУ ВПО РГАУ, 2010. 130 с.
26. Авдеев В.И. Современные методы биометрии в исследовании растений. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2015. 128 с.
27. Атраментова Л.А., Утевская О.М. Статистические методы в биологии. Горловка: «Видавництво Ліхтар», 2008. 248 с.
28. Rao G. Nageswara. Statistics for Agricultural Sciences. BS Publications, 2007. 466 p.

REFERENCES

1. Sukachev V.N. *Izbrannyye trudy. Problemy fitotsenologii* [Selected Works. Phytocenology problems]. Leningrad, Nauka Publ., 1975, vol. 3, 543 p. (In Russian)
2. Shennan C. Biotic interactions, ecological knowledge and agriculture. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, vol. 363, iss. 1492, pp. 717-739. Doi: 10.1098/rstb.2007.2180

3. Izaurralde R.C., Williams J.R., McGill W.B., Rosenberg N.J., Jakas M.C.Q. Simulating soil c dynamics with epic: model description and testing against long-term data. *Ecological Modelling*, 2006, vol. 192, iss. 3-4, pp. 362-384. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.07.010
4. Boyko A.P. *Agrotsenoz kak element antropogeneza pochv* [Agrocenosis as an element of soil anthropogenesis]. Ussuriisk, Primorskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya Publ., 2003, 114 p. (In Russian)
5. Tarkhanov O.V. Ecology and agrocenosis. How to transform the ecosystem "rural economy" into a stable basis of the country. *Ekologiya i zhizn'* [Ecology and Life]. 2011, no. 2, pp. 12-19. (In Russian)
6. Filatov G.V., Shevchenko V.E., Verzilina N.D. *Fiziologicheskaya genetika produktsionnykh protsessov sel'skokhozyaystvennykh rastenii* [Physiological genetics of production processes of agricultural plants]. Voronezh, VSAU Publ., 2003, 249 p. (In Russian)
7. Murren C.J., Maclean H.J., Diamond S.E., Steiner U.K., Heskell M.A., Handelsman C.A., Ghalambor C.K., Auld J.R., Callahan H.S., Pfennig D.W., Relyea R.A., Schlichting C.D., Kingsolver J. Evolutionary change in continuous reaction norms. *The American Naturalist*, 2014, vol. 183, iss. 4, pp. 453-467. Doi: 10.1086/675302
8. Vitolo H.F., Souza G.M., Silveira J.A.G. Cross-scale multivariate analysis of physiological responses to high temperature in two tropical crops with C₃ and C₄ metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, 2012, vol. 80, pp. 54-62. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.02.002
9. Del Río LA ROS and RNS in plant physiology: an overview. *Journal of Experimental Botany*, 2015, vol. 66, iss. 10, pp. 2827-2837. Doi: 10.1093/jxb/erv099
10. Malyarovskaya V.I. Variability of morphometric parameters in naturalized and cultivated *Hydrangea macrophylla* Ser. plants under different environmental conditions. *Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 1, pp. 92-98. (In Russian) Doi: 10.15389/agrobiology.2015.1.92rus
11. Aydarov I.P. Ecological and economic efficiency of farmland reclamation. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii* [Economics of Agriculture of Russia]. 2011, no. 9, pp. 77-89. (In Russian)
12. Aver'yanov S.F. *Upravleniye vodnym rezhimom melioruyemykh sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Water management of reclaimed agricultural land]. Moscow, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 2015, 542 p. (In Russian)
13. Man J., Shi Y., Yu Z., Zhang Y. Root growth, soil water variation, and grain yield response of winter wheat to supplemental irrigation. *Plant Production Science*, 2016, vol. 19, iss. 2, pp. 193-205. Doi: 10.1080/1343943X.2015.1128097
14. Rinaldi M., He Z. Chapter Six - Decision Support Systems to Manage Irrigation in Agriculture. *Advances in Agronomy*, 2014, vol. 123, pp. 229-279. Doi: 10.1016/B978-0-12-420225-2.00006-6
15. da Silva C.R., Folegatti M.V., da Silva T.J.A., Alves Júnior J., Souza C.F., Ribeiro R.V. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation management in 'Tahiti' lime trees. *Scientia Agricola*, 2005, vol. 62, no. 5, pp. 415-422. Doi: 10.1590/S0103-90162005000500001
16. Semenenko S., Lytov M., Borodychev V., Ivantsova E. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th, 2015, pp. 1055-1062.
17. Pasko O. Growth and development of plants, stimulated electrochemically activated water. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni V.R. Filippova* [Bulletin of Buryat State Academy of Agriculture]. 2010, no. 3 (20), pp. 54-59. (In Russian)
18. Egorov V.V., Kordonskaya M.A., Kondakov A.M. The dependence of bimolecular reaction in activated water on concentration and temperature. *Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya* [Veterinary, zoo and biotechnology]. 2015, no. 10, pp. 65-67. (In Russian)
19. Sudachenko V.N., Markova A.E., Ivanova I.I. [Efficiency of use of mineral fertilizer solutions on activated water in protected ground conditions]. In: *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant and animal production]. 2003, no. 74, pp. 110-118. (In Russian)
20. Cojocar A.F., Cojocar N.L. Mechanisms of Action of Electrochemically Activated Solutions and Water on the Germination Rate of Seeds. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical Radioelectronics]. 2008, no. 12, pp. 27-40. (In Russian)
21. Aleksandrova E.A., Shramko G.A., Knyazeva T.V. Improvement of foliar feeding of winter wheat using electrochemically activated water. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2011, no. 33, pp. 69-72. (In Russian)
22. Semenenko S.Ya. Chushkin A.N., Lytov M.N., Chushkina E.I. *Proyektirovaniye sistem kapel'nogo orosheniya s modulem elektrokhimicheskoy aktivatsii vody* [Design of drip irrigation systems with water electrochemical activation module]. Volgograd, Agroecology of RAS Publ., 2018, 182 p. (In Russian)
23. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field experience]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1983, 351 p. (In Russian)
24. Litvinov S.S. *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* [Methods of field experience in vegetable growing]. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Horticulture Publ., 2011, 648 p. (In Russian)
25. Kuznetsova E.I., Aleshchenko M.G., Zakabunina E.N. *Metody polevykh, vegetatsionnykh i lizimetriceskikh issledovaniy v agronomii* [Methods of field, vegetation and lysimetric studies in agronomy]. Moscow, Russian Agrarian Correspondence University Publ., 2010, 130 p. (In Russian)
26. Avdeev V.I. *Sovremennyye metody biometrii v issledovanii rasteniy* [Modern methods of biometrics in the study of plants]. Orenburg, Orenburg state agrarian university Publ., 2015, 128 p. (In Russian)
27. Atramentova LA, Utevskaia OM. *Statisticheskiye metody v biologii* [Statistical methods in biology]. Gorlovka, «Vidavnitstvo Likhtar» Publ., 2008, 248 p. (In Russian)
28. Rao G. Nageswara. *Statistics for Agricultural Sciences*. BS Publications, 2007, 466 p.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей Я. Семененко, Михаил Н. Лытов, Алексей Н. Чушкин, Елена И. Чушкина получили и проанализировали экспериментальные данные, написали рукопись и представили фактический материал.
Все авторы несут ответственность за обнаружение плагиата и самоплагиата.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sergey Ya. Semenenko, Mikhail N. Lytov, Aleksey N. Chushkin and Elena I. Chushkina gathered and analyzed experimental data, provided factual material and wrote the text.
All authors are equally responsible for detecting plagiarism and self-plagiarism and for other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 636.3.033
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-71-81

Адаптационные особенности овец эдильбаевской породы, выращенных в агроэкологических условиях засушливых территорий Юга России

Иван Ф. Горлов^{1,2}, Гилян В. Федотова^{1,2} , Марина И. Сложенкина^{1,2}, Наталья И. Мосолова¹, Ерагый И. Гишларкаев¹, Тарам А. Магомадов³, Юсупжан А. Юлдашбаев³, Дарья А. Мосолова⁴

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

³Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

⁴Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Контактное лицо

Гилян В. Федотова, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»; 400066, Россия, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6. Тел. +78442391048; кафедра «Менеджмент, финансы производственных систем и технологического предпринимательства», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»; 400066, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28. Тел. +78442248447
Email g_evgeeva@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2066-8628>

Формат цитирования

Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Гишларкаев Е.И., Магомадов Т.А., Юлдашбаев Ю.А., Мосолова Д.А. Адаптационные особенности овец эдильбаевской породы, выращенных в агроэкологических условиях засушливых территорий Юга России // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.71-81. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-71-81

Получена 18 марта 2019 г.
Прошла рецензирование 14 мая 2019 г.
Принята 25 мая 2019 г.

Резюме

Цель: изучить особенности формирования адаптационной способности, мясной продуктивности и качественных показателей баранины, полученной от овец эдильбаевской породы разных генотипов в аридных условиях Заволжья.

Материал и методы. Разработан пакет методических материалов, обеспечивающих повышение продуктивных качеств разных генотипов исследуемой породы мелкого рогатого скота в условиях засушливых территорий Юга России.

Результаты. Авторами доказаны высокие адаптационные способности животных эдильбаевской породы овец, их хозяйственно-биологические качества, пищевые и вкусовые показатели полученного мясного сырья, возможности дальнейшего развития породы в условиях аридных территорий Юга Российской Федерации. В качестве базы исследования нами выбрано племенное хозяйство ООО «Волгоград-Эдильбай» (единственный в мире селекционно-генетический центр по разведению овец эдильбаевской породы), расположенное в Волгоградской области, специализирующееся на разведении чистопородных животных в условиях засушливых степных, полупустынных, пустынных зон. В связи с большим спросом на поголовье этой породы хозяйств, расположенных на аридных территориях, изучение в сравнительном аспекте продуктивных особенностей животных исходного и нового типов в засушливых условиях Заволжья представляет собой интерес для науки и практики.

Заключение. Проведенная оценка питательной ценности баранины, полученной от животных эдильбаевской породы, доказала высокие пищевые и биологические качества баранины.

Ключевые слова

овцеводство, эдильбаевская порода овец, баранчики, баранина, естественные пастбища, аридные территории, генотип, убойные показатели.

Adaptation features of sheep of the Edilbaev breed reared in the agroecological conditions of the arid zones of Southern Russia

Ivan F. Gorlov^{1,2}, Gilyan V. Fedotova^{1,2} , Marina I. Slozhenkina^{1,2}, Natalya I. Mosolova¹, Yaragi I. Gishlarkaev¹, Taram A. Magomadov³, Yusupzhan A. Yuldashbaev³ and Darya A. Mosolova⁴

¹Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazeva Moscow State Agricultural Academy, Moscow, Russia

⁴G.V. Plekhanov Russian Economic University, Moscow, Russia

Principal contact

Gilian V. Fedotova, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products; 6 Rokossovskogo St, Volgograd, Russia 400066.

Tel. +78442391048;

Department of Management and Finance of Production Systems and Technological Entrepreneurship, Volgograd State Technical University; 28 Lenin Prospect, Volgograd, Russia 400066.

Tel. +78442248447

Email g_evgeeva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2066-8628>

How to cite this article

Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Gishlarkaev Ya.I., Magomadov T.A., Yuldashbaev Yu.A., Mosolova D.A. Adaptation features of sheep of the Edilbaev breed reared in the agroecological conditions of the arid zones of Southern Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 71-81. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-71-81

Received 18 March 2019

Revised 14 May 2019

Accepted 25 May 2019

Abstract

Aim. The aim of the research was to study the features of formation of adaptive ability, meat productivity and quality indicators of mutton obtained in the arid conditions of the Volga region from sheep of the Edilbaev breed of different genotypes.

Material and Methods. A package of teaching materials has been developed concerning an increase in the productive qualities of different genotypes of the studied breed in the conditions of arid regions of southern Russia.

Results. The authors' research has demonstrated the high adaptive abilities of animals of the Edilbaev breed, their economic and biological qualities, food and taste indicators of their meat, as well as the possibility of further development of the breed in the arid conditions of southern Russia. As a research base, we selected the Volgograd-Edilbay LLC breeding farm (the world's only breeding and genetic center for raising Edilbaev sheep) which is located in the Volgograd region and specializes in breeding pure-bred animals in arid steppe, semi-desert and desert zones. Due to the great demand for the livestock of this breed from farms located in arid territories, this study of the comparative aspects of production characteristics of animals of original and new types in the arid conditions of the Volga region is of interest to both science and practical animal husbandry.

Conclusion. An assessment of the nutritional value of mutton obtained from animals of the Edilbaev breed has shown its high nutritional and biological qualities.

Key Words

sheep breeding, Edilbaev sheep breed, rams, lamb, natural pastures, arid territories, genotype, slaughter indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности развития животноводства на аридных территориях Юга России в современных условиях обусловлены наметившейся положительной динамикой развития отрасли животноводства в целом по стране. В данной статье уделено внимание развитию такой традиционной для Юга России отрасли животноводства как овцеводство.

Отечественное овцеводство за последние десятилетия с момента перехода от плановой экономики к рыночному хозяйству претерпело большие перемены. Прежде всего, это значительная утрата всех накопленных в период союзного государства ресурсов, в том числе и отечественных пород животных, значительное снижение потребления мяса населением страны, растущий скачок цен на продукты животноводства, падение доходов основной массы россиян [1]. Положительный вектор подкомплекс стал демонстрировать с начала 2000-х годов, когда Правительство РФ обратило внимание на происходящие в отрасли депрессивные процессы, резкое сокращение и банкротство сельскохозяйственных организаций, отток молодых кадров из сельской местности в города. С целью преодоления негативных тенденций в сельскохозяйственных регионах, специализирующихся на овцеводстве, были разработаны и утверждены различные меры государственной поддержки сельского предпринимательства, субсидирование создания крестьянских фермерских хозяйств, финансирование племенного животноводства.

Большой интерес в последнее время вызывает альтернативное животноводство в свете реализации существующих нормативных документов, где предусматривается развитие и овцеводческой отрасли [2]. Овцеводство широко распространено в различных регионах России, но больше всего в засушливых природно-климатических условиях, заселенными национальностями, в традиционной кухне которых преимущественно преобладают блюда из баранины. Высокая рентабельность и быстрый рост данного вида мелкого рогатого скота дает возможность инвестировать в эту отрасль ре-

сурсы, быстро преумножая их и получая достаточно высокий доход [3].

В современных условиях хозяйствования наибольший интерес для государства и бизнеса представляют отрасли животноводства, которые позволяют получать доход за максимально короткий срок. Одной из таких отраслей является овцеводство, прежде всего мясной направленности. Рост популярности овцеводства в России за два последние десятилетия продиктован достаточно быстрым оборотным циклом для животноводства, высокой питательной ценностью баранины, овечьего молока, дополнительным сырьем для кожевенной, текстильной отраслей.

Современные селекционные работы позволили создать новые породы овец, обладающие скороспелостью, оптимальной товарной продуктивностью, высокой адаптационной способностью в условиях аридных территорий России. Подобные породы начинают занимать доминирующее положение в овцеводческих хозяйствах, которые, как правило, сосредоточены в степных, полупустынных территориях РФ. Именно в таких условиях содержание овец обеспечивает их высокую способность накапливать жиры в межклеточных прослойках и формировать мраморное мясо, обладающее уникальными вкусовыми качествами. Одной из таких пород является эдильбаевская, поголовье которой в России составляет более 500 тыс. голов.

В настоящее время работает и реализуется Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, в которой необходимость развития овцеводства и роста производства баранины отмечено отдельным подразделом. В рамках данной программы было запланировано постепенное увеличение маточного поголовья овец и коз в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей (рис. 1).

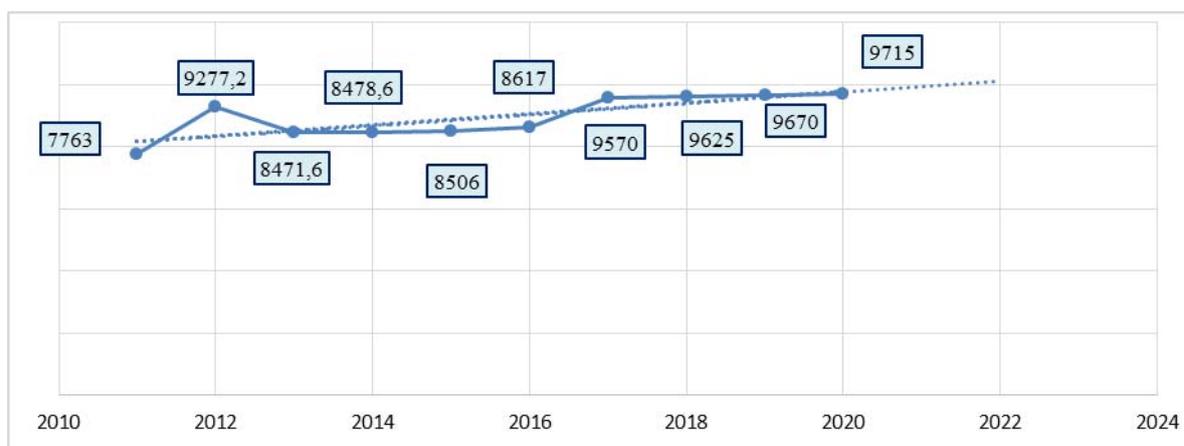


Рисунок 1. Динамика маточного поголовья овец и коз в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, тыс. голов [2]

Figure 1. Dynamics of breeding stock of sheep and goats in the framework of the state programme for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013-2020, per thousand head [2]

На рисунке 1 представлена динамика роста маточного поголовья овец и коз в хозяйствах всех категорий. Благодаря работе государственной программы, поголовье мелкого рогатого скота в России в последние годы увеличивается. Постепенно растет количество овец в подсобных хозяйствах, и появляются все большее количество индивидуальных фермерских предприятий, особенно в таких южных регионах, как республики Дагестан и Кал-

мыкия, а также Волгоградская область [4]. Наличие фермерских хозяйств дает возможность населению данных регионов работать дома, производить животноводческую продукцию и поставлять ее на внутренний продовольственный рынок. Благодаря субсидированию фермерства в регионах поголовье мелкого рогатого скота в хозяйствах растет на протяжении нескольких лет и имеет стабильную положительную динамику (рис. 2).

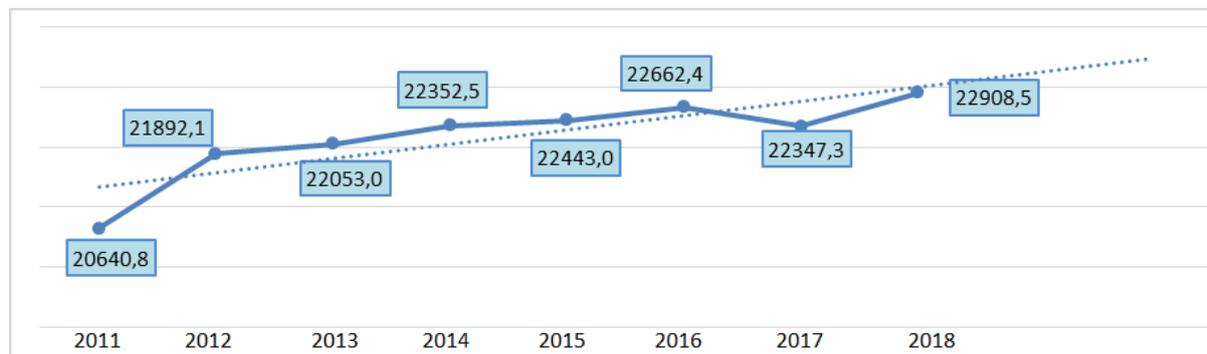


Рисунок 2. Динамика поголовья овец в России по данным Федеральной службы государственной статистики, тыс. голов [5]
Figure 2. Dynamics of sheep stock in Russia according to Federal State Statistics Service, per thousand head [5]

На рисунке 2 видим, что поголовье овец России, согласно статистическим данным, растет неуклонно из года в год. На начало 2019 года численность овец составляла 22908,5 тыс. голов. Можно заметить, что сравнение с индикаторами численности Государственной программы демонстрирует превышение запланированных показателей численности скота как минимум в 2,5 раза. Такие успехи были получены благодаря включению овцеводства в приоритетный национальный проект развития АПК РФ 2006-2007 гг., Госпрограмму развития сельского хозяйства на 2008-2012 годы, в действующую Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, в отраслевую целевую программу «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012-2014 гг. и на плановый период до 2020 года» [5].

Другой задачей развития отрасли является необходимость качественного улучшения и приумножения поголовья овец, то есть сохранять и рационально развивать породный генофонд в отечественном овцеводстве, прежде всего таких пород овец, которые наиболее приспособлены к выращиванию в условиях пустынных, полупустынных, степных естественных пастбищ. Овцеводство необходимо развивать на аридных территориях, так как они ориентированы на развитие только животноводческой отрасли, которая нацелена на разведение мелкого рогатого скота, адаптированного к скудным травостоям данных территорий. Более того содержание овец на подобных территориях привело к естественной селекции и выделению адаптационных признаков в определенных породах, такой как эдильбаевская, которая в последние годы получает все большее распространение на территории Волгоградской области и других регионов.

В рамках проведенного исследования нами был изучен ботанический состав и фитоценоз естественных пастбищ Заволжья, на которых осуществляется выпас и содержание овец эдильбаевской породы в условиях

племенного хозяйства ООО «Волгоград-Эдильбай». Особенности местности хозяйства обусловлены высокой аридизацией территорий, с резким континентальным климатом, недостатком зеленой массы в летний период, поэтому животные, не приспособленные к подобным условиям содержания, не смогут разводиться в данном предприятии. Поэтому хозяйство преимущественно специализируется на эдильбаевской породе, родиной которой является Казахстан с еще более суровым климатом, чем степные регионы России [6].

Овцы эдильбаевской породы имеют черную либо рыжую масть, отличаются правильным телосложением. Животные данной породы характеризуются комолостью, т.е. не имеют рогов. Эдильбаевская порода овец является курдючной породой, особой ценностью которой является курдюк (жировые отложения в области хвоста), который высоко ценится в кулинарии, а также может использоваться в технологиях мясных изделий. Взрослые бараны-производители при пастбищном содержании могут достигать 120 кг, лучшие – до 140 кг; матки – до 95 кг. При интенсивном откорме вес доходит до 170 кг. Выход мяса при убойе баранов, выращенных в условиях пастбищного содержания, колеблется в пределах 45-50%, а при откорме – может доходить до 63%. В годовалом возрасте отдельные бараны при откорме способны достигать живой массы 100 кг. Вес курдюка составляет в зависимости от степени упитанности 7-15% от массы взрослого животного. Еще одним ценным качеством, которым обладают животные эдильбаевской породы, можно отнести молоко, обладающее высокой жирностью, из которого делают особую кисломолочную продукцию, а именно сыры «примчика» и «курта», айран.

Данная порода достаточно перспективна, так как обладает хорошей выносливостью, высокой скороспелостью, неприхотливостью в корме, дает качественное мясо и устойчиво передает потомству свои хозяйственные признаки, даже при межпородном скрещивании.

В последние годы в ООО «Волгоград-Эдильбай» интенсивно проводится селекционно-племенная работа по выведению нового типа овец эдильбаевской породы, наиболее приспособленного к засушливым условиям Юга России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказана актуальность комплексного исследования технологии производства баранины в условиях естественного пастбищного выпаса, особенно на аридных территориях.

Для проведения научно-исследовательской работы были сформированы две группы подопытных баранчиков эдильбаевской породы по принципу пар-аналогов с учетом возраста, живой массы, породности по 15 голов в каждой. Подопытные группы отличались тем, что в первую группу отбирались баранчики исходного типа (контрольная группа), а во вторую – аналоги нового типа (опытная группа).

Живую массу подопытных животных оценивали ежемесячно, путем индивидуального взвешивания каждого животного.

Изучение убойных показателей осуществляли на основании контрольного убоя 5 подопытных животных из каждой группы согласно «Методика оценки мясной продуктивности овец» ГНУ СНИИЖК (2009) [7] и ГОСТ 31777-2012 [8].

Контроль за физиологическим состоянием осуществляли путём взятия крови у 5 подопытных баранчиков из каждой группы. Кровь отбирали из яремной вены. В отобранных пробах крови устанавливали содержание эритроцитов и лейкоцитов – в камере Горяева, гемоглобина – по Сали. Показатели уровня естественной резистентности – по оценке поглотительной и переваривающей способности нейтрофилов и оценке фагоцитоза.

Контрольный убой животных был произведен на убойном пункте предприятия. Оценка биологической ценности мяса проводилась по методике академика Липатова Н.Н. (мл.) [9]. Содержание аминокислот в образцах баранины определяли с использованием аминокислотного анализатора «Agasus» в лаборатории Волгоградского государственного технологического университета.

Содержание макро- и микроэлементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с использованием квадрупольного масс-спектрометра Nexion 300 D (США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 200 DV (США).

Обработка материалов исследований проводилась методами графического, статистического анализа, а также с использованием пакета программ «Microsoft Office». В работе использованы общепринятые стандартизованные методы анализа исследуемых объектов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для успешного ведения овцеводства необходимо провести анализ агроэкологических условий для разведения животных, изучить влияние внешних факторов на качество получаемого мясного сырья, оценить питательную ценность естественных пастбищ [10].

Государство наметило следующие основные задачи развития кормовой базы: проведение мониторин-

га существующих кормовых ресурсов по регионам, разработка адаптивных систем кормления животных, повышение продуктивного действия применяемых кормов, создание специализированных севооборотов, адаптированных к местным природно-климатическим условиям.

Безусловно важным фактором производства продукции овцеводства является – кормовая база, которая должна оптимально сочетать полевое и лугопастбищное производство кормов. В рамках племенного хозяйства ООО «Волгоград-Эдильбай» процесс заготовки кормов основан на полевом кормопроизводстве, урожайность которого резко дифференцирована в зависимости от природно-климатических условий.

Территория Волгоградского Заволжья характеризуется следующим видовым составом травостоя: кохия, марь белая, ледвинец рогатый, чина луговая, люцерна, астрагал, осот ромашка лекарственная, пажитник и многие другие. Представленные растения, в различные их периоды вегетации, довольно охотно поедаются овцами.

Геоботанический анализ флористического состава естественных пастбищ показал сравнительно небольшое число поедаемых видов (10-20 видов трав). Проведенная оценка кормовой базы местности показала, что пастбища характеризуются преимущественно травами злаковых, типчаково-пыльняных и ковыльных типов, на территориях лиманного орошения луговыми травами.

Растительный покров в период засухи и жаркого лета (июль-август) по большей части выгорает и представляет для травоядных животных низкую кормовую ценность. Это самые сложные периоды для пастбищного выпаса, когда животные испытывают недостаток в кормах и теряют живую массу, поэтому помимо выпаса необходимо подкармливать стадо или создавать пастбища с сочным жаростойким травостоем [11-13].

Весенние выпасы стада необходимо проводить на пастбищах, которые обладают ранними зелеными кормами. В мае, как правило, растут травы семейства маревых – кохия стелющаяся и марь белая; семейства бобовых – люцерна хмелевидная, чина луговая, лядвинец рогатый, пажитник крупноцветный; из семейства мятликовых – ковыль Лессинга; из семейства типчаковых – овсяница бороздчатая; из семейства подорожниковых – подорожник ланцетолистный. Перечисленные основные травы формируют достаточно разнообразную и питательную кормовую базу на период весны и начала лета для выпасных животных [13].

Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся травы естественных пастбищ Заволжья.

Прежде всего представляет интерес – кохия. Это однолетняя трава с прямым ветвистым стеблем, мелкими листьями, цветущая в июне. Отличительной особенностью растения можно считать способность произрастать в условиях недостатка влаги, на некультурных почвах и даже на солончаках. Благодаря такой исключительной неприхотливости, а также наличию в зелёной массе высокого содержания протеина некоторые многолетние кохии считаются ценными пастбищными культурами. Они дают качественное, содержащее высокое содержание протеина, более чем на 60% состоящее из листьев сено и при этом способны длительно вегетировать в сложных климатических условиях, перенося не

только засуху, но и морозные бесснежные зимы. Кроме того, многочисленные семена кохий легко рассеиваются ветром и быстро прорастают, что позволяет использовать культуру для быстрого восстановления пастбищных угодий, рекультивации земель, пострадавших от пожаров и ветровых эрозий.

Марь белая – хорошее кормовое растение. В ней содержится 3,2% протеина, 0,7% жиров, 5% углеводов и много других полезных компонентов. Молодые листья, семена богаты крахмалом и очень питательны.

Лядвинец рогатый – многолетняя бобовая культура. В последнее время луговоды по достоинству оценили потенциал этой травы. Устойчив к вытаптыванию. Отличается своей зимостойкостью и высокой скоростью отрастания. Из лядвинца получается очень питательное сено с высоким содержанием протеина. Нетребователен к почвам, в том числе хорошо переносит кислые почвы, и в целом отличается устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям. Хорошо переносит длительное затопление, что делает его наиболее желательным компонентом для травосмесей для заливных лугов. Выдерживает затопление до 35 дней.

Чина луговая – многолетнее травянистое растение из семейства бобовых с длинным ползучим ветвистым корневищем, от которого отходят придаточные корни и надземные побеги. Это прекрасное кормовое

растение, охотно поедаемое скотом как на пастбищах, так и в сене. Ее травяная масса весьма питательна. В зеленой траве растения содержатся: аскорбиновая кислота (в листьях – до 800 мг%, в цветах – до 700мг%); каротин (10-22%), протеин (17-28%), сапонины, горечи, алкалоиды.

Люцерна – популярная многолетняя кормовая культура. Кормовая ценность этой бобовой травы очень высокая: в 1 кг люцернового сена содержится 0,48 кормовых единиц и 103 г перевариваемого протеина. По питательности 2 кг такого сена можно приравнять к 1 кг овса. Содержание протеина в зеленой массе люцерны во время скашивания в фазе стеблевания составляет 21-22%, бутонизации – 18-19%, цветения 15-17%, клетчатки в ней – соответственно 25;34 и 39% на сухое вещество.

За последние 3 десятилетия (начиная с 1990-х годов по наст. время) общий запас трав снизился, примерно с 4,6 га/ц до 2,1 ц/га в пересчете на сухую поедаемую массу. С ростом поголовья скота на частных подворьях наблюдается бессистемный выпас скота, особенно в приближенных территориях к населенным пунктам, к водопоям, то есть происходит процесс деградации пастбищ. Особенности и кормовой запас различных ассоциаций пастбищного травостоя представлены на рис. 3.

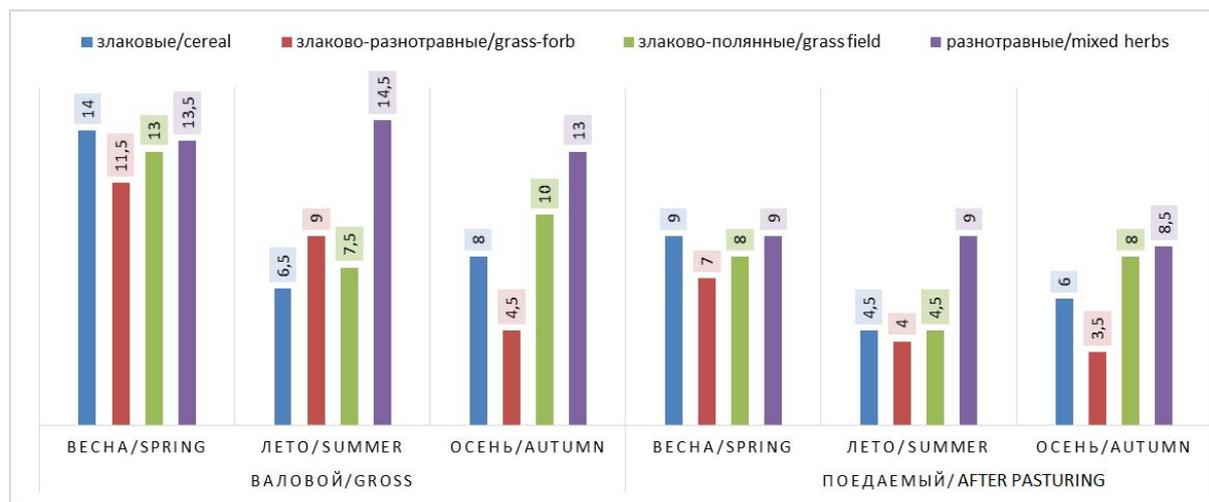


Рисунок 3. Кормозапас сухостепных пастбищ Заволжья в сезонной динамике (ц/га сухой массы) [13]
Figure 3. Kormozapas dry steppe pastures of the Trans-Volga region: seasonal dynamics (c/ha dry weight) [13]

По данным графика 3 видим, что даже при наличии достаточного кормового запаса, доля поедаемой массы значительно ниже, что формирует дефицит зеленых пастбищных кормов и протеина для большого поголовья овец. Кормооборот пастбищ зависит от сезона, так как данный богатый травостой наблюдается только весной и в начале лета. В середине лета под палящим солнцем и сухим ветром многие травы выгорают, прекращают вегетацию и пастбища оскудевают, поэтому питательная ценность кормов различна в разные сезоны.

Оценим питательную ценность пастбищ Заволжье в различные периоды выпаса стада (рис. 4). Согласно графику, на рисунке 4 видим, что наблюдается обратно пропорциональная зависимость между долей

содержания сухого вещества в кормовой базе пастбища и кормовой ценности на 1 килограмм сухого вещества. Наибольшее содержание сухого вещества в травостое пастбищ зимой и равно 78,7%, в то время как весной на зеленом корме его доля сокращается до 35,4%. Содержание кормовой ценности сокращается зимой и наоборот увеличивается максимально летом, подтверждается исследованиями других ученых [14; 15].

Проведенная оценка химического состава кормовых культур, произрастающих на пастбищах аридных территорий Заволжья, отразила изменение состава, его влияние на жизненные функции животных, питающихся данными культурами [16]. Рассмотрим структуру кормов в различные сезоны (рис. 5).

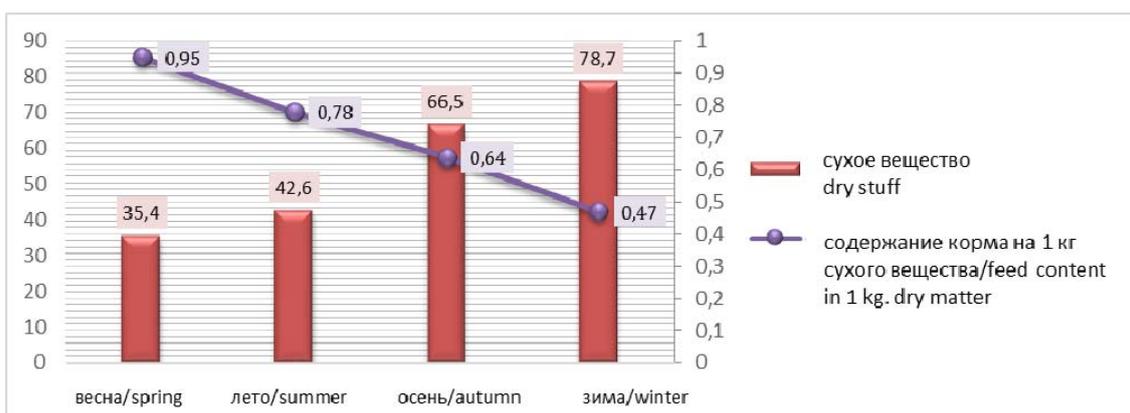


Рисунок 4. Питательная ценность естественных пастбищ Заволжья в разные сезоны

Figure 4. Nutritional value of natural pastures in the Volga region in different seasons

Особенности химического состава травостоя пастбищ демонстрирует резкое колебание кормов по содержанию протеина – весной – 133 г., зимой – 72 г. Наличие значительной разницы показывает, что животные почти в 2 раза меньше получают протеина на выгулах, что требует дополнительной их подкормки концентрированными кормами и кормовыми добавками в зимний период. Значительно выше в кормах зимой содержание сырой клетчатки, что отражает высокий уровень балластных веществ в кормах, которые не несут в себе питательной ценности при наличии прежнего объема поедаемых кормов. Сокращается количество жира в кормах и БЭВа, поэтому к зимнему периоду животные

должны подойти максимально упитанными и набравшими хорошую массу за период пастбищного выпаса [15].

Нами были проведены экспериментальные исследования по мониторингу роста и развития баранчиков эдильбаевской породы, выращенных в условиях аридизации естественных пастбищ Заволжья в племенном хозяйстве ООО «Волгоград-Эдильбай». Для постановки эксперимента в подопытные группы отбирались чистопородные животные эдильбаевской породы в возрасте двух месяцев со средней живой массой в контрольной группе 28,2 кг, а в опытной – 28,4 кг.

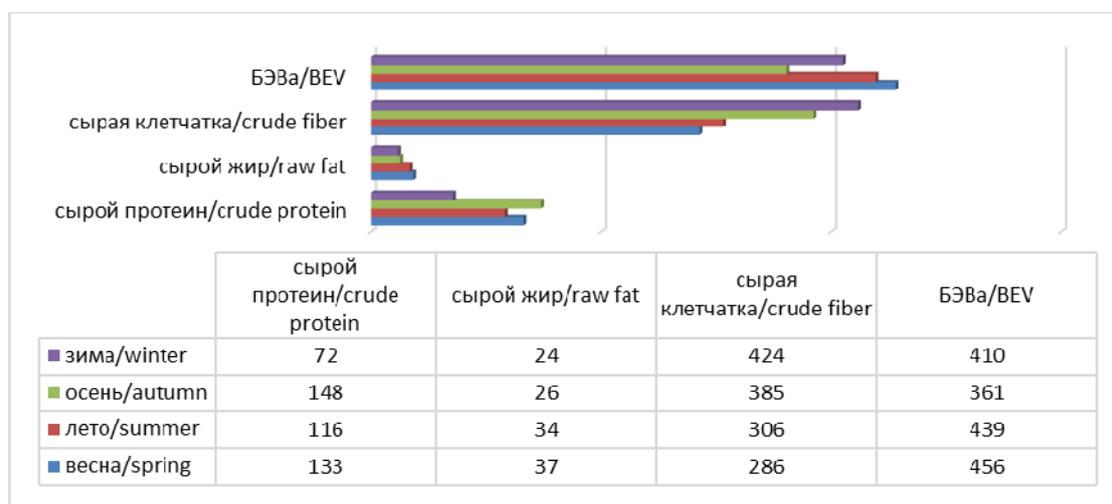


Рисунок 5. Химический состав кормов пастбищ Заволжья в различные сезоны, на 1 кг сухого корма кол-во грамм

Figure 5. Chemical composition of pasture feed in the Volga region in different seasons: grams per kg dry food

Наблюдения осуществлялись в течении 10 месяцев, т.е. до достижения баранчиками 12 месячного возраста. В таблице 1 представлены результаты роста баранчиков эдильбаевской породы разных генотипов.

Следует отметить, что по окончании опыта баранчики нового типа превосходили аналогов исходного типа по живой массе на 4,3 кг, или на 5,79% ($P \geq 0,99$) (табл. 1).

Для оценки состояния здоровья подопытных баранчиков нами были изучены гематологические показатели в 4 и 7 месячном возрасте (табл. 2).

По содержанию в крови гемоглобина баранчики нового типа в возрасте 4 и 7 месяцев превосходили аналогов исходного типа на 1,12 г/л, или 1,25% и 3,18 г/л, или на 3,40%; лейкоцитам – на $0,15 \cdot 10^9$ /л, или на 1,74% и $0,23 \cdot 10^9$ /л, или 2,72%; тромбоцитам – на $21,9 \cdot 10^9$ /л, или 8,64% ($P \geq 0,95$) и $11,3 \cdot 10^9$ /л, или 3,96%; фагоцитарной активности – на 2,26 ($P \geq 0,999$) и 0,66% ($P \geq 0,95$); бактерицидной активности – на 0,63 ($P \geq 0,95$) и 0,54% ($P \geq 0,95$); лизоцимной активности – на 1,12 ($P \geq 0,99$) и 1,06% ($P \geq 0,99$) соответственно.

Таблица 1. Живая масса баранчиков эдильбаевской породы разных внутривидовых типов (n=15)
Table 1. Live mass of rams of the Edilbaev breed of different intrabreed types (n=15)

Показатель Indicator	Группа / Group	
	Исходный тип Original type	Новый тип New type
Постановка опыта (возраст баранчиков 2 мес) During trial (age of rams 2 months)	28,2±0,23	28,4±0,26
Снятие с опыта (12 мес) / On removal from trial (12 months)	74,20±0,65	78,50±0,72**

Таблица 2. Гематологические и иммунобиологические показатели баранины (n=5)
Table 2. Hematological and immunobiological indicators of mutton (n=5)

Показатель Indicator	Месяц Month	Тип / Type	
		Исходный Original	Новый New
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	4	89,74±1,23	90,86±1,32
	7	93,42±0,98	96,6±1,14*
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	4	7,48±0,17	7,39±0,21
	7	7,33±0,16	7,28±0,19
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	4	8,64±1,23	8,79±1,35
	7	8,46±1,19	8,69±1,24
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Platelets, 10 ⁹ /l	4	253,5±6,25	275,4±7,68*
	7	285,6±7,86	296,9±8,23
Фагоцитарная активность, % Phagocytic activity, %	4	54,16±0,13	56,42±0,19***
	7	56,23±0,18	56,89±0,18*
Бактерицидная активность, % Bactericidal activity, %	4	56,35±0,23	56,98±0,17*
	7	55,69±0,15	56,23±0,19*
Лизоцимная активность, % Lysozyme activity, %	4	56,84±0,25	57,96±0,21**
	7	57,18±0,22	58,24±0,16**

Некоторое преимущество по основным гематологическим и иммунобиологическим показателям баранчиков нового типа, как мы полагаем, наблюдалось в результате более высокого уровня обменных процессов, протекающих в их организме в сравнении с аналогами исходного типа.

Изучение количественного содержания иммуноглобулинов в сыворотке крови баранчиков показало, что животные нового типа имели более высокий уро-

вень иммуноглобулинов IgA-изотипа по сравнению со сверстниками исходного типа на 0,10 мг/мл, или 27,25% (P≥0,99); IgM – на 0,45 мг/мл, или 19,81% (P≥0,99); IgG – на 1,98 мг/мл, или 9,31% (P≥0,99); соответственно (табл. 3).

Для комплексной оценки мясных качеств баранчиков разных внутривидовых типов мы провели контрольный убой животных (табл. 4).

Таблица 3. Содержание иммуноглобулинов в сыворотке крови баранчиков эдильбаевской породы, мг/мл
Table 3. Content of immunoglobulins in serum of rams of Edilbaev breed, mg/ml

Показатель Indicator	Тип Type	
	Исходный Original	Новый New
IgA	0,38±0,01	0,48±0,02**
IgM	2,28±0,05	2,73±0,06**
IgG	21,32±0,27	23,30±0,52**

Таблица 4. Контрольный убой баранчиков эдильбаевской породы (n=5)
Table 4. Slaughter data for rams of Edilbaev breed (n=5)

Показатели Indicators	Тип / Type	
	Исходный / Original	Новый / New
Предубойная живая масса, кг / Pre-slaughter live weight, kg	74,20±0,65	78,50±0,72**
Масса парной туши, кг / Hot carcass weight, kg	33,42±0,47	36,46±0,52*
Масса внутреннего жира, кг / Internal fat weight, kg	1,12±0,05	1,18±0,03
Масса курдюка, кг / Tail fat weight, kg	10,2±0,12	10,4±0,14
Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	44,74±0,23	48,04±0,34**
Убойный выход, % / Slaughter yield, %	60,30	61,20

Контрольный убой подопытных животных показал, что по предубойной массе баранчики нового типа превосходили аналогов исходного типа на 4,3 кг, или на 5,79% ($P \geq 0,99$); массе парной туши – на 3,04 кг, или на 9,10% ($P \geq 0,95$); массе внутреннего жира – на 0,13 кг, или на 11,11%; убойной массе – на 1,73 кг, или 3,58% ($P \geq 0,99$); массе курдюка – на 0,20 кг, или 1,96%; убойному выходу – на 0,90% соответственно (табл. 4). Таким образом, из представленных данных следует, что животные нового типа имели преимущество по убойным качествам в сравнении аналогами исходного типа.

Одним из наиболее существенных показателей, влияющих на пищевую ценность баранины, является содержание в ней необходимого комплекса аминокислот. Изучение аминокислотного состава длиннейшего мускула спины, полученного от баранчиков нового типа, показало, что незаменимой аминокислоты лизина (1,86%) было больше в сравнении с контрольной груп-

пой на 0,17%; гистидина (0,56%) – на 0,04%; метионина (0,39%) – на 0,11%; аргинина (0,94%) – на 0,06%; треонина (0,67%) – на 0,08%; валина (0,78%) – на 0,17%; изолейцина (0,85%) – на 0,07%; лейцина (1,42%) – на 0,16%; фенилаланина (0,61%) – на 0,08% соответственно. В целом всех незаменимых аминокислот в мясе баранчиков нового типа содержалось 8,08%, что больше в сравнении с бараниной, полученной от животных исходного типа на 0,47%. При этом следует отметить, что по содержанию в баранине заменимых аминокислот прослеживалась такая же тенденция преимущества опытной группы над контрольной группой при недостоверной разности.

Анализ химического состава баранины, полученной от животных разных групп, показал, что по ряду макро и микроэлементов, мясо животных нового типа превосходит своих аналогов из контрольной группы (табл. 5).

Таблица 5. Химический состав баранины (мкг/г)

Table 5. Chemical composition of mutton (mkg/g)

Элемент Element	Исходный тип Original type	Новый тип New type	Изменения Change
Ca	60,33±6,03	63,97±6,03	+3,64
Fe	22,16±2,22	23,48±2,22	+1,32
I	0,71±0,085	0,75±0,085	+0,04
K	2343,00±234	2483,00±234	+140,00
Mg	247,00±25	261,00±25	+14,00
Se	0,21±0,025	0,23±0,025	+0,02

Так, в мясе баранчиков нового типа больше содержалось следующих жизненно важных веществ: кальция (Ca) на 3,64 мкг/г; железа (Fe) на 1,32 мкг/г; йода (I) на 0,04 мкг/г; калия (K) на 140 мкг/г; марганца (Mg) на 14 мкг/г; селена (Se) на 0,02 мкг/г.

Экономическая эффективность производства баранины, произведенной в аридных условиях, показала, что при реализации парных туш баранчиков нового типа в сравнении с исходным типом по цене 250 рублей за 1 кг баранины стоимость их увеличится на 22,73 руб., или на 9,09% (табл. 6).

Таблица 6. Оценка экономической эффективности производства баранины

Table 6. Assessment of economic efficiency of mutton production

Показатель Indicator	Исходный тип Original type	Новый тип New type
Масса парной туши, кг Hot carcass weight, kg	33,42±0,47	36,46±0,52
Средняя стоимость баранины, руб/кг Average cost of mutton, roubles/kg	250,00	250,00
Стоимость баранины, руб. Cost of mutton, roubles	8355,00±117,50	9115,00±130,00
Эффективность производства баранины, руб. Mutton production efficiency, roubles	$\frac{9115 \cdot 100}{8355} - 100 = 9,09\%$ или/or 22,73 руб/roubles	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный анализ проведенного научного эксперимента показал, что качество баранины, полученной от баранчиков нового типа эдильбаевской породы, напрямую зависит от генотипа и условий кормления. Широко практикуемые сегодня технологии пастбищного содержания мелкого рогатого скота активирует адаптационные способности животных, положительно отражается на качестве баранины, повышает биологическую ценность мяса, приводит к высокой сбалансированности аминокислот. Кроме того, технология пастбищного содержания

овец дает возможность значительно повысить в общем итоге рентабельность мясного овцеводства. По данной причине инвесторы охотно поддерживают мясное овцеводство, что отражается на росте производства и потребления баранины россиянами. Биологическая ценность красного мяса (баранины) обусловлена ее экологической чистотой, наличием фактически всех незаменимых аминокислот [16; 17].

Проведенный научный эксперимент показал, что в результате селекционной работы, полученные животные нового типа эдильбаевской породы, устойчиво со-

храняют и повышают свои адаптационные способности к условиям аридных территорий Заволжья. Баранчики нового типа превосходили своих аналогов по скорости набора живой массы, по ряду гематологических и иммунологических показателей качественными свойствами баранины, ее пищевой и биологической ценности. Так, баранчики нового типа превосходили аналогов исходного типа по живой массе на 4,3 кг, или на 5,79% ($P \geq 0,99$). Экспериментально установлено преимущество по основным гематологическим и иммунобиологическим показателям баранчиков нового типа, как мы полагаем, наблюдалось в результате более высокого уровня обменных процессов, протекающих в их организме в сравнении с аналогами исходного типа. В результате контрольного убоя подопытных животных установлено, что по предубойной массе баранчики нового типа превосходили аналогов исходного типа на 4,3 кг, или на 5,79% ($P \geq 0,99$); массе парной туши – на 3,04 кг, или на 9,10% ($P \geq 0,95$); массе внутреннего жира – на 0,13 кг, или на 11,11%; убойной массе – на 1,73 кг, или 3,58% ($P \geq 0,99$); массе курдюка – на 0,20 кг, или 1,96%; убойному выходу – на 0,90% соответственно.

Проведенный анализ флористического состава естественных пастбищ Заволжья дает основания утверждать о высокой аридизации рассмотренных территорий, дефиците кормовых культур. При соблюдении определенных правил выпаса скота, проведении мероприятий по восстановлению пастбищного травостоя животноводство в данной местности позволит сформировать прочную экономическую базу для социально-экономического развития территорий. Нарращение кормовой базы на аридных территориях является основным направлением для развития овцеводства.

На таких территориях необходимо разводить и выращивать определенные породы животных, которые могут эффективно разводиться в таких условиях. На примере эдильбаевской породы овец мы показали, что животные нового типа достаточно выносливы, способны усваивать произрастающие в аридных условиях корма и успешно набирать живую массу. Содержание таких животных в условиях пастбищного выпаса дает возможность снизить себестоимость производства баранины. В результате проведенных исследований установлено, что цена продажи парных туш, полученных от баранчиков нового типа в сравнении с исходным увеличится на 9,09%, что значительно повысит интерес к овцеводческой отрасли.

Таким образом, в результате проведенных исследований доказано, что аридные условия Нижнего Поволжья, в частности Волгоградского Заволжья, пригодны для эффективного ведения овцеводства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курочкина А.А., Харламова Т.Л. Проблемы реализации концепции экономической безопасности федерального округа в условиях глобализации // Проблемы современной экономики. 2013. N 4. С. 141-143.
2. Федотова Г.В. Оценка критериев продовольственной безопасности России // Материалы международной научно-практической конференции «Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Волгоград, 6-7 июня, 2018. С. 329-333.

3. Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Куликовский А.В., Мосолова Д.А. Современные тенденции производства мяса в России и его потребления населением // Аграрно-пищевые инновации. 2018. N 3(3). С. 25-30. Doi: 10.31208/2618-7353-2018-1-3-25-30
4. Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Магомадов Т.А., Юлдашбаев Ю.А., Алексеева А.А., Мосолова Д.А. Продуктивные и биологические особенности баранчиков эдильбаевской породы разных генотипов, разводимых в аридных условиях Нижнего Поволжья // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. N 2. С. 2-4.
5. Амерханов Х.А. Современные реалии российского овцеводства // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. N 10. С. 3-7.
6. Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Сазонов С.П., Сергеев В.Н., Юлдашбаев Ю.А. Когнитивный подход к исследованию проблем продовольственной безопасности. Волгоград: Изд-во Волгоградского института управления - филиала РАНХиГС, 2018. 168 с.
7. Абонеев В.В., Квитко Ю.Д., Селькин И.И. Методика оценки мясной продуктивности овец. Ставрополь, ГНУСНИИЖК, 2009. 34 с.
8. ГОСТ 31777-2012. Государственная система обеспечения единства измерений. Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнатица и козлятина в тушах. М.: Стандартиформ, 2014. 14 с.
9. Липатов Н.Н., Сажин Г.Ю., Башкиров О.Н. Формализованный анализ аминок- и жирокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. N 8. С. 11-14.
10. Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Юлдашбаев Ю.А., Княжеченко О.А., Гишларкаев Е.И. Жирнокислотный состав жира баранчиков и бычков, выращенных в условиях естественных пастбищ Заволжья // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. N 2. С. 38-40.
11. Селионова М.И., Михайленко А.К., Чижова Л.Н., Чотчаева Ч.Б., Суржикова Е.С. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекции в условиях йододефицита // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. N 1. С. 42-53. Doi: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53
12. Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Княжеченко О.А., Гишларкаев Е.И., Гаряева Х.Б., Федоров Ю.Н. Качественные показатели говядины и баранины, полученных от животных, выращенных на естественных пастбищах // Аграрно-пищевые инновации. 2018. N3 (3). С. 20-25. Doi: 10.31208/2618-7353-2018-1-3-20-25
13. Коханов М.А., Чурзин В.Н. Использование пастбищного травостоя лошадыми при их круглогодичном содержании // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2006. N 4. С. 68-75.
14. Махонина В.Н. Сравнительная оценка биологической ценности мясного сырья убойных животных и птицы // Птицы и птицепродукты. 2016. N 3. С. 26-28.
15. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Злобина Е.Ю., Тихонов С.Л. Новые подходы в разработке эффективных технологий производства животноводческого сырья и повышение биологической ценности, получаемой из него продукции // Индустрия питания. 2017. N 3. С. 30-34.

16. Gorlov I.F., Omarov R.S., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Yu., Mosolova N.I., Shlykov S.N. Assessment of the influence of herb fattening on the productivity and quality of the beef cattle meat // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. N 4. P. 1088-1094.
17. Шахмурзов М.М., Гордеев А.С., Кулинцев В.В., Юлдашбаев Ю.А., Коник Н.В., Улимбашева Р.А., Улимбашев М.Б. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса и сельских территорий регионов // *Юг России: экология, развитие*. 2018. Т. 13. N 3. С. 83-95. Doi: 10.18470/1992-1098-2018-3-83-95

REFERENCES

1. Kurochkina A.A., Kharlamova T.L. The concept of economic security of a Federal okrug in the context of globalization: problems of implementation (Russia, St. Petersburg). *Problemy sovremennoy ekonomiki* [Problems of modern economics]. 2013, no. 4, pp. 141-143. (In Russian)
2. Fedotova G.V. Otsenka kriteriev prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Assessment criteria for the food security of Russia]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Novye podkhody k razrabotke tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoy produktsii», Volgograd, 6-7 iyunya, 2018* [Materials of the international scientific and practical conference "New approaches to the development of technologies of production and processing of agricultural products", Volgograd, 6-7 June, 2018]. Volgograd, 2018, pp. 329-333. (In Russian)
3. Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Kulikovskiy A.V., Mosolova D.A. Current trends of meat production in Russia and its consumption by the population. *Agrarian-and-food innovations*, 2018, vol. 3, no. 3, pp. 25-30. (In Russian) Doi: 10.31208/2618-7353-2018-1-3-25-30
4. Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Magomadov T.A., Yuldashbaev Yu.A., Alekseeva A.A., Mosolova D.A. Productive and biological features of edilbaevsky sheep of different genotypes bred in arid conditions of the Lower Volga. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats, wool business]. 2019, no. 2, pp. 2-4. (In Russian)
5. Amerkhanov Kh.A. [Modern realities of Russian sheep breeding]. In: *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva* [Collection of scientific works of the all-Russian research Institute of sheep and goat breeding]. 2017, no. 10, pp. 3-7. (In Russian)
6. Gorlov I.F., Fedotova G.V., Sazonov S.P., Sergeev V.N., Yuldashbaev Yu.A. *Kognitivnyi podkhod k issledovaniyu problem prodovol'stvennoy bezopasnosti* [Cognitive approach to food security research]. Volgograd, 2018, 168 p. (In Russian)
7. Aboneev V.V., Kvitko Yu.D., Sel'kin I.I. *Metodika otsenki myasnoi produktivnosti ovets* [Methods of evaluation of meat productivity of sheep]. Stavropol', GNSUNIZhK Publ., 2009, 34 p. (In Russian)
8. *GOST 31777-2012. Gosudarstvennaya sistema obespeche-*

- niya edinstva izmerenii. Ovtsy i kozy dlya uboia. Baranina, yagnyatina i kozlyatina v tushakh* [GOST 31777-2012. Method of measurement. Sheep and goats for slaughter. Mutton, lamb and goat in carcasses]. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 14 p. (In Russian)
9. Lipatov N.N., Sazhinov G.Yu., Bashkirov O.N. A formalized analysis of the amino and fatty acid balance of raw materials, promising for the design of baby food with a given food adequacy. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2001, no. 8, pp. 11-14. (In Russian)
10. Gorlov I.F., Mosolov A.A., Yuldashbaev Yu.A., Knyazhechenko O.A., Gishlarkaev E.I. The fatty acid composition of the fat of sheep and gobies grown in the natural pastures of the Volga region. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats, wool business]. 2018, no. 2, pp. 38-40. (In Russian)
11. Selionova M.I., Mikhailenko A.K., Chizhova L.N., Chotchaeva Ch.B., Surzhikova E.S. Morphobiochemical functions of the sheep organism and their adjustment in the conditions of iodine deficiency. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 42-53. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53
12. Gorlov I.F., Mosolov A.A., Knyazhechenko O.A., Gishlarkaev E.I., Garyaeva H.B., Fedorov Yu.N. Quality characteristics of beef and lamb, obtained from animals growing on natural pastures. *Agricultural and Food Innovation*, 2018, vol. 3, no. 3, pp. 20-25. (In Russian) Doi: 10.31208/2618-7353-2018-1-3-20-25
13. Kohanov M.A., Churzin V.N. The use of pasture grass by horses during their year-round herd maintenance. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex]. 2006, no. 4, pp. 68-75. (In Russian)
14. Mahonina V.N. Comparative evaluation of the biological value of raw meat of slaughtered animals and poultry. *Pititsy i pititseprodukty* [Birds and poultry products]. 2016, no. 3, pp. 26-28. (In Russian)
15. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Ju., Tihonov S.L. New Approaches to the Effective Technologies Development of the Livestock Raw Materials Manufacturing and Increase In Biological Value of the Foodstuff Produced From It. *Industriya pitaniya* [Food Industry]. 2017, no. 3, pp. 30-34. (In Russian)
16. Gorlov I.F., Omarov R.S., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Yu., Mosolova N.I., Shlykov S.N. Assessment of the influence of herb fattening on the productivity and quality of the beef cattle meat. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018, vol. 9, iss. 4, pp. 1088-1094.
17. Shakhmurzov M.M., Gordeev A.S., Kulintsev V.V., Yuldashbaev Yu.A., Konik N.V., Ulimbasheva R.A., Ulimbashev M.B. Sustainable development of the agro-industrial complex and rural territories of the regions. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 83-95. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2018-3-83-95

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors were equally involved in the writing of the text 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.

Оригинальная статья / Original Article
УДК 338.48:502
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-82-91

Природное и культурно-историческое наследие Дидойской котловины и ее горного обрамления как потенциал развития туризма и рекреации

Загир В. Атаев^{1,2} , Муратхан И. Гаджибеков³, Касум А. Абдулаев³, Раисат Т. Раджабова³

¹ Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия

² Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

³ Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Загир В. Атаев, кафедра географии и методики преподавания, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет; лаборатория биогеохимии, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 367003 Россия, г. Махачкала, ул. Ярагского 57.

Тел. +79289611097

Email zagir05@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

Формат цитирования

Атаев З.В., Гаджибеков М.И., Абдулаев К.А., Раджабова Р.Т. Природное и культурно-историческое наследие Дидойской котловины и ее горного обрамления как потенциал развития туризма и рекреации // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, №3. С.82-91. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-82-91

Получена 19 марта 2019 г.

Прошла рецензирование 30 апреля 2019 г.

Принята 13 мая 2019 г.

Резюме

Цель. В статье рассматривается современное состояние природного и культурно-исторического особенностей территории Дидойской (Шауринской) котловины и ее горного обрамления как потенциала дальнейшего развития туризма и рекреации в высокогорьях Восточного Кавказа.

Материал и методы. Для выполнения работы привлекались данные, полученные в результате полевых исследований, включая комплексное экологическое обследование территории. Использованы методы полевого изучения (экспедиционный, профилирование, описательный, ключевых участков, картирования, фотофиксации), исторический, а также фондовый и картографический материал.

Результаты. Проанализированы туристско-рекреационные особенности территории, рассмотрены природные компоненты и историческое наследие с точки зрения их привлекательности для туристического посещения, разработан вариант создания рекреационной зоны с туристскими центрами, а также рассмотрены предложения дальнейшего развития туристско-рекреационной привлекательности региона.

Заключение. Конкурентным преимуществом перспективного развития индустрии гостеприимства в Дидойской котловине и ее горном обрамлении является сочетание аттрактивных горных ландшафтов с высоким биологическим и ландшафтным разнообразием, самобытного культурно-исторического наследия территории и высокого потенциала для развития различных видов туризма в регионе.

Ключевые слова

Дидойская (Шауринская) котловина, Андийское Койсу, биологическое разнообразие, ландшафтное разнообразие, туристско-рекреационная зона, Бежтинский заказник.

© 2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

The natural, historical and cultural heritage of the Dido basin and its mountain setting and its potential for the development of tourism and recreation

Zagir V. Ataev^{1,2} , Muratkhan I. Gadzhibekov³, Kasum A. Abdulaev³ and Raisat T. Radzhabova³

¹Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia

²Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

³Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Zagir V. Ataev, Geography and Teaching Methods, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Dagestan State Pedagogical University; Laboratory of Biogeochemistry, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences; 57 Yaragskogo St, Makhachkala, Russia 367003.

Tel. +79289611097

Email zagir05@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

How to cite this article

Ataev Z.V., Gadzhibekov M.I., Abdulaev K.A., Radzhabova R.T. The natural, historical and cultural heritage of the Dido basin and its mountain setting and its potential for the development of tourism and recreation. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 82-91. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-82-91

Received 19 March 2019

Revised 30 April 2019

Accepted 13 May 2019

Abstract

Aim. The article considers the potential of the natural, cultural and historical features of the territory of the Dido (Shaurinsky District) basin with its dramatic mountainous setting for the further development of tourism and recreation in regions of the highlands of the East Caucasus.

Materials and Methods. In carrying out our study data obtained from field research, including a comprehensive environmental survey of the territory, were used. Field research included on-site expeditions, profiling, descriptive, identification of key areas, mapping, photography. Historical sources, as well as stock imagery and existing cartographic material, were consulted.

Results. The territory's natural features and historical and cultural heritage were examined in terms of their attractiveness for tourist visits and an option of creating a recreational zone with tourist centres was articulated among other proposals for tourism and recreational development.

Conclusion. The Dido basin with its high biological and landscape diversity and distinctive cultural and historical heritage presents significant potential for the development of various types of tourism and an associated local hospitality industry.

Key Words

Dido (Shaurinsky District) basin, Andiskiy Koisu (River), biological diversity, landscape diversity, tourist and recreational area, Bezhtinskiy reserve.

ВВЕДЕНИЕ

Дидойская, или Шауринская, горная котловина является одной из малоизученных и труднодоступных высокогорных районов Восточного Кавказа. Котловина целиком находится в Цунтинском муниципальном районе Республики Дагестан на высотах 1200-1800 м и включает в бассейне р. Андийское Койсу долины рр. Метлута (Китлярта), Сабакунис-хеви, Халугаиха, Эльбок, Кидеро и Шаитли с их многочисленными притоками. Это замкнутая горная котловина – в юго-восточной части ее отделяет от Бежтинской котловины извилистый склон Богосского хребта, тянущийся от Главного Кавказского

хребта в северо-восточном направлении почти на 32 км до границы с Цумадинским районом; юго-западная граница котловины на протяжении 34 км проходит по Главному Кавказскому хребту по государственной границе России с Грузией и только некоторые вершины поднимаются здесь выше 3000 м; с запада цепочка локальных безымянных хребтов водоразделом доходит до хр. Ахатль и ограничивает территорию от грузинской Тушетии; на севере хр. Кириоти отделяет котловину от долины р. Андийское Койсу; с северо-востока ее оконтуривает высокий отрог Богосского хребта – хр. Хема (рис. 1).



Рисунок 1. Дидойская котловина и ее горное обрамление
Figure 1. Dido basin and its mountain setting

На уникальность природы Дидойской котловины и ее горного обрамления обращали внимание многие выдающиеся исследователи. Изучением геологии, орографии, полезных ископаемых и минеральных источников занимался «отец геологии Кавказа» академик Г.И. Абих. Исследование почв территории крупнейшим ученым-почвоведом В.В. Докучаевым привело к обоснованию им закона вертикальной зональности географических ландшафтов. Экспедиция академика Ф.И. Рупрехта исследовала растительный покров Дидо, в результате которого собран гербарий горной флоры и определено высотное распределение многих видов растений. Растительность высокогорий изучали также профессора Г.И. Радде, Н.А. Буш, Н.И. Кузнецов, климатические условия – В.И. Фигуровский, ландшафтные особенности – Б.Ф. Добрынин, историю, археологию и этнографию – Е.И. Козубский. Результаты исследований бассейна р. Андийское Койсу легли в основу работ Н.М. Динника «По Чечне и Дагестану» и «Современные и древние ледники Кавказа».

Вот что пишет об этом удивительном крае и заселяющих его жителях известный кавказский этнограф Н.И. Воронов, посетивший Дагестан в 1868 году: «Дальнейшее путешествие по Дагестану несколько изменило мой взгляд на Дидо, сложившийся по первым впечатлениям. Действительно, перевалившись через Кодор и

оставив за собою роскошную, широкую долину Алазани, невольно поражаешься сумрачным колоритом глубоких и тесных ущелий Дидо, на дне которых шумят быстрые потоки, подмывая местами почерневший снег прошлогодних обвалов. Но по мере ослабления первых тяжёлых впечатлений и вследствие внимательного осмотра всех подробностей окружающей местности, приходишь к заключению, что здешняя природа далеко не так скудна и сурова, как она кажется на первый взгляд. В сравнении же с дальнейшими ущельями Дагестана, колорит её гораздо мягче и дары её гораздо обильнее. Голых, лишённых всякой растительности скал здесь совсем не видно; напротив, все вершины и скаты гор покрыты тучными лугами, а ближе к течению главных потоков произрастают хорошие дровяные леса, нередко перемежаясь строевыми деревьями. Тучный чернозём и обилие влаги дают здесь урожаи сам 15-20, так что дидойцы избыток хлеба сбывают в соседнюю Капучу. На горах, входящих по положению своему в альпийскую полосу, находят обильный корм не только местные, но и чужие стада, так что дидойцы получают от этого известный приросток (сабалахо). Леса и луга изобилуют дичью; горные потоки, а в особенности озерцо Хупро – превосходною форелью; в лесах много ягодных кустарников, а также грибов. Но всеми этими дарами природы местные жители, эти добро-

вольные постники, почти не пользуются. Большой по мехою к их развитию служат, без сомнения, продолжительные зимы, разоблачающие их с остальным миром более чем на полгода и нередко заносащая их жилища снежным покровом в несколько аршин толщиной. Суровые и продолжительные зимы ставят также дидойцев в постоянную зависимость от Алазанской долины, на которую они спускают для прокормления свои стада на большую часть года» [1].

Актуальность рассматриваемой территории вызвана тем, что она обладает уникальным сочетанием природных условий, благоприятных для превращения ее в один из значимых туристско-рекреационных центров в регионе, что в первую очередь связано с составом и качеством туристско-рекреационных ресурсов, сконцентрированных на относительно небольшой территории. Актуальность территории также возросла с прокладкой новой автомобильной дороги Агвали – Кидеро.

Целью статьи является анализ современного состояния биологического и ландшафтного разнообразия и культурно-исторических особенностей территории Дидойской котловины и ее горного обрамления как потенциала дальнейшего развития туризма и рекреации в высокогорьях Восточного Кавказа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы материалы многочисленных полевых экспедиций в высокогорную северо-западную часть Дагестана, включая Дидойскую котловину и ее горное обрамление, проведенных авторами [2; 3] в целях выполнения грантовых и хоздоговорных научно-исследовательских работ по линии WWF-Russia, Министерства по туризму и народным художественным промыслам Республики Дагестан, федерального и республиканского Министерств природных ресурсов и экологии. Также использованы материалы комплексного экологического обследования территории в целях реинтродукции переднеазиатского леопарда, выполненные по договору с ООО «Центр экологического проектирования, сертификации и аудита (ООО «ЦЭПСА»).

Для возможности определения туристско-рекреационной привлекательности территории проведен анализ ее природного и историко-культурного потенциала. Используются методы полевого изучения и описания ландшафтов и их компонентов, фотофиксации, картографический материал и фондовые источники. Оценка туристского потенциала территории проведена по методике, предложенной А.В. Дроздовым [4; 5] и Е.Ю. Колбовским [6], туристско-рекреационного потенциала – Ю.А. Худеньких [7]. Рекреационная оценка ландшафтов дана по З.В. Атаеву и Г.П. Пайзуллаевой [8].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По характеристикам компонентов природы и в целом ландшафтов Дидойская котловина и ее горное обрамление являются достаточно привлекательными для перспективного развития туризма и рекреации в регионе. Анализ туристско-рекреационных особенностей территории позволяет рассмотреть каждый из природных компонентов и историко-культурное наследие с точки зрения их привлекательности для посещения туристами, разработки оптимальных предложений по созданию рекреационных зон и центров, организации ниток туристических маршрутов.

Согласно данным Е.Е. Милановского [9], Дидойская (Шауринская) можгорная котловина расположена в осевой зоне мегантиклинория Большого Кавказа. Основная часть котловины располагается в зоне Бежтинского грабена. Северная часть приходится на зону Бокового хребта, южная – на поднятие Главного хребта. В центральной части крупной складчатой формой выделяется Хеботлинская антиклиналь. Территория грабена занята преимущественно среднюрскими песчаниками. Лежащие к северу участки сформированы мощными толщами глинистых сланцев нижней юры. Определенное значение имеют дайки диабазовых пород, которые протягиваются по Главному Кавказскому хребту.

Сложная история развития региона определила разнообразие рельефа, образованного системой хребтов и отдельных массивов, а также расположенных между ними долин и котловин [10]. Сама Дидойская котловина представлена системой долин рр. Метлута (Китлярта), Сабакунис-хеви, Халугаиха, Эльбок, Кидеро, Шаитли, заложенных в пределах Бежтинского грабена, высотами 1200-1800 м, и невысокими хребтами-водоразделами между ними – Калах, Кутхианигори, Сатибисгори, Хуфри, Кабда, Шериях, Авазул, высотами 2200-2800 м. Совокупность перечисленных долин, котловин и локальных хребтов в обрамлении высоких водораздельных линий хр. Хема, Богосского, Главного Кавказского и Кириоти придают местности выраженный котловинный эффект.

Наиболее приподняты осевая часть Богосского хребта на востоке, его высокий хребет-отрог Хема на северо-востоке и хребет Кириоти на севере. К ним и приурочены наиболее интересные в плане развития альпинизма и горного туризма вершины – гг. Жекода (3800,0 м), Жижия-Кинтли (3716,4 м) и Балакури (3736,7 м) на Богосском хребте, гг. Коготль (3808,8 м), Гари (3576,8 м), Кемер (3506,5 м), Зузи (3667,8 м), Чирир (3733,6 м) и Рацитль (3656,0 м) на хр. Хема, гг. Кириоти (3682,8 м) и Авазулькал (3538,0 м) на хр. Кириоти. На Главном Кавказском хребте вершинами-трехтысячниками являются гг. Ниникас-Цихе (3116,6 м), Чельтис-Сатависцвери (3053,3 м), Асакидис-Тависцвери (3046,5 м), Хубиара (3140,0 м), Сокорис-Цвери (3029,9 м), Сасамтлис-Цвери (3100,7 м) и Нацидрис-Цвери (3121,0 м). На водораздельном хребте, разделяющем Дидойскую котловину от грузинской Тушетии, находится ряд вершин выше 3000м. Это гг. Шавиклде (3578,0 м), Энчо (3304,4 м), Мал. Кабадыя (3252,4 м), Хельта (3187,9 м) и Бежира (3335,0 м).

По хребтам издавна проложены перевальные тропы, соединяющие соседние долины. Наиболее известны перевалы через Главный Кавказский хребет. Это Кодорский перевал (2363,0 м) на старинной Аваро-Кохетинской вьючной тропе, соединяющей долину р. Китлярта с Алазанской долиной Грузии, и пер. Дуруджи (2884,0 м) в самых верховьях р. Самур, выводящий также в эту долину Грузии. Для скотопргона и в горно-туристских маршрутах ранее использовались еще 2 безымянных перевала из верховий левых притоков р. Самур в долину грузинской р. Чельты (левый приток р. Алазани). В советское время на маршрутах через эти перевалы Главного Кавказского хребта можно было встретить группы туристов [11]. В настоящее время по этому району проходит пограничная полоса между Россией и Грузией, и транзитных туристских маршрутов нет.

Активнее используется Генухский перевал

(2459,0 м), расположенный на хребте-перемычке Мичиль между Главным Кавказским и Богосским хребтами. По нему проходит единственная перевальная автомобильная дорога Кидеро-Бежта, соединяющая Дидойскую котловину с соседней долиной р. Хзанор. Северо-восточнее находится другой перевал через Богосский хребет – Жамори (3224 м), соединяющая жителей Шаитлинской долины и Бежтинской котловины. Жители Шаитлинской долины также используют для своих нужд перевал Илянхеви (Цунтинский, 3186,0 м) через хр. Хема, соединяющий селения Шаитлинской долины с с. Хонох в долине р.Хварши в соседнем Цумадинском районе Дагестана. Во внутрирайонных маршрутах активно используются автомобильный Эльбокский перевал, соединяющий долины рр. Кидеро и Эльбок, и перевал Бешо через хр. Калах, соединяющий долины рр. Кидеро и Шаитли.

В рельефе Дидойской котловины преобладают эрозионные формы. Характерны относительно широкие V-образные долины, которые местами имеют форму котловин. Современные и древние ледниковые формы рельефа развиты слабо и представлены на севере – у вершин Кириоти и Авазулькал на хребте Кириоти, и северо-востоке – у вершин Коготль (3808,8 м), Гари (3576,0 м), Чири (3733,6 м) и Зузи (3667,8 м), на хребте Хема и вершинах Жижия-Кинтли (3716,4 м), Байдан (3664,6 м) и Жекода (3800,0 м) на Богосском хребте. На склонах же, обращенных в сторону Дидойской котловины, в настоящее время имеется только один ледник – каменный глетчер Байдан, расположенный на склонах г. Жижия-Кинтли и Байдан [12]. Большое значение имеют также обвальные и оползневые формы рельефа, особенно в долинах крупных рек. Их образование часто бывает вызвано высокой сейсмичностью территории и обильными продолжительными осадками.

Каких-либо крупных месторождений полезных ископаемых в Дидойской котловине нет. Имеется 1 месторождение известкового туфа, выявлено 4 проявления серебра и золота, а также 3 проявления горного хрусталя. Имеющиеся здесь запасы строительных материалов являются предпосылкой дальнейшего развития минерально-сырьевой базы как основы строительства туристско-рекреационных объектов в регионе.



Рисунок 2. Долина р. Китлярта у с. Шапих.
Фото З. Атаева
Figure 2. The valley of the Kitlyarta River near the village of Shapikh. Photo Z. Ataev

Климатические условия Дидойской (Шауринской) котловины весьма специфические, выражены неодинаково в различных частях территории, но для организации туристско-рекреационной деятельности являются благоприятными. Климату характерны резко континентальные условия, с прохладным летом и холодной зимой [10]. По данным метеостанции «Сулак-высокогорная» среднегодовое количество осадков составляет более 1000 мм. Значительная их часть осадков (более 900 мм) выпадает в теплый период (с апреля по сентябрь). По количеству осадков, выпадаемых за теплый период – это самый влажный район в Дагестане. Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой от $-4,0^{\circ}\text{C}$ (в долине р. Метлюта у с. Шаури) до $-9,9^{\circ}\text{C}$ в высокогорьях. Самый теплый месяц – июль, со среднемесячной температурой от $+16^{\circ}\text{C}$ до $+12^{\circ}\text{C}$ (соответственно, в долинах и высокогорье). Абсолютный температурный минимум составляет -34°C , максимум – $+35^{\circ}\text{C}$ (по данным метеостанции «Шаури»). Снежный покров на большей части территории держится более 150 дней в году, а в теплых долинах – не менее 80 дней [13].

На территорию Дидойской котловины приходит весь бассейн крупного правого притока р. Андийское Койсу – р. Китлярта (рис. 2). В верховьях река носит название Орицкали, в нижнем течении – Метлюта. Среднегодовой расход воды составляет $30 \text{ м}^3/\text{с}$ [14]. Река начинается с родников на северо-восточных склонах Главного Кавказского хребта и имеет густую сеть притоков, имеющих общекавказское простираение. Правыми притоками являются рр. Самур, Эльбок, Кидеро (рис. 3) и Шаитли, левыми – Сабакунисхеви и Халугаиха. Реки отличаются крутым падением, порожисты. В нижнем течении р. Метлюта протекает в глубоком каньоне, прорезанном между высокими хребтами Хема и Кириоти. Реки Дидойской котловины имеют преимущественно снеговое питание. У р. Шаитли питание снеговое и ледниковое. Половодье на реках летнее. Часто проходящие селевые потоки подпруживают реки и образуют временные озера. Крупных постоянных озер нет. Для отдыха местного населения используются озера Кухах и Мамадамух на хр. Шериях и 2 безымянных озера на хр. Хуфри.



Рисунок 3. Долина р. Кидеро. Фото Г. Джамирзоева
Figure 3. The valley of the Kidero River.
Photo G. Dzhamirzoev

Реки и озера в сочетании с горами и лесными массивами выступают значительным природным потенциалом для развития туристско-рекреационной деятельности. В перспективе р. Китлярта и ее многочислен-

ные бурные притоки могут стать объектами развития водных видов туризма, главным образом рафтинга. Высокогорные озера также могут быть ресурсом развития некоторых видов туризма – экологического и горного, а

при развитии сервиса и рекреации. Горные вершины и перевалы в совокупности с современными и древними ледниками являются объектами развития альпинизма и горного туризма.

Согласно схеме физико-географического районирования Дагестана, предложенного З.В. Атаевым [10; 15], рассматриваемая территория расположена в пределах трех контрастных природных районов провинции Высокогорного Дагестана Горно-Дагестанской области Большого Кавказа – Водораздельного хребта, Межгорных котловин и Бокового хребта.

В распределении ландшафтов региона наблюдается высотная поясность. Нижний ярус занят лесными ландшафтами [16]. Нижняя полоса леса (от 1400 до 1800 м над уровнем моря) представлена широколиственными лесами (рис. 4). Основными лесообразующими породами являются граб кавказский (*Carpinus caucasica*) и бук восточный (*Fagus orientalis*), к которым примешиваются виды берез (*Betula litwinowii*, *B. pendula*), клен платолистный (*Acer platanoides*), клен Траутфеттера (*Acer trautvetteri*), ольха серая (*Alnus incana*), вяз шершавый (*Ulmus scabra*), липа кавказская (*Tilia caucasica*) и др. Местами значительное участие принимает и сосна Коха (*Pinus kochiana*) [17]. Из других древесно-кустарниковых пород встречаются лещина древовидная (*Corylus colurna*), дуб крупнопольниковый (*Quercus macranthera*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), ива козья (*Salix caprea*), липа мелколистная (*Tilia cordata*), тополь дрожащий (*Populus tremula*), чубушник



Рисунок 4. Лиственные леса в долине р. Китлярта.
Фото З. Атаева

Figure 4. Deciduous forests in the valley of the Kitlyarta River. Photo Z. Ataev

Субнивальная растительность представлена только на южных склонах Богосского хребта и хр. Кириоти, и небольшие участки скально-осыпных сообществ имеются на некоторых вершинах Главного Кавказского хребта. Основной видовой состав растительности этого пояса составляют типичные высокогорные виды, характерные для всего Высокогорного Дагестана.

Флора богата редкими и эндемичными видами. С этой территории описан целый ряд новых для науки видов: сурепка крупноцветковая (*Barbarea grandiflora*), живокость Федорова (*Delphinium fedorovii*), герань Рупрехта (*Geranium ruprechtii*), первоцвет желтенький (*Primula luteola*), первоцвет мучнистолистный (*Primula farinifolia*), собольевская усеченная (*Sobolewskia truncata*), смолевка дагестанская (*Silene daghestanica*) и

кавказский (*Philadelphus caucasicus*), скумпия кожевенная (*Cotinus coggygria*), мушмула германская (*Mespilus germanica*), виды шиповника (*Rosa iberica*, *R. mollis*, *R. spinosissima*), кизильника (*Cotoneaster integerrimus*, *C. melanocarpus*) и боярышника (*Crataegus laevigata*, *C. sanguinea*). Выше 2000 м широколиственные леса сменяются сосновыми и сосново-березовыми лесами, зачастую сплошь покрывающими ущелья рр. Китлярта, Сабакунис-хеви, Халугаиха, Эльбок, Кидеро и Шаитли и их многочисленных притоков. Доминируют травяные и сложные сосняки, в древостое которых господствующую роль играют сосна Коха (*Pinus kochiana*), виды березы (*Betula litwinowii*, *B. pendula*), клен Траутфеттера (*Acer trautvetteri*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), ива козья (*Salix caprea*) и др.

Субальпийский пояс (рис. 5) занимает верхние участки горных хребтов и характеризуется пышным травостоем. С 2500 м начинаются альпийские луга, которые простираются до 3100 м. Флористическое богатство этих лугов уменьшается, и с набором высоты уменьшение видов проявляется еще резче [18]. Травяной покров альпийских лугов образуют виды овсяницы (*Festuca woronowii*, *F. ruprechtii*), тимофеевки (*Phleum alpinum*, *Ph. pratense*), овсец луговой (*Festuca pratensis*), осока седоватая (*Carex caucasica*), манжетка сетчатожилковая (*Alchemilla retinervis*) и манжетка слабая (*Alchemilla mollis*), подорожник скальный (*Plantago saxatilis*), незабудка альпийская (*Myosotis alpestris*) и др.



Рисунок 5. Субальпийский ландшафт.

Фото Г. Джамирзоева

Figure 5. Subalpine landscape. Photo G. Dzhamirzoev

многие др.

Животный мир Дидойской котловины также весьма разнообразен. Из копытных здесь представлены безоаровый козел (*Capra aegagrus*), дагестанский тур (*Capra cylindricornis*), серна (*Rupicapra rupicapra*), косуля (*Capreolus capreolus*), благородный олень (*Cervus elaphus*), кабан (*Sus scrofa*). Вдоль Главного Кавказского хребта, на юго-западном участке, по долинам речек Сабакунис-хеви, Китлярта, Самур, Эльбок и их притокам встречаются все эти виды. В настоящее время для этих мест характерны самые высокие показатели плотности кавказского благородного оленя в Дагестане (верховья рр. Кидеро и Самур), весьма многочисленна серна и встречаются крупные стада безоаровых козлов. В этих местах самый низкий уровень браконьерства по срав-

нению с другими районами, примыкающими к Водораздельному хребту. Связано это с труднодоступностью района и его статусом особо охраняемой пограничной зоны.

В лесах много разных ягод и грибов. В реках и речках водится форель (*Salmo trutta ciscaucasicus*). К ценным промысловым животным относятся заяц-русак (*Lepus europaeus*), лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes*), бурый медведь (*Ursus arctos*), барсук обыкновенный (*Meles meles*), лесная и каменная куницы (*Martes martes*, *M. foina*), рысь обыкновенная (*Linx linx*), кавказский улар (*Tetraogallus caucasicus*), кеклик (*Alectoris chukar*), серая куропатка (*Perdix perdix*).

Сочетание гор, лесов и лугов на территории Дидойской (Шауринской) котловины и ее горного обрамления образуют уникальные аттрактивные ландшафты, которые весьма перспективны для развития здесь экологического туризма. Котловинные ландшафты могут использоваться в лечебных целях (климатолечение, бальнеолечение), спортивно-оздоровительном туризме (охота, рыбалка, сбор грибов, ягод и лекарственных растений, конный туризм, трекинг, горный велотуризм). Горное обрамление котловины потенциально для развития научно-познавательного (геолого-геоморфологические, гидрогеологические, ботанические и зоологические объекты), культурно-исторического (религиозные и этнографические объекты), спортивно-оздоровительного туризма (альпинизм, скалолазание, горный туризм, конный туризм) [8].

В 1983 г. для сохранения высокого биологического и ландшафтного разнообразия территории был создан государственный природный заказник регионального (республиканского) значения «Бежтинский» на площади 38 тыс. га. В 1992 г. территория заказника расширена до 41,3 тыс. га. Из краснокнижных видов в пределах Бежтинского заказника встречается 22 вида высших растений, 24 вида насекомых, 1 вид пресмыкающихся, 11 видов птиц и 7 видов млекопитающих [19].

Особо ценными природными комплексами и объектами на территории заказника являются лесные массивы на левобережье р. Шаитли, леса в междуречье Самура и Эльбока, верховья всех рек. Из-за труднодоступности и пограничного режима территория заказника для туризма и отдыха не используется. Здесь имеются хорошие природные условия для развития речного туризма (сплав на байдарках по горным рекам) и рыбалки (на форель). Возле с. Кидеро известны гидрокарбонатно-хлоридные минеральные источники. Сохранились также фортификационные ландшафты – сторожевые башни времён Кавказской войны (XIX век).

Все реки Бежтинского заказника селеопасны (грязе-каменистого типа), с периодом повторяемости селей один раз в 3-5 лет. Наибольшей опасности от селевых потоков подвергаются сс. Генух, Кидеро, Зехида, Гутатли в долине р. Кидеро и Шаури, Хамаитли, Тляцуда – в долине р. Китлярта.

Основную угрозу для обитающих в заказнике охотничье-промысловых и редких видов зверей и птиц представляет браконьерский отстрел местными жителями.

На территории заказника вблизи всех населенных пунктов имеются несанкционированные (стихийные) свалки бытового мусора. Основная часть мусора и все бытовые стоки сбрасываются прямо в реки. Мусор также оставляется представителями самодельного

«дикого» туризма в местах временных бивуаков.

В 2017 г. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации в целях реинтродукции переднеазиатского леопарда инициировало расширение территории природного заказника федерального значения «Тляртинский», в том числе путем включения в его состав государственных природных заказников регионального подчинения «Бежтинский» и «Кособско-Келебский». Под расширение предлагаются также северный макросклон Главного Кавказского хребта в пределах Бежтинского участка и Цунтинского района, хребет Кириоти, каньон р. Андийское Койсу, большая часть Снегового и Богосского хребтов в Цумадинском районе, верховья р. Казикумухское Койсу в Лакском районе, а также верховья р. Самур в Рутульском районе. Наиболее интересна в плане расширения особо охраняемой природной территории (ООПТ) цунтинская часть, включающая Дидойскую котловину и ее горное обрамление [19]. Расширение ООПТ приведет к улучшению социально-экономического и экологического состояния в регионе, что обеспечит долгосрочную охрану уникального природного комплекса, являющегося значимым объектом природного наследия народов Высокогорного Дагестана, обеспечит сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, создаст условия для долгосрочного воспроизводства редких видов флоры и фауны.

При наличии значительного природно-рекреационного и культурно-исторического потенциала, в Дидойской котловине туристско-рекреационных объектов нет (инфраструктура отсутствует), и ее в перспективе целесообразно развивать.

По территории района проходят горные туристские маршруты через с. Кидеро на юго-восток – на Бежта (развивающийся), на север – на Агвали (начинает развиваться с прокладкой автодороги Агвали – Кидеро), на юг – в Грузию (потенциальный маршрут). В настоящее время пользуются заслуженным спросом у туристов историко-культурные маршруты (знакомство с этническим колоритом территории, этажной застройкой аулов и т.д.).

В Шауринской котловине в качестве проектного предложено строительство туристско-рекреационной зоны вдоль основной водной артерии – р. Китлярта и ее многочисленных притоков. Эта зона характеризуется привлекательностью природных ландшафтов и наличием бальнеологических ресурсов. В районе сс. Кидеро, Хетох, Ретлоб, Хупри и Генух планируется строительство объектов туризма. Здесь предполагается развитие экологического, познавательного, спортивного, религиозно-паломнического и лечебно-оздоровительного видов туризма. Планируется также размещение новых рекреационных объектов, намечено строительство туристических баз в окрестностях сс. Кидеро, Ретлоб и Генух, детских оздоровительных лагерей в окрестностях сс. Хупри и Хетох, а также канатной дороги от с. Ретлоб к с. Халах.

Располагающиеся на территории Дидойской котловины памятники культурно-исторического наследия представлены 20 памятниками истории, 49 памятниками археологии, 29 памятниками архитектуры, 7 памятниками искусства. В последнее время выявлены еще 247 новых памятников культуры, которые могут быть интересны путешественникам для посещения и просмотра. К достопримечательностям относятся древние поселения, оборонительные и сигнально-оборонительные

Потенциальное туристско-рекреационное развитие территории приведет к необходимости анализа угроз от различного вида туристской деятельности, а также от создания и эксплуатации новых для региона объектов рекреации – туристских баз, оздоровительных лагерей и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дидойская (Шауринская) котловина и ее горное обрамление обладают значительным туристско-рекреационным потенциалом для перспективного развития разнообразных видов туризма и имеют на Восточном Кавказе неоспоримые конкурентные преимущества. Атрактивные горные ландшафты с высоким биологическим и ландшафтным разнообразием в сочетании с самобытным культурно-историческим наследием представляют значительный интерес для посетителей и при грамотном подходе могут быть использованы в индустрии гостеприимства региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов Н.И. Из путешествия по Дагестану // Сборник сведений о кавказских горцах, издаваемый с соизволения Его Императорского Высочества Главнокомандующего армией при Кавказском горском управлении. Тифлис, 1868. Выпуск I. Ч. I-III.
2. Атаев З.В. Ландшафтно-экологические особенности Высокогорного Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2011. Т. 7. N 3. С. 9-16.
3. Атаев З.В. Орография высокогорий Восточного Кавказа // Географический вестник. 2012. N 2. С. 4-9.
4. Дроздов А.В. Основы экологического туризма. М.: Гардарики, 2005. 271 с.
5. Дроздов А.В. Как развивать туризм в национальных парках России. Рекомендации по выявлению, оценке и продвижению на рынок туристских ресурсов и туристского продукта национальных парков. М.: Экоцентр «Заповедники», 2000. 61 с.
6. Колбовский Е.Ю. Экологический туризм и экология туризма. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 256 с.
7. Худеньких Ю.А. Подходы к оценке туристского потенциала территории на примере районов Пермского края // География и туризм: Сборник научных трудов. Вып. 2. Пермь: ПГУ, 2006. С. 217-230.
8. Атаев З.В., Пайзуллаева Г.П. Рекреационный потенциал природных районов Республики Дагестан: оценка и перспективы использования. Махачкала: АЛЕФ, 2014. 160 с.
9. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 483 с.
10. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. и др. Физическая география Дагестана. М.: Школа, 1996. 396 с.
11. Атаев З.В., Магомедова А.З. Высокогорный Дагестан – перспективный район развития экологического туризма // Юг России: экология, развитие. 2007. Т. 2. N 4. С. 116-119.
12. Атаев З.В. Современное оледенение Богосского хребта // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. N 2. С. 62-74. Doi: 10.31161/1995-0675-2018-12-262-74
13. Абдулжалимов А.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные климатические изменения высокогорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия

- Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. N 2 (31). С. 86-94.
14. Водные ресурсы Дагестана: состояние и проблемы / Отв. ред. И.М. Сайпулаев, Э.М. Эльдаров. Махачкала, 1996. 180 с.
 15. Атаев З.В. Физико-географическое районирование // Атлас Республики Дагестан. М.: ГУГК, 1999. 19 с.
 16. Атаев З.В. Ландшафты Высокогорного Дагестана и их современное состояние // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2007. N 1. С. 90-99.
 17. Львов П.Л. Леса Дагестана. Махачкала, 1964. 215 с.
 18. Чиликина Л.Н., Шифферс Е.В. Карта растительности Дагестанской АССР. Пояснительная записка. М., 1962. 96 с.
 19. Джамирзоев Г.С., Букреев С.А., Атаев З.В., Абдулаев К.А. Особо охраняемые природные территории Дагестана и их значение для сохранения ландшафтного разнообразия региона // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. Т. 11. N 4. С. 17-26.
 20. Схема территориального планирования Цунтинского муниципального района Республики Дагестан. Том 2. Материалы по обоснованию схемы территориального планирования Цунтинского муниципального района Республики Дагестан. М.: Гипрогор, 2009. 132 с.

REFERENCES

1. Voronov N.I. [From a trip to Dagestan]. In: *Sbornik сведений o kavkazskikh gortsakh, izdavaemyi s soizvoeniya Ego Imperatorskogo Vysochestva Glavnokomanduyushchego armieyu pri Kavkazskom gorskom upravlenii* [Collection of information about the Caucasian highlanders, published with the permission of His Imperial Highness Commander-in-chief of the army at the Caucasian mountain administration]. Tiflis, 1868, iss. I, part I-III. (In Russian)
2. Ataev Z.V. Landscapes and ecological features of high-mountain Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of development of agroindustrial complex of the region]. 2011, vol. 7, no. 3, pp. 9-16. (In Russian)
3. Ataev Z.V. Orography of the highlands of the East Caucasus. *Geograficheskii vestnik* [Geographical Bulletin]. 2012, no. 2, pp. 4-9. (In Russian)
4. Drozdov A.V. *Osnovy ekologicheskogo turizma* [Fundamentals of ecological tourism]. Moscow, Gardariki Publ., 2005, 271 p. (In Russian)
5. Drozdov A.V. *Kak razvivat' turizm v natsional'nykh parkakh Rossii. Rekomendatsii po vyyavleniyu, otsenke i prodvizheniyu na rynek turistskikh resursov i turistskogo produkta natsional'nykh parkov* [How to develop tourism in national parks of Russia. Recommendations for the identification, evaluation and market promotion of tourism resources and tourism product of national parks]. Moscow, Ecocenter "Reserves" Publ., 2000, 61 p. (In Russian)
6. Kolbowski E.Yu. *Ekologicheskii turizm i ekologiya turizma* [Eco-tourism and ecology tourism]. Moscow, "Academy" Publ., 2006, 256 p. (In Russian)
7. Khudenskikh Yu.A. [Approaches to the assessment of the tourist potential of the territory on the example of the Perm region]. In: *Sbornik nauchnykh trudov «Geografiya i turizm»* [Collection of scientific papers "Geography and tourism"]. Perm, PSU Publ., 2006, iss. 2, pp. 217-230. (In Russian)
8. Ataev Z.V., Paizullaeva G.P. *Rekreationsnyy potentsial*

prirodnykh raionov Respubliki Dagestan: otsenka i perspektivy ispol'zovaniya [Recreational potential of natural areas of the Republic of Dagestan: assessment and prospects]. Makhachkala, ALEF Publ., 2014, 160 p. (In Russian)

9. Milanovsky E.E. *Noveishaya tektonika Kavkaza* [The Newest tectonics of the Caucasus]. Moscow, Nedra Publ., 1968, 483 p. (In Russian)

10. Akaev B.A., Ataev Z.V., Gadzhiev B.S., et al. *Fizicheskaya geografiya Dagestana* [Physical geography of Dagestan]. Moscow, Shkola Publ., 1996, 396 p. (In Russian)

11. Atayev Z.V., Magomedova A.Z. High-mountainous Dagestan – the perspective region of development of the ecological tourism. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2007, vol. 2, no. 4, pp. 116-119. (In Russian)

12. Ataev Z.V. Modern glaciation of Bogos ridge. *Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 62-74. Doi: 10.31161/1995-0675-2018-12-262-74 (In Russian)

13. Abdulzhalimov A.A., Ataev Z.V., Bratkov V.V. Contemporary climate changes in high mountain landscapes of North-Eastern Caucasus. *Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences*, 2015, no. 2 (31), pp. 86-94. (In Russian)

14. Saypulaev I.M., Eldarov E.M., eds. *Vodnye resursy Dagestana: sostoyanie i problemy* [Water resources of Dagestan: status and problems]. Makhachkala, 1996, 180 p. (In Russian)

15. Ataev Z.V. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Physical and geographical zoning]. In: *Atlas Respubliki Dagestan* [Atlas of the Republic of Dagestan]. Moscow, GUGK Publ.,

1999, 19 p. (In Russian)

16. Ataev Z.V. Landscapes of the Mountainous Dagestan and their modern status. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences]. 2007, no. 1, pp. 90-99. (In Russian)

17. Lvov P.L. *Lesa Dagestana* [Forests of Dagestan]. Makhachkala, 1964, 215 p. (In Russian)

18. Chilikina L.N., Schiffers E.V. *Karta rastitel'nosti Dagestanskoi ASSR. Poyasnitel'naya zapiska* [Vegetation Map of the Dagestan ASSR. Explanatory note]. Moscow, 1962, 96 p. (In Russian)

19. Dzhahirzoev G.S., Bukreev S.A., Ataev Z.V., Abdullaev A.K. Specially protected natural areas of Dagestan and their importance for the preservation of landscape diversity of the region. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences]. 2017, vol. 11, no. 4, pp. 17-26. (In Russian)

20. *Skhema territorial'nogo planirovaniya Tsuntinskogo munitsipal'nogo raiona Respubliki Dagestan. Materialy po obosnovaniyu skhemy territorial'nogo planirovaniya Tsuntinskogo munitsipal'nogo raiona Respubliki Dagestan* [Scheme of territorial planning of the Tsunta municipal district of the Republic of Dagestan. Materials on justification of the scheme of territorial planning of the Tsuntinsky municipal region of the Republic of Dagestan]. Moscow, Giprogor Publ., 2009, vol. 2, 132 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Загир В. Атаев определил идею исследования, выстроил логику исследования, участвовал в полевых исследованиях, подобрал фотоматериал, структурировал результаты исследования. Муратхан И. Гаджибеков сформулировал проблему, определил методы исследования, участвовал в полевых исследованиях, структурировал текст статьи в логике исследования, подобрал библиографические источники. Касум А. Абдулаев и Раисат Т. Раджабова выполнили анализ, участвовали в полевых исследованиях, составили картографический материал, сформулировали выводы исследования. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Zagir V. Ataev defined the study concept, articulated its logic, participated in field research, selected photographic material and structured the results of the study. Muratkhan I. Gadzhibekov formulated the research structure, determined the research methods, participated in field research, composed the text of the article in accordance with the logic of the research and selected the bibliographic sources. Kasum A. Abdulaev and Raisat T. Radzhabova undertook analyses, participated in the field research, compiled cartographic material and formulated the conclusions of the study. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Обзорная статья / Review article
УДК 598.2 – 578.4
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-92-100

Современное использование и перспективы метода стабильных изотопов для изучения циркуляции вируса гриппа птиц А с мигрирующими птицами

Ольга Р. Друзяка¹, Алексей В. Друзяка², Марина А. Гуляева^{3,4} , Фальк Хюттманн⁵, Александр М. Шестопалов⁴

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

²Институт систематики и экологии животных, Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

⁴Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

⁵Университет Аляски Фэрбенкс, Фэрбенкс, Аляска

Контактное лицо

Марина А. Гуляева, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины; 30117 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2; кафедра физиологии Новосибирского государственного университета; 630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2.
Тел. +79529136513
Email mgulyaeva@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3945-5339>

Формат цитирования

Друзяка О.Р., Друзяка А.В., Гуляева М.А., Хюттманн Ф., Шестопалов А.М. Современное использование и перспективы метода стабильных изотопов для изучения циркуляции вируса гриппа птиц А с мигрирующими птицами // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.92-100. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-92-100

Получена 22 января 2019 г.
Прошла рецензирование 14 марта 2019 г.
Принята 5 мая 2019 г.

Резюме

Цель. Трансмиссия патогенов – глобальное биологическое явление, тесно связанное с миграциями птиц. Анализ проводился с целью понимания и оценки перспективы применения метода стабильных изотопов (SIA) для изучения циркуляции вируса гриппа птиц А с мигрирующими птицами.

Обсуждение. Недостаточное количество данных о расстоянии миграции инфицированных птиц и их межпопуляционных связях оставляет открытым вопрос передачи высокопатогенного вируса гриппа (ВПВГ) в популяции диких птиц. Более глубокое изучение роли миграций в распространении ВПВГ, возможно, позволит эффективнее исследовать передачу вирусного патогена между особями на миграционных остановках и уточнит глобальные миграционные маршруты. Новые методические подходы позволяют получать более полное представление о географии и фенологии миграций, и последствиях миграционного поведения для биологии видов. Изучение количественной составляющей миграционных потоков, представляется более перспективным на основе анализа содержания стабильных изотопов (SIA) в тканях птиц. Данный метод используется для решения различных экологических задач, в том числе и изучения миграций животных.

Заключение. На основании литературных данных показано, что SIA перспективен для уточнения миграционных маршрутов птиц и количественной оценки их интенсивности. Разрешающей способности метода достаточно для определения миграционных путей носителей вирусных патогенов в масштабах зоогеографических подобластей и подробнее. Однако к настоящему моменту таких исследований немного, а на территории России их вовсе не проводилось. Возможно, расширение использования метода SIA выявит новые пути распространения вирусных инфекций птиц.

Ключевые слова

миграции птиц, методы трассирования миграций, стабильные изотопы, дикие водоплавающие птицы, зоонозы, вирус гриппа птиц.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Modern application and prospects of the stable isotopes method for studying avian influenza A virus transmission in migratory birds

Olga R. Druzyaka¹, Aleksey V. Druzyaka^{2,3}, Marina A. Gulyaeva^{3,4} , Falk Huettmann⁵ and Aleksandr M. Shestopalov⁴

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

⁴Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

⁵University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska, USA

Principal contact

Marina A. Gulyaeva, Novosibirsk State University; 2 Pirogova St, Novosibirsk, Russia 630090 & Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine; 2 Timakova St, Novosibirsk, Russia 30117.

Tel. +79529136513

Email mgulyaeva@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3945-5339>

How to cite this article

Druzyaka O.R., Druzyaka A.V., Gulyaeva M.A., Huettmann F., Shestopalov A.M. Modern application and prospects of the stable isotopes method for studying avian influenza A virus transmission in migratory birds. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 92-100. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-92-100

Received 22 Junyary 2019

Revised 14 March 2019

Accepted 5 May 2019

Abstract

Aim. The circulation and transmission of pathogens is a global biological phenomenon that is closely associated with bird migration. This analysis was carried out with the aim of understanding and assessing the prospects of using the stable isotope method to study the circulation and transmission of the avian influenza A virus via migratory birds.

Discussion. Insufficient data on the distances of migration of infected birds and their interpopulational relationships leaves open the question of the transmission of highly pathogenic influenza viruses (HSV) in the wild bird population. A deeper study of the role of migrations in the spread of HSV may possibly allow the more effective investigation of the transmission of the viral pathogen between individuals at migration stopover sites and the clarification of global migration routes. New methodological approaches are providing a more complete picture of the geography and phenology of migrations, as well as of the consequences of migratory behavior for species biology. The study of the quantitative component of migratory flows based on the analysis of the content of stable isotopes (SIMS) in bird tissues seems very promising. This method is being applied to the solution of various environmental issues, including the study of animal migrations.

Conclusion. Based on data from the scientific literature, it is shown that SIMS is promising for the clarification of bird migration routes and the quantification of their intensity. The resolving power of the method is sufficient to determine the migration pathways of carriers of viral pathogens on the scale of zoogeographic subdomains and in even further detail. However, to date, there have been few such studies: in Russia they have not been conducted at all. The increased use of the SIMS methodology may possibly reveal new ways in which viral infections are spread via birds.

Key Words

bird migrations, migration tracing methods, stable isotopes, wild waterfowl, zoonoses, avian influenza virus.

©2019 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.

ВВЕДЕНИЕ

Миграция – регулярное сезонное перемещение особей, в том числе, между гнездовой и прочими частями ареала. Данный процесс широко распространен среди различных групп животных, и в особенности, среди птиц [1]. Для картирования миграционных перемещений животных разработан ряд методов, которые можно разделить на прямые и косвенные. Первые предполагают непосредственное наблюдение за перемещением особей (например, следование за птицей на летательном аппарате или тропление на снежном покрове) или специального внешнего маркера (кольца, разнообразные метки других типов), вторые – анализ естественных биологических или биогеохимических маркеров прошлых мест обитания особи [2].

На территории бывшего СССР, несмотря на обширные материалы наблюдений за мигрирующими птицами и их мечения (главным образом, кольцеванием) [3; 4], мы по-прежнему плохо знаем миграционные связи внутри ареала большинства видов. Наблюдения и учеты мигрирующих птиц дают представление об интенсивности и сроках пролета, но сами по себе ничего не сообщают о миграционных маршрутах конкретных особей. Вероятность повторного отлова птицы, мигрировавшей из места кольцевания невелика. Нередко между временем кольцевания и повторной встречей окольцованной птицы проходит несколько лет. Конечно, такие сведения дают некоторое представление о продолжительности жизни птиц, но они ничего не говорят о деталях каждого перелета [5]. Кроме того, накопленные в недавнем прошлом данные о миграциях частично требуют пересмотра в связи с изменением границ ареалов некоторых видов [6].

До середины 1990-х годов возможность устанавливать миграционные связи и давать оценку сезонной взаимосвязи, была ограничена традиционными методами отлова и кольцевания птиц. Однако, этот подход наиболее эффективен при применении к большим выборкам, обычно доступным только для охотничьих видов [7; 8]. Появление и развитие метода анализа стабильных изотопов в тканях животных (SIA) изменило эту ситуацию, поскольку с его помощью можно судить о месте гнездования или зимовки, а также времени перелета на основе только однократного контакта с птицей. Из-за относительной простоты отбора образцов и однократности контакта с птицей метод может применяться массово. В итоге, метод SIA оказывается принципиально новым инструментом, позволяющим реконструировать сами миграционные маршруты и их межгодовую динамику на популяционном уровне [9].

Интерес к феномену миграций животных, также, связан с их важной ролью в циркуляции различных паразитов, в том числе опасных для человека и сельскохозяйственных животных [10; 11]. Межвидовая передача патогенов в глобальном масштабе – одно из фундаментальных биологических явлений, тесно связанных с миграциями птиц, которое оказывает влияние, как на сами мигрирующие популяции, так и на другие виды, обитающие совместно с мигрантами. В число последних входит человек и сельскохозяйственные животные, поэтому проблема трансмиссии патогенов имеет не только фундаментальное, но и весьма острое прикладное значение. Внедрение новых методических подходов позволяет расширять наши представления о географии и фенологии миграций, о биогенных и абиогенных факто-

рах и последствиях миграционного поведения для биологии видов.

По территории России проходят все известные в Евразии миграционные коридоры птиц. Из 657 видов птиц, гнездящихся в России [6], около 67% связывают сезонными перелетами территорию РФ с сопредельными частями Евразии [12]. При этом в отдельных регионах Российской Федерации отмечено высокое разнообразие зоонозных патогенов – например, в области пересечения миграционных коридоров птиц на юге Западной Сибири были выделены штаммы вируса гриппа птиц А, которые ранее выделялись в противоположных частях континента – от Северной и Западной Европы до Юго-Восточной Азии [13]. Резонно предположить, что столь высокое локальное разнообразие вирусных патогенов связано с географией пролетных путей птиц, однако, конкретные механизмы этой связи все еще неясны. В частности, неизвестны в точности ни виды-переносчики, ни конкретные пути трансмиссии, ни природные или антропогенные факторы, влияющие на перемещение патогенов с птицами. Применение новых методов трассировки миграций в областях пересечения пролетных путей позволит прояснить картину циркуляции вирусных патогенов по Евразии в целом и в России, в частности.

В данной работе описаны перспективы изотопного картирования миграций животных как перспективного метода уточнения маршрутов птиц с целью выявления механизмов циркуляции вирусов гриппа А на территории России.

ОБСУЖДЕНИЕ

Методы изучения миграций диких птиц и циркуляция вирусов гриппа птиц А

Вирусы гриппа А (ВГА) птиц имеют широкий круг хозяев, включающий различные виды млекопитающих и птиц. Однако, основным естественным резервуаром, обеспечивающим непрерывную циркуляцию вируса гриппа, считаются дикие птицы водного и околородного комплекса, относящихся к отрядам *Anseriformes* (дикие утки и гуси) и *Charadriiformes* (чайки, крачки, кулики) [10].

Большинство представителей этих отрядов совершают сезонные миграции на большие расстояния, и этим способствуют географическому распространению различных штаммов ВГА. Для понимания закономерностей циркуляции вируса гриппа птиц в природе и предсказания всплеск заболеваний, вызванных опасными штаммами, необходима максимально полная картина путей миграции, численности и структуры популяций видов-переносчиков.

Направления миграции и места зимовок разных видов птиц, в целом, изучены с помощью кольцевания. Численность водоплавающих птиц подвергается непрерывному мониторингу, в том числе со стороны государственных надзорных органов, однако миграционные потоки и генетическая структура популяций видов, имеющих широкий ареал обитания, изучены хуже, а мониторинг того и другого на регулярной основе в России не проводится. В советский период были собраны значительные массивы данных по миграциям птиц по территории России и бывших советских республик, выявлены ключевые точки миграционных путей, установлены сроки пролета и численность птиц, в том числе и водоплавающих [14]. Было проведено массовое кольцевание птиц и налажено получение колец, снятых с

добытой охотниками птицы [3]. Все это позволило выяснить магистральные направления и сроки миграций птиц по территории бывших СССР, а также, установить районы зимовки для большинства видов. В тоже время, структура популяций видов в пределах ареалов гнездования для большинства видов в основном осталась неизвестной, вследствие чего затруднительно прогнозировать характер обмена вирусными патогенами, как в пределах ареала гнездования, так и между различными зимовочными площадками.

Недостаточное количество данных о путях миграции инфицированных птиц и их межпопуляционных связях оставляет открытым вопрос о механизме трансмиссии ВГА у диких видов [15] и, в частности, не позволяет делать предсказания времени и места вспышек высокопатогенных ВГА вдали от очага возникновения. Более того, складывающаяся эпизоотологическая картина, например, вспышка высокопатогенного ВГА среди диких птиц в середине гнездового сезона, через 35-45 суток после окончания весенней миграции видов-носителей [16], подчас не имеет адекватного объяснения. Возможно, более глубокое исследование потенциала передачи вирусного патогена между особями на миграционных остановках [17] и детальная трассировка миграционных маршрутов позволит уточнить роль миграций птиц в циркуляции и распространении вирусных патогенов, в том числе, вирусов гриппа птиц А. Сроки и маршруты миграционных перелетов повсеместно уточняются с помощью новых инструментальных подходов, дополняющих собой традиционное кольцевание и наблюдение за миграциями в ключевых точках пролета.

Популярным подходом к картированию миграционных путей является дистанционный трекинг индивидуальных перелетов на основе VHF-, GPS- или GSM-позиционирования, в том числе и в районах массовых проявлений высокопатогенных ВГА [18]. К неоспоримым достоинствам телеметрии следует отнести исчерпывающую информацию о времени и маршруте (треке) перелета помеченной особи. К недостаткам – высокую затратность метода. Кроме того, дистанционные устройства имеют ряд взаимосвязанных технических ограничений (заряд батареи, ограничения по весу устройства и сроку действия), а также неизбежно влияют на поведение помеченной особи. Таким образом, трекинг с помощью телеметрии обычно охватывает небольшое число особей и не дает картину в целом по популяции. Он ограничен временем работы устройства, и может содержать искажения, вызванные изменением поведения птицы-носителя [19].

Упомянутый выше метод анализа стабильных изотопов в тканях животных (SIA) также позволяет судить о географии миграций различных видов птиц, хотя и требует определенной методологической коррекции [20]. Изотопный состав перьев, дает представления о местах последней линьки птицы. По образцам перьев, собранных в месте зимовки птиц, мы можем судить о местах послегнездовой линьки, а следовательно, и о местах размножения. Аналогично, по перьям, отобранным у птиц в гнездовых угодьях сразу после прилета с мест зимовки, можно судить о местах послебрачной линьки, которая нередко совпадает с местами зимовки [21; 22]. В отличие от рассмотренного выше телеметрического трекинга, пространственное разрешение этой методики картирования перемещений птиц относительно невелико. Кроме того, картирование места происхождения отдельного образца, зачастую, не пред-

ставляется возможным [22; 23]. Тем не менее, образцы перьев от группы в 20-50 особей могут дать представление о расстоянии перелета, а также о внутрigrупповой изменчивости миграционного поведения. Этот метод относительно недорог и применим для птиц любого размера, тогда как полноценные спутниковые передатчики, доступные в настоящее время, не отличаются дешевизной и могут использоваться только для птиц весом более 200 г. Облегченные даталоггеры, подходящие для мелких птиц, имеют ограниченный радиус действия, низкую точность позиционирования, и требуют повторного отлова птицы [24].

Метод анализа стабильных изотопов имеет ещё одно качественное отличие от дистанционного трекинга, важное для изучения механизмов циркуляции зоонозов. Возможность взять образцы ткани у большого числа птиц, как стерильных, так и зараженных исследуемым патогеном, позволяет сравнить места их происхождения на статистически достоверном материале. Использование внешних маркеров (колец или устройств дистанционного трекинга) позволяет отследить перемещения лишь у небольшого числа помеченных особей. Учитывая невысокий процент заражения зоонозами в естественных популяциях [13], вероятность напрямую проследить естественные пути распространения патогенов, таким образом, крайне мала. По всей видимости, именно поэтому SIA на сегодняшний день, зачастую, является единственным методом, который обеспечивает достаточный объем материала для картирования миграций птиц и изучение их паразитарной нагрузки (в том числе, ВГА) на популяционном уровне. Наибольшее число работ по такой схеме выполнены на популяциях, гнездящихся или зимующих внутри Европы и в Северной Америке [25; 26]. Существуют единичные исследования для птиц Юго-Восточной Азии. В частности, исследование миграции потенциального носителя высокопатогенных штаммов ВГА, материкового подвида большого баклана (*Phalacrocorax carbo sinensis*) на Тайване с использованием SIA позволило узнать миграционные маршруты 98 особей [24], тогда как аналогичные работы с использованием устройств дистанционного трекинга ограничены десятком особей [18]. Территория России затронута такими исследованиями опосредованно, за счет птиц, зимующих в Европе [26; 27], на территории Сибири и Дальнего Востока России, насколько известно из литературных данных, такие работы не проводились.

Анализ содержания стабильных изотопов в биологических тканях

Основные биогенные элементы (водород, кислород, азот и углерод) имеют более одного стабильного изотопа. Стабильными называются нерадиоактивные изотопы, которые существуют длительное время, в сравнении с жизненным циклом отдельного организма. Животные получают все перечисленные химические элементы главным образом из пищи (углерод и азот) либо с водой (кислород и водород). Метод анализа стабильных изотопов основан на различной скорости протекания реакций фазового перехода для молекул одного вещества с различным изотопным составом вследствие небольших различий атомной массы изотопов. Это приводит к так называемому фракционированию, т.е. разделению тяжелых и легких изотопов в различных средах. Если бы такого разделения не существовало, изотопный состав воды во всей гидросфере Земли был бы одинаковым,

что не соответствует действительности [28].

Концентрации тяжелых изотопов выражают в атомных процентах, т.е. доле атомов тяжелого изотопа от всех атомов данного элемента. Изотопный состав живых организмов варьирует в довольно узких пределах, поэтому его принято выражать в тысячных долях отклонения от международного стандарта [30] и обозначать как δ . Для водорода и кислорода, содержащихся в осадках, это V-SMOW-2 – Vienna Standart Mean Ocean Water (стандартная средняя океаническая вода). Этот стандарт создан на основе дистиллированной океанической воды, собранной из разных частей света. Цифра 2 означает, что нынешний стандарт средней океанической воды – второй по счету, так как первый стандарт, изготовленный еще в 1960-х годах, закончился. Изготовлением и распространением стандартов занимается Лаборатория изотопной гидрологии при МАГАТЭ в Вене, Австрия [29; 30].

Такой подход связан с повсеместно применяемой методикой масс-спектрометрических измерений, при которой концентрацию тяжелых изотопов в исследуемом образце сравнивают с концентрацией этих изо-

топов в стандартном образце. Это позволяет с высокой точностью определить относительную изотопную концентрацию, иначе говоря, изотопную подпись исследуемого образца. Точность измерения концентрации изотопов в массовых анализаторах составляет обычно 0,2-0,5‰. Общая формула для вычисления изотопной подписи выглядит следующим образом:

$$\delta^n X_{\text{образец}} = [(R_{\text{образец}}/R_{\text{стандарт}}) - 1] \times 1000 \text{‰}$$

где X – это исследуемый элемент, n – номер тяжелого изотопа, R – молярное соотношение тяжелого и легкого изотопов элемента [28].

Для изотопного анализа используют целый организм (мелкие животные) или отдельные ткани животных. Для стандартного анализа требуется несколько миллиграммов анализируемого вещества, более того, возможен анализ существенно меньших образцов [31].

Распространенность изотопов одного и того же элемента в природе существенно различается. Более легкая форма, как правило, более распространена. Например, среди всех изотопов кислорода доля ^{16}O составляет 99,762%, а среди изотопов углерода доля ^{12}C равна 99,83% (табл. 1) [29].

Таблица 1. Среднее содержание изотопов основных биогенных элементов в сухом веществе наземных экосистем
Table 1. The average content of isotopes of main nutrients in solid matter of terrestrial ecosystems

Элемент / Nutrient	Изотоп / Isotope	% от общего количества элемента / % of the total amount of element
Водород / Hydrogen	^1H	99,985
	^2H	0,015
Углерод / Carbon	^{12}C	98,890
	^{13}C	1,110
Азот / Nitrogen	^{14}N	99,630
	^{15}N	0,370
Кислород / Oxygen	^{16}O	99,759
	^{17}O	0,037
	^{18}O	0,204
Сера / Sulphur	^{32}S	95,000
	^{33}S	0,760
	^{34}S	4,220
	^{36}S	0,014

Исследования миграции птиц с помощью SIA

Применение стабильных изотопов в экологических исследованиях основано на принципе «вы едите то, что вы едите». Соотношение стабильных изотопов варьирует между трофическими уровнями одного сообщества и между самими этими сообществами. Включаясь в ткань животного через его рацион, изотопный состав пищи отражается на изотопной подписи особи. Поэтому соотношение стабильных изотопов в ткани животных непосредственным образом связано с их диетой, а время пребывания элементов в тканях зависит от скорости метаболизма [32].

Соотношение стабильных изотопов изменяется предсказуемо по всему ландшафту, а определённые ткани животных, как правило, отражают соотношение стабильных изотопов в его локальной среде обитания. Таким образом, иногда можно сделать вывод о местонахождении животного, перемещающегося между пищевыми сетями [32]. При этом важно выбрать подходящую ткань для изотопного анализа, поскольку ткани отличаются метаболической активностью, а значит и характером обмена изотопами с окружающей средой [31].

Ткани, основу которых составляет кератин, метаболически инертны после синтеза. Они обычно используются для изучения миграций, поскольку изотопная подпись, отражающая место, где происходил рост тка-

ни, остается неизменной. Хотя некоторые из этих тканей могут продолжать расти в течение длительного периода, соотношение стабильных изотопов сохраняется в структуре кератина неизменным [32]. Исключение составляют изотопы водорода, поскольку возможен некоторый обмен изотопами с водородом в парах окружающей воды [4], но необходимая поправка вносится за счет одновременного анализа стандартного образца кератина вместе с исследуемыми тканями, например, так называемый Caribou Hoof Standard [33]. И наоборот, метаболически активные ткани сообщают информацию о диете организма за относительно короткий предшествующий период. Например, изотопные подписи различных тканей хищных птиц отражают различные периоды их питания. Так, изотопная подпись крови отражает характер питания на протяжении трех недель до взятия пробы, а плазма крови – за прошедшие сутки [34]. Поэтому при исследовании миграции животных за продолжительный период времени используют метаболически инертные ткани, в то время как при исследовании передвижений за короткий период (например, для различия вновь прибывших и резидентных особей) используют метаболически активные ткани.

Открытие связи изменений изотопного состава тканей животных (например, костей, мышц, яичной скорлупы, перьев) с изотопным составом окружающей среды [35; 36] послужило базисом для исследования

географического происхождения образцов тканей разных групп позвоночных и даже членистоногих [36; 37]. Эффективность стабильных изотопов для изучения миграции птиц впервые убедительно показана в работах Чемберляйна и соавторов [4], а также Хобсона и Вассеняара [8]. Авторы первой работы, сравнив изотопный состав водорода (дейтерий, δD), углерода ($\delta^{13}C$) и стронция ($\delta^{87}Sr$) в тканях мигрирующих птиц, сделали вывод, что по изотопной подписи образца можно установить места размножения мигрирующих видов, количественно оценить степень смешения размножающихся популяций во время миграции и на местах зимовки, и

выявили ряд других аспектов структуры популяции мигрирующих животных. В работе Хобсона и Вассеняара впервые показана высокая корреляция между δD в перьях 6 видов неотропических мигрирующих певчих птиц и в осадках в местах их размножения на территории Северной Америки. Выраженный широтный градиент δD в осадках на всей территории Северной Америки (рис. 1) позволил авторам локализовать происхождение образцов, добытых на зимовках в Центральной и Южной Америке и тем самым картировать миграционные маршруты сравнительно большой (140 образцов) группы особей.

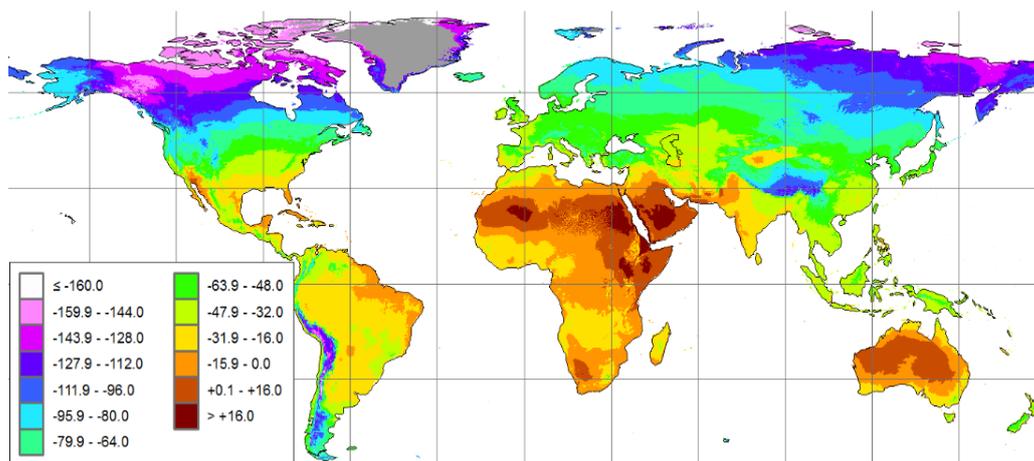


Рисунок 1. Паттерны распределения средневзвешенного по теплому сезону количества дейтерия в осадках по поверхности суши на основе 50-летних наблюдений сети GNIP. Теплый сезон – период положительных среднемесячных температур воздуха. На легенде указано содержание дейтерия в ‰, относительно стандарта VSMOW-SLAP [38]

Figure 1. Patterns of the distribution of the average amount of deuterium in precipitation during the warm season over the land surface - based on 50-year observations of the GNIP. The warm season is a period of positive average monthly air temperatures. The legend indicates the content of deuterium in ‰, relative to the VSMOW-SLAP standard [38]

В этих работах впервые показано, что изотопы водорода можно использовать для связывания мест размножения и зимовки мигрирующих птиц, перемещающихся между регионами с различным содержанием изотопов водорода в осадках. В обзоре Р. Ингера и С. Бирхопа [9], приведены примеры новых аспектов миграций птиц, обнаруженных с помощью метода SIA. В частности, методом SIA удалось обнаружить более широкое расселение молодых особей дрозда Бикнелла в гнездовых угодьях в сравнении со старшей частью популяции. Для ряда других видов воробьинообразных SIA позволил идентифицировать феномен скачковой (leap-frog) миграций. Кроме того, SIA дает возможность определить происхождение «бродячих» особей, обнаруженных за пределом их видового географического ареала. Эти и другие примеры основаны на массовом применении анализа содержания стабильных изотопов в перьях птиц, собранных одновременно в разных частях ареалов исследуемых видов, что отличает метод SIA от прочих подходов к изучению миграций птиц. Существенные познавательные возможности обуславливают и популярность метода – с 1997 года опубликовано несколько сотен работ, посвященных уточнению пространственной структуры ареалов перелетных птиц методом SIA.

Изменчивость концентрации изотопов между различными регионами

Относительная распространенность дейтерия (δD) сильно зависит от кинетических процессов, связанных с температурой, испарением и конденсацией [30]. При понижении

среднегодовой температуры воздуха на 1 градус средний годовой изотопный состав осадков уменьшается на 0,7 ‰ по ^{18}O и примерно на 5,6 ‰ по дейтерию. По мере накопления данных об изотопном составе осадков в различных регионах мира значения могут меняться. Также могут наблюдаться различия в изотопно-температурной зависимости между различными регионами планеты. Тем не менее, сам факт сильной статистически значимой связи между этими двумя параметрами остается неизменным. Данные об изотопном составе осадков на планете собираются в рамках совместной программы МАГАТЭ – ВМО GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) специализированными станциями, неодинаково распределенными по поверхности Земли, и представленными в интерактивном режиме на открытом веб-ресурсе.

Связь между температурой воздуха и изотопным составом осадков проявляется в ряде географических закономерностей: широтная (при увеличении расстояния от экватора происходит уменьшение δD), сезонная (более низкая δD в составе осадков зимой, и более высокая δD летом) и высотная (понижение δD в составе осадков с увеличением высоты над уровнем моря). Следует отметить, что δD -изотопный ландшафт Евразии сложнее и в восточной части менее выразителен, чем у Северной Америки, что снижает точность географической локализации образцов методом SIA.

Ограничения метода SIA для изучения миграций птиц
Накопленный опыт применения метода SIA для изучения

географии и фенологии миграций птиц выявил и его ограничения. В частности, корректное применение метода для локализации места линьки или рождения особи, требует знания точного времени этих событий, при этом другие события миграционного цикла птицы (например, остановки во время миграции), остаются неохваченными [19; 29]. Кроме того, требуется внесение поправки на внутригодовую динамику содержания изотопов в осадках, и даже после этого точность географической привязки невысока и вдобавок зависит от плотности расположения GNIP-станций [38].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании данных о методе анализа стабильных изотопов (SIA) в образцах перьев, приведенных в мировой литературе, можно сделать вывод о том, что данный метод можно использовать для изучения фенологии и географии миграций птиц. Разрешающей способности метода достаточно для определения миграционных путей носителей зоонозов, в том числе вирусов гриппа птиц А с точностью до географической подобласти или точнее. На данный момент, в этих целях метод используется очень ограниченно, а на территории России – вовсе не применяется. В целом, метод SIA обладает сравнительно невысокой географической разрешающей способностью, в сравнении с кольцеванием или дистанционным позиционированием, но его несомненными преимуществами являются возможность количественной оценки доли мигрантов из разных регионов в одной выборке и минимальное число контактов с птицей. Массовое применение метода SIA позволяет выйти на принципиально новый количественный уровень анализа миграционных потоков носителей патогенов и, следовательно, даёт возможность более точно моделировать распространение зоонозных инфекций, переносимых дикими птицами, а также прогнозировать наиболее вероятные географические точки возникновения вспышек.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 18-54-70006 и МАГАТЭ (Контракт № 22563).

ACKNOWLEDGEMENT

The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research through research project № 18-54-70006 and IAEA (Research Contract № 22563).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Newton I. The migration ecology of birds. Elsevier. 2010. 984 p.
2. Rubenstein D.R., Hobson K.A. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes // Trends in ecology & evolution. 2004. V. 19. Iss. 5. P. 256-263. Doi: 10.1016/j.tree.2004.03.017
3. Бианки В.В., Добрынина И.Н. Миграции птиц Восточной Европы и Северной Азии // Пластиночатокрылые. Речные утки. М.: Наука, 1997. 320 с.
4. Veen J., Yurlov A.K., Delany S.N., Mihantiev A.I., Selivanova M.A., Boere G.C. An atlas of movements of Southwest Siberian waterbirds. Wetlands Internat., Wageningen. 2005. P. 10-17.
5. Webster M.S., Marra P.P., Haig S.M., Bensch S., Holmes R.T. Links between worlds: unraveling migratory connectivity // Trends in Ecology & Evolution. 2002. V. 17. Iss. 2. P. 76-83. Doi: 10.1016/S0169-5347(01)02380-1

6. Коблик Е., Архипов В., Редькин Я. Список птиц Российской Федерации. Litres. 2018. 256 с.
7. Chamberlain C.P., Blum J.D., Holmes R.T., Feng X.H., Sherry T.W., Graves G.R. The use of isotope tracers for identifying populations of migratory birds // Oecologia. 1996. V. 109. Iss. 1. P. 132-141. Doi: 10.1007/s004420050067
8. Hobson K.A., Wassenaar L.I. Linking breeding and wintering grounds of neotropical migrant songbirds using stable hydrogen isotopic analysis of feathers // Oecologia. 1997. V. 109. Iss. 1. P. 142-148. Doi: 10.1007/s004420050068
9. Inger R., Bearhop S. Applications of stable isotope analyses to avian ecology // Ibis. 2008. V. 150. Iss. 3. P. 447-461. Doi: 10.1111/j.1474-919X.2008.00839.x
10. Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses // Microbiology and molecular biology reviews. 1992. V. 56. Iss. 1. P. 152-179.
11. Reed K.D., Meece J.K., Henkel J.S., Shukla S.K. Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens // Clinical medicine and research. 2003. V. 1. Iss. 1. P. 5-12.
12. Михеев А.В. Пространственная структура популяций у птиц // Русский орнитологический журнал. 2010. Т. 19. N 592. С. 1499-1509.
13. De Marco M.A., Sharshov K., Gulyaeva M., Delogu M., Ciccarese L., Castrucci M. R., Shestopalov A. Chapter: Ecology of Avian Influenza Viruses in Siberia. Book: Siberia: Ecology, Diversity and Environmental Impact, Nova Science Pub Inc. 2016. 235 p.
14. Гаврилов Э.И., Равкин Ю.С. Миграции птиц в Азии. Новосибирск: Наука, 1986. 261 с.
15. Gaidet N., Cappelle J., Takekawa J.Y., Prosser D.J., Iverson S.A., Douglas D.C., Perry W.M., Mundkur T., Newman S.H. Potential spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 by wildfowl: dispersal ranges and rates determined from large-scale satellite telemetry // Journal of Applied Ecology. 2010. V. 47. Iss. 5. P. 1147-1157. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01845.x
16. Gulyaeva M.A., Sharshov K.A., Zaykovskaia A.V., Shestopalova L.V., Shestopalov A.M. Experimental infection and pathology of Clade 2.2 H5N1 virus in gulls // J Vet Sci. 2016. V. 17. Iss. 2. P. 179-188. Doi: 10.4142/jvs.2016.17.2.179
17. Takekawa J.Y., Newman S.H., Xiao X., Prosser D.J., Spragens K.A., Palm E.C., Yan B., Li T., Lei F., Zhao D., Douglas D.C., Muzaffar S.B., Ji W. Migration of waterfowl in the East Asian flyway and spatial relationship to HPAI H5N1 outbreaks // Avian Dis. 2010. V. 54. Suppl. 1. P. 466-476. Doi: 10.1637/8914-043009-Reg.1
18. Iverson S.A., Gavrilov A., Katzner T.E., Takekawa J.Y., Miller T.A., Hagemeyer W., Mundkur T., Sivananthaperumal B., DeMattos C.C., Ahmed L.S., Newman S.H. Migratory movements of waterfowl in Central Asia and avian influenza emergence: sporadic transmission of H5N1 from east to west // Ibis. 2011. V. 153. Iss. 2. P. 279-292. Doi: 10.1111/j.1474-919X.2010.01095.x
19. Cappelle J., Iverson S.A., Takekawa J.Y., Newman S.H., Dodman T., Gaidet N. Implementing telemetry on new species in remote areas: recommendations from a large-scale satellite tracking study of African waterfowl // Ostrich. 2011. V. 82. Iss. 1. P. 17-26. Doi: 10.2989/00306525.2011.556786
20. Hobson K.A. Stable isotopes and the determination of avian migratory connectivity and seasonal interactions // The Auk. 2005. V. 122. Iss. 4. P. 1037-1048. Doi: 10.1093/auk/122.4.1037
21. Yuan-Mou C., Hatch K.A., Ding T.S., Eggett D.L., Yuan H.W., Roeder B.L. Using stable isotopes to unravel and predict the origins of great cormorants (*Phalacrocorax carbo*

- sinensis*) overwintering at Kinmen // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2008. V. 22. Iss. 8. P. 1235-1244. Doi: 10.1002/rcm.3487
22. Wunder M.B., Kester C.L., Knopf F.L., Rye R.O. A test of geographic assignment using isotope tracers in feathers of known origin // *Oecologia*. 2005. V. 144. Iss. 4. P. 607-617. Doi: 10.1007/s00442-005-0071-y
23. Kelly J.F., Johnson M.J., Langridge S., Whitfield M. Efficacy of stable isotope ratios in assigning endangered migrants to breeding and wintering sites // *Ecol. Appl.* 2008. V. 18. Iss. 3. P. 568-576.
24. Hallworth M.T., Marra P.P. Miniaturized GPS Tags Identify Non-breeding Territories of a Small Breeding Migratory Songbird // *Scientific Reports*. 2015. V. 5. P. 1106-1109. Doi: 10.1038/srep11069
25. Hill N.J., Takekawa J.Y., Ackerman J.T., Hobson K.A., Herring G., Cardona C.J., Runstadler J.A., Boyce W.M. Migration strategy affects avian influenza dynamics in mallards (*Anas platyrhynchos*) // *Molecular Ecology*. 2012. V. 21. Iss. 24. P. 5986-5999. Doi: 10.1111/j.1365-294X.2012.05735.x
26. Guillemain M., van Wilgenburg S.L., Legagneux P., Hobson K.A. Assessing geographic origins of Teal (*Anas crecca*) through stable-hydrogen ($\delta^2\text{H}$) isotope analyses of feathers and ring-recoveries // *Journal of Ornithology*. 2014. V. 155. Iss. 1. P. 165-172. Doi: 10.1007/s10336-013-0998-4
27. Fox A.D., Hobson K.A., de Jong A., Kardynal K.J., Koehler G., Heinicke T. Flyway population delineation in Taiga Bean Geese *Anser fabalis fabalis* revealed by multi-element feather stable isotope analysis // *Ibis*. 2017. V. 159. Iss. 1. P. 66-75. Doi: 10.1111/ibi.12417
28. Michener R.H., Lajtha K. Stable isotopes in ecology and environmental science. Blackwell Pub., 2007, 591 p.
29. Viljoen G.J., Luckins A.G., Naletoski I. Stable Isotopes to Trace Migratory Birds and to Identify Harmful Diseases. Springer. 2016. 43 p.
30. Екайкин А.А. Стабильные изотопы воды в гляциологии и палеогеографии. Санкт-Петербург: Изд. ААНИИ. 2016. 63 с.
31. Rubenstein D.R., Hobson K.A. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes // *Trends in ecology & evolution*. 2004. V. 19. Iss. 5. P. 256-263. Doi: 10.1016/j.tree.2004.03.017
32. Hobson K.A. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review // *Oecologia*. 1999. V. 120. Iss. 3. P. 314-326. Doi: 10.1007/s004420050865
33. Wassenaar L.I., Hobson K.A. Improved Method for Determining the Stable-Hydrogen Isotopic Composition (δD) of Complex Organic Materials of Environmental Interest // *Environ. Sci. Technol.* 2000. V. 34. Iss. 11. P. 2354-2360. Doi: 10.1021/es990804i
34. Bearhop S., Waldron S., Votier S.C., Furneset R.W. Factors that influence assimilation rates and fractionation of nitrogen and carbon stable isotopes in avian blood and feathers // *Physiol. Biochem. Zool.* 2002. V. 75. Iss. 5. P. 451-458. Doi: 10.1086/342800
35. Schaffner F.C., Swart P.K. Influence of diet and environmental water on the carbon and oxygen isotopic signatures of seabird eggshell carbonate // *Bulletin of Marine Science*. 1991. V. 48. Iss. 1. P. 23-38.
36. Vogel J.C., Eglinton B., Auret J.M. Isotope fingerprints in elephant bone and ivory // *Nature*. 1990. V. 346. P. 747-749. Doi: 10.1038/346747a0
37. Fry B. Fish and shrimp migrations in the northern Gulf of Mexico analyzed using stable carbon and nitrogen and sulfur isotope ratios // *US Natl Mar Fish Serv Bull.* 1984. V. 81. Iss. 4. P. 789-802.
38. Terzer S., Wassenaar L.I., Araguás-Araguás L.J., Aggarwal P.K. Global isoscapes for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ in precipitation: improved prediction using regionalized climatic regression models // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2013. V. 17. Iss. 11. P. 4713-4728. Doi: 10.5194/hess-17-4713-2013

REFERENCES

- Newton I. The migration ecology of birds. Elsevier, 2010, 984 p.
- Rubenstein D.R., Hobson K.A. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in ecology & evolution*, 2004, vol. 19, iss. 5, pp. 256-263. Doi: 10.1016/j.tree.2004.03.017
- Bianki V.V., Dobrynina I.N. Migrations of birds in Eastern Europe and North Asia. In: *Plastinchatoklyuyvyey. Rechnyye utki* [Lamellar-billed. River ducks]. Moscow, Nauka Publ., 1997, 320 p. (In Russian)
- Veen J., Yurlov A.K., Delany S.N., Mihantiev A.I., Selivanova M.A., Boere G.C. An atlas of movements of Southwest Siberian waterbirds. Wetlands Internat., Wageningen, 2005, pp. 10-17.
- Webster M.S., Marra P.P., Haig S.M., Bensch S., Holmes R.T. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology & Evolution*, 2002, vol. 17, iss. 2, pp. 76-83. Doi: 10.1016/S0169-5347(01)02380-1
- Koblik E., Arkhipov V., Red'kin Ya. *Spisok ptits Rossiyskoy federatsii* [List of birds of the Russian Federation]. Litres, 2018, 256 p. (In Russian)
- Chamberlain C.P., Blum J.D., Holmes R.T., Feng X.H., Sherry T.W., Graves G.R. The use of isotope tracers for identifying populations of migratory birds. *Oecologia*, 1996, vol. 109, iss. 1, pp. 132-141. Doi: 10.1007/s004420050067
- Hobson K.A., Wassenaar L.I. Linking breeding and wintering grounds of neotropical migrant songbirds using stable hydrogen isotopic analysis of feathers. *Oecologia*, 1997, vol. 109, iss. 1, pp. 142-148. Doi: 10.1007/s004420050068
- Inger R., Bearhop S. Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis*, 2008, vol. 150, iss. 3, pp. 447-461. Doi: 10.1111/j.1474-919X.2008.00839.x
- Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses. *Microbiology and molecular biology reviews*. 1992, vol. 56, iss. 1, pp. 152-179.
- Reed K.D., Meece J.K., Henkel J.S., Shukla S.K. Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clinical medicine and research*. 2003, vol. 1, iss. 1, pp. 5-12.
- Mikheev A.V. Spatial structure of populations in birds. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Ornithology]. 2010, vol. 19, no. 592, pp. 1499-1509. (In Russian)
- De Marco M.A., Sharshov K., Gulyaeva M., Delogu M., Ciccarese L., Castrucci M. R., Shestopalov A. Chapter: Ecology of Avian Influenza Viruses in Siberia. Book: *Siberia: Ecology, Diversity and Environmental Impact*, Nova Science Pub Inc. 2016, 235 p.
- Gavrilov E.I., Ravkin Yu.S. *Migratsii ptits v Azii* [Bird Migration in Asia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986, 261 p. (In Russian)
- Gaidet N., Cappelle J., Takekawa J.Y., Prosser D.J., Iverson S.A., Douglas D.C., Perry W.M., Mundkur T., Newman S.H. Potential spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 by wildfowl: dispersal ranges and rates determined from large-scale satellite telemetry. *Journal of Applied Ecology*, 2010, vol. 47, iss. 5, pp. 1147-1157. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01845.x
- Gulyaeva M.A., Sharshov K.A., Zaykovskaia A.V., Shestopalova L.V., Shestopalov A.M. Experimental infection and pathology of Clade 2.2 H5N1 virus in gulls. *J Vet Sci.* 2016, vol. 17, iss. 2, pp. 179-188. Doi: 10.4142/jvs.2016.17.2.179

17. Takekawa J.Y., Newman S.H., Xiao X., Prosser D.J., Spragens K.A., Palm E.C., Yan B., Li T., Lei F., Zhao D., Douglas D.C., Muzaffar S.B., Ji W. Migration of waterfowl in the East Asian flyway and spatial relationship to HPAI H5N1 outbreaks. *Avian Dis.*, 2010, vol. 54, 1 suppl., pp. 466-476. Doi: 10.1637/8914-043009-Reg.1
18. Iverson S.A., Gavrillov A., Katzner T.E., Takekawa J.Y., Miller T.A., Hagemeyer W., Mundkur T., Sivananthaperumal B., DeMattos C.C., Ahmed L.S., Newman S.H. Migratory movements of waterfowl in Central Asia and avian influenza emergence: sporadic transmission of H5N1 from east to west. *Ibis*, 2011, vol. 153, iss. 2, pp. 279-292. Doi: 10.1111/j.1474-919X.2010.01095.x
19. Cappelle J., Iverson S.A., Takekawa J.Y., Newman S.H., Dodman T., Gaidet N. Implementing telemetry on new species in remote areas: recommendations from a large-scale satellite tracking study of African waterfowl. *Ostrich*, 2011, vol. 82, iss. 1, pp. 17-26. Doi: 10.2989/00306525.2011.556786
20. Hobson K.A. Stable isotopes and the determination of avian migratory connectivity and seasonal interactions. *The Auk*, 2005, vol. 122, iss. 4, pp. 1037-1048. Doi: 10.1093/auk/122.4.1037
21. Yuan-Mou C., Hatch K.A., Ding T.S., Eggett D.L., Yuan H.W., Roeder B.L. Using stable isotopes to unravel and predict the origins of great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) overwintering at Kinmen. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2008, vol. 22, iss. 8, pp. 1235-1244. Doi: 10.1002/rcm.3487
22. Wunder M.B., Kester C.L., Knopf F.L., Rye R.O. A test of geographic assignment using isotope tracers in feathers of known origin. *Oecologia*, 2005, vol. 144, iss. 4, pp. 607-617. Doi: 10.1007/s00442-005-0071-y
23. Kelly J.F., Johnson M.J., Langridge S., Whitfield M. Efficacy of stable isotope ratios in assigning endangered migrants to breeding and wintering sites. *Ecol. Appl.*, 2008, vol. 18, iss. 3, pp. 568-576.
24. Hallworth M.T., Marra P.P. Miniaturized GPS Tags Identify Non-breeding Territories of a Small Breeding Migratory Songbird. *Scientific Reports*, 2015, vol. 5, pp. 1106-1109. Doi: 10.1038/srep11069
25. Hill N.J., Takekawa J.Y., Ackerman J.T., Hobson K.A., Hering G., Cardona C.J., Runstadler J.A., Boyce W.M. Migration strategy affects avian influenza dynamics in mallards (*Anas platyrhynchos*). *Molecular Ecology*, 2012, vol. 21, iss. 24, pp. 5986-5999. Doi: 10.1111/j.1365-294X.2012.05735.x
26. Guillemain M., van Wilgenburg S.L., Legagneux P., Hobson K.A. Assessing geographic origins of Teal (*Anas crecca*) through stable-hydrogen ($\delta^2\text{H}$) isotope analyses of feathers and ring-recoveries. *Journal of Ornithology*, 2014, vol. 155, iss. 1, pp. 165-172. Doi: 10.1007/s10336-013-0998-4
27. Fox A.D., Hobson K.A., de Jong A., Kardynal K.J., Koehler G., Heinicke T. Flyway population delineation in Taiga Bean Geese *Anser fabalis fabalis* revealed by multi-element feather stable isotope analysis. *Ibis*, 2017, vol. 159, iss. 1, pp. 66-75. Doi: 10.1111/ibi.12417
28. Michener R.H., Lajtha K. Stable isotopes in ecology and environmental science. Blackwell Pub., 2007, 591 p.
29. Viljoen G.J., Luckins A.G., Naletoski I. Stable Isotopes to Trace Migratory Birds and to Identify Harmful Diseases. Springer, 2016, 43 p.
30. Ekaykin A.A. *Stabil'nye izotopy vody v glyatsiologii i paleogeografii* [Stable water isotopes in glaciology and paleogeography]. St. Petersburg, AARI Publ., 2016, 63 p. (In Russian)
31. Rubenstein D.R., Hobson K.A. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in ecology & evolution*, 2004, vol. 19, iss. 5, pp. 256-263. Doi: 10.1016/j.tree.2004.03.017
32. Hobson K.A. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*, 1999, vol. 120, iss. 3, pp. 314-326. Doi: 10.1007/s004420050865
33. Wassenaar L.I., Hobson K.A. Improved Method for Determining the Stable-Hydrogen Isotopic Composition (δD) of Complex Organic Materials of Environmental Interest. *Environ. Sci. Technol.*, 2000, vol. 34, iss. 11, pp. 2354-2360. Doi: 10.1021/es990804i
34. Bearhop S., Waldron S., Votier S.C., Furneset R.W. Factors that influence assimilation rates and fractionation of nitrogen and carbon stable isotopes in avian blood and feathers. *Physiol. Biochem. Zool.*, 2002, vol. 75, iss. 5, pp. 451-458. Doi: 10.1086/342800
35. Schaffner F.C., Swart P.K. Influence of diet and environmental water on the carbon and oxygen isotopic signatures of seabird eggshell carbonate. *Bulletin of Marine Science*. 1991, vol. 48, iss. 1, pp. 23-38.
36. Vogel J.C., Eglinton B., Auret J.M. Isotope fingerprints in elephant bone and ivory. *Nature*, 1990, vol. 346, pp. 747-749. Doi: 10.1038/346747a0
37. Fry B. Fish and shrimp migrations in the northern Gulf of Mexico analyzed using stable carbon and nitrogen and sulfur isotope ratios. *US Natl Mar Fish Serv Bull.*, 1984, vol. 81, iss. 4, pp. 789-802.
38. Terzer S., Wassenaar L.I., Araguás-Araguás L.J., Aggarwal P.K. Global isoscapes for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ in precipitation: improved prediction using regionalized climatic regression models. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2013, vol. 17, iss. 11, pp. 4713-4728. Doi: 10.5194/hess-17-4713-2013

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ольга Р. Друзяка и Алексей В. Друзяка проводили сводный анализ полученных результатов и представленной в открытом доступе литературы по теме исследования. Марина А. Гуляева и Александр М. Шестопалов корректировали рукопись до подачи в редакцию. Фальк Хюттманн консультировал по вопросам путей миграции диких перелетных птиц. Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Olga R. Druzyaka and Alexey V. Druzyaka conducted a consolidated analysis of collected data and previous research presented in the literature. Marina A. Gulyaeva and Alexander M. Shestopalov corrected the text prior to submission to the Editor. Falk Huettmann advised on migration routes for wild migratory birds. Authors are equally responsible for the text and for avoiding plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article

УДК:636.32/.38.082.2

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-101-110

Математические методы в племенной оценке мелкого рогатого скота

Константин А. Катков¹, Лариса Н. Скорых¹ , Владимир С. Паштецкий², Павел С. Остапчук²,
Татьяна А. Куевда²

¹Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

Контактное лицо

Лариса Н. Скорых, отдел овцеводства Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства-филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241 Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49.

Тел. +78652718155

Email smu.sniizhk@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

Формат цитирования: Катков К.А., Скорых Л.Н., Паштецкий В.С., Остапчук П.С., Куевда Т.А. Математические методы в племенной оценке мелкого рогатого скота // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.101-110. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-101-110

Получена 14 февраля 2019 г.

Прошла рецензирование 27 марта 2019 г.

Принята 15 апреля 2019 г.

Резюме

Цель. Традиционно прогноз племенной оценки производителей мелкого рогатого скота по значениям хозяйственно полезных признаков их потомков ведется методами статистического анализа. В то же время существует метод прогнозирования на основе использования смешанной биометрической модели. Решение системы уравнений, которая описывает смешанную биометрическую модель, связано с определенными трудностями, обусловленными особенностью матрицы системы. Предлагается в прогнозе использовать интегрированные математические пакеты, где система уравнений решается несколькими способами с последующим анализом результатов. Представляет интерес сравнение оценок, полученных с использованием статистических методов, и оценок с помощью смешанной биометрической модели.

Материал и методы. Исходными данными являлись значения живой массы баранчиков цыгайской породы – потомков группы из 16 баранов-производителей, принадлежащих к восьми генетическим группам. Прогноз племенной оценки проводится с помощью статистических методов с использованием трех статистических тестов, а также с использованием смешанной биометрической модели.

Результаты. Установлено, что прогноз племенной оценки производителей с помощью смешанной биометрической модели существенно уточняет ранг каждого производителя в оцениваемой группе.

Заключение. Выявленное уточнение прогноза племенной ценности связано с учетом в смешанной модели эффектов генетических групп, к которым принадлежат производители, а также степенью родства между ними. Также, смешанная модель позволяет вычлени из общей оценки эффекты окружающей среды. Решение системы уравнений несколькими способами позволит повысить достоверность полученного прогноза.

Ключевые слова

племенная оценка, смешанная биометрическая модель, статистический анализ, матрица превосходства, достоверность различий.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Mathematical methods in the breeding evaluation of small horned ruminants

Konstantin A. Katkov¹, Larisa N. Skorykh¹ , Vladimir S. Pashtetsky², Pavel S. Ostapchuk² and Tatiana A. Kuevda²

¹North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, Mikhailovsk, Russia

²Crimea Research Institute of Agriculture, Simferopol, Russia

Principal contact

Larisa N. Skorykh, Department of Sheep Breeding, All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding, North-Caucasus Federal Agricultural Research Centre; 49 Mikhailovsk St, Mikhailovsk, Russia 356241.

Tel. +78652718155

Email smu.sniizhk@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

How to cite this article

Katkov K.A., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Ostapchuk P.S., Kuevda T.A. Mathematical methods in the breeding evaluation of small horned ruminants. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 101-110. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-101-110

Received 14 February 2019

Revised 27 March 2019

Accepted 15 April 2019

Abstract

Aim. Traditionally, prediction of breeding values of male small horned ruminants (rams) by referring to levels of economically useful traits of their progeny is carried out by methods of statistical analysis. However, at the same time, there is a forecasting method based on the use of a mixed biometric model. The solution of the system of equations constituting a mixed biometric model is associated with certain difficulties caused by the peculiarity of the system matrix. It is proposed to use integrated mathematical packages in the forecast, by which the system of equations can be solved in several ways, followed by analysis of the results. The prediction of progeny values is carried out by statistical methods using three statistical tests, as well as with the use of a mixed biometric model. It is of interest to compare estimates obtained by using statistical methods with estimates using a mixed biometric model.

Material and Methods. The initial data set was the live weight of Qigai rams, the progeny of a group of sixteen rams belonging to eight genetic groups.

Results. It was found that the forecast of breeding values of each animal using a mixed biometric model substantially clarifies the rank of each animal in the group being evaluated.

Conclusion. The refinement of the estimation of breeding value is related to the effects of the genetic groups to which the animals belong in the mixed model, as well as the degree of relationship between them. Also the mixed model also allows one to isolate environmental effects from the overall assessment. Solving the system of equations in several ways will improve the reliability of the forecast.

Key Words

tribal assessment, mixed biometric model, statistical analysis, matrix of excellence, significance of differences.

ВВЕДЕНИЕ

В реализации современных селекционных программ особая роль отводится сохранению, генетическому совершенствованию, эффективному использованию отечественных племенных ресурсов сельскохозяйственных животных. Выявление животных с высокой генетической ценностью, их широкое использование в практической селекции значительно ускорит селекционный процесс, повысит его эффективность [1-5]. Одним из путей выявления таких животных является их оценка по значению хозяйственно полезных признаков их потомков [6; 7]. Поскольку численное поголовье мелкого рогатого скота достаточно велико, что делает такую работу весьма трудоемкой.

В основном, когда речь идет об оценке мелкого рогатого скота, используются статистические методы выявления достоверности различий между средними значениями хозяйственно полезных признаков потомков оцениваемой группы производителей. При этом данные методы не позволяют оценить влияние окружающей среды на качество оцениваемого хозяйственно полезного признака. Традиционный метод позволяет ранжировать по качеству потомства оцениваемую группу производителей, но только лишь в том случае, когда будет принята гипотеза о значимости различий между средними показателями хозяйственно полезных признаков потомков и если позволят рассчитанные доверительные интервалы. Насколько точна будет оценка животных при таком подходе, сказать затруднительно.

В то же время существуют математические методы племенной оценки, предполагающие использование смешанной биометрической модели [8; 9]. В рассматриваемых методах используются сложные матричные вычисления. При этом размерность матриц, используемых для составления математической модели, прямо пропорциональна количеству голов в исследуемой выборке животных, числу стад, по которым распределена вся совокупность потомков оцениваемой группы производителей, числу генетических групп, к которым принадлежат производители. В силу большой численности поголовья животных в овцеводческих и козоводческих хозяйствах такие методы прогнозирования, предполагающие сложные вычисления с матрицами большого объема, используются мало или не используются вообще.

Таким образом, существует некоторое противоречие. С одной стороны, необходимо иметь наиболее точный прогноз племенной оценки поголовья овец и коз, что невозможно сделать без использования современных методов математической обработки информации. С другой стороны, выполнить такую работу в хозяйствах «вручную» крайне затруднительно из-за необходимости обработки массивов большого объема. Несомненным помощником в решении задач подобного рода выступают современные информационные технологии. В настоящее время на рынке IT-услуг представлен достаточно широкий спектр специализированных математических программных пакетов, позволяющих обрабатывать большие массивы данных [9-12].

В силу особенности матрицы системы [8; 11; 12], используемой в смешанной биометрической модели,

решение системы уравнений напрямую, матричным методом, невозможно. Необходимо выбирать другие методы решения. При этом разные методы решения дают разные числовые значения корней уравнений, хотя качественно картина должна оставаться неизменной [8]. Тем не менее, опыт работы авторов подсказывает, что при разных методах решения системы уравнений может поменяться и качественная картина прогноза оценки племенной ценности животных. Выявленная закономерность связана с особенностями математической модели, используемой при таком методе оценки. Предлагается решать систему уравнений несколькими способами, как минимум тремя. После чего, сравнив результаты, выбрать те из них, оценки в которых совпадают. При этом определенный интерес представляет сравнительная характеристика оценок, полученных традиционным способом, с использованием статистических методов, и оценок, полученных с помощью смешанной биометрической модели. Сравнение таких оценок и рассмотрение особенностей применения смешанной биометрической модели является целью данной статьи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская работа проводилась на овцах цыгайской породы, разводимых в Республике Крым. Оценивалась группа из 16 баранов-производителей по качеству живой массы их потомков (баранчики). Производители были распределены на 8 генетических групп, в соответствии с общим предком. Значения живой массы баранчиков брались на момент их отбивки. Вся группа потомков имела численность 201 голова. Полученные потомки находились в одном стаде в аналогичных условиях кормления и содержания.

Были введены следующие обозначения. Оцениваемые бараны-производители: S_1, S_2, \dots, S_{16} . Генетические группы, к которым принадлежат производители: g_1, g_2, \dots, g_8 .

Значения живой массы баранчиков, а также распределение производителей по генетическим группам представлены в таблице 1. В трех нижних строках представлены данные по количеству потомков в исследуемой выборке (табл. 1). В последней строке таблицы представлены данные по общему количеству потомков (201 голова) оцениваемой группы производителей.

Во второй строке снизу указано количество потомков, относящихся к каждой генетической группе их отцов. Так, бараны S_1 и S_2 принадлежат к первой генетической группе, у них 5 и 7 потомков соответственно. Следовательно, к первой генетической группе относятся 12 потомков, ко второй – 16 и т.д. К генетической группе g_4 принадлежит только один производитель – S_7 . К генетической группе g_5 принадлежат три производителя: S_8, S_9 и S_{10} . В остальных генетических группах по два производителя.

В третьей снизу строке представлено количество потомков каждого барана-производителя.

Генеалогические группы потомков формируются по принципу принадлежности к одному отцу. Коэффициент наследуемости живой массы для цыгайской породы овец принят равным $h^2 = 0,45$.

Таблица 1. Исходные данные
Table 1. Primary data

		Генетические группы Genetic groups															
		g1		g2		g3		g4		g5		g6		g7		g8	
		Баран-производитель Rams															
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Живая масса, кг / Live weight, kg		26	28	24	30	37	33	29	37	29	33	50	32	35	34	38	38
		32	31	40	35	30	31	27	38	25	43	45	31	33	45	41	35
		30	27	32	34	35	29	28	39	35	43	35	25	39	37	39	32
		34	32	34	39	34	39	38	35	41	40	45	37	38	40	38	39
		36	35	35	35	30	29	35	35	42	34	40	30	35	38	35	39
			38	36	43	33	36	38	29	36	34	32	40	31	36	37	35
			30		40	32	31	36	32	35	40	28	35	34	38	31	27
					41	40	33	34	27	40	37	33	32	28		27	35
					37	28	31	34	30	39	45		39	34		31	35
					31	42	31	35	36	42	40		36	33			36
						42	35	34	34	33	35		40	32			27
						34	36	32	30	36	36			35			33
						40		30	40		37			29			28
						42		36	40		36			32			27
								35	40		35			24			31
								34	32		40			37			36
								39	37		31			32			33
								35	27		35						
								30	33		24						
								33	40		31						
							30	27		37							
							36	31									
							37										
	5	7	6	10	14	12	23	22	12	21	8	11	17	7	9	17	
		12		16		26	23		55		19		24			26	
									201								

Среди оцениваемой группы баранов-производителей существуют родственные связи. Бараны S3 и S4 имеют общего отца. Также общего отца имеют бараны S5 и S6, а также производители S8 и S9. Следовательно, матрица родства A будет представлять собой матрицу размерностью [16 × 16]. На главной диагонали этой матрицы будут расположены единицы, а элементы A(3, 4) = A(4, 3) = A(5, 6) = A(6, 5) = A(8, 9) = A(9, 8) = 0,25 [5; 8]. Остальные элементы этой матрицы равны 0.

Последовательность действий при оценке животных следующая.

1. Статистическая обработка исходных данных.

2. Оценка достоверности различий между средними показателями ХПП во всех возможных парах генеалогических групп животных. Оценка проводится для уровня достоверности 95%. При возможности, проводится определение гарантированного минимума превосходства.

3. Прогноз племенной ценности с использованием смешанной биометрической модели.

На этапе статистической обработки исходных данных рассчитываются статистические показатели анализируемого хозяйственно полезного признака в каждой генеалогической группе. Затем проверяется нормальность распределения хозяйственно полезного признака в группе на основе анализа коэффициентов асимметрии и эксцесса [3; 4; 6]. На этом же этапе исключаются из дальнейшего анализа аномальные

измерения, не соответствующие правилу «трех сигм».

На втором этапе происходит проверка достоверности с помощью трех статистических тестов, описанных в [6; 7; 13-15]:

-сравнение разности средних с доверительной границей;

-проверка методом Стьюдента;

-проверка по критерию достоверности Фишера.

Гипотеза о достоверности различий принимается в том случае, если хотя бы один из перечисленных выше тестов свидетельствует о неслучайном характере различий между средними показателями хозяйственно полезного признака. Сравнение генеалогических групп проходит по принципу «каждый с каждым». Количество сравниваемых пар определяется выражением

$$K = \frac{N}{2}(N - 1), \quad (1)$$

где N – количество генеалогических групп (количество производителей).

В результате выполнения второго этапа строится матрица достоверности различий, матрица превосходства и гистограмма племенной оценки, где указывается рейтинг каждого производителя.

На третьем этапе строится смешанная биометрическая модель [5-7], которая имеет вид:

$$\begin{bmatrix} B' \cdot B & B' \cdot E \\ E' \cdot B & E' \cdot E + \lambda \cdot A^{-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B' \cdot T \\ E' \cdot T \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где B и E – матрицы оцениваемых эффектов; T – вектор продуктивности потомков по уровню хозяйственно полезных признаков; $\hat{\beta}$ – искомый вектор оценок стада и генетических групп; \hat{u} – искомый вектор оценок эффектов производителей; A – матрица родства производителей; λ – дисперсия случайных эффектов.

В силу особенности матрицы системы, система уравнений (2) решалась тремя различными способами:

- сокращением числа уравнений путем исключения одного уравнения для генетической группы;
- методом QR-разложения;
- методом Жордана-Гаусса.

Результатом решения системы (2) является вектор-столбец оценок UQ , содержащий оценки эффекта стада (\hat{h}), оценки эффекта генетических групп (\hat{g}) и оценки каждого барана-производителя (\hat{s}). В рассматриваемом в данной работе примере размерность вектора UQ будет равна 25: одна оценка для эффекта стада, 8 оценок для генетических групп, 16 оценок для производителей.

Племенная ценность производителя BV_k определяется как удвоенная сумма оценки эффекта генетической группы и оценки производителя, принадлежащего к этой группе [5; 6]:

$$BV_k = 2 \left(\hat{g}_f + \hat{S}_{fk} \right), \quad (3)$$

Различия между оценками двух производителей $\Delta R_{kk'}$ не зависят от способа решения системы уравнений и определяются выражением

$$\Delta R_{kk'} = \left(\hat{g}_f + \hat{S}_{fk} \right) - \left(\hat{g}_{f'} + \hat{S}_{f'k'} \right), \quad (4)$$

В результате выполнения третьего этапа получают числовые оценки эффектов стада, эффектов генетических групп и эффектов каждого производителя. Строится матрица превосходства и гистограммы племенной оценки.

Для реализации описанной процедуры оценки в интегрированном математическом пакете MATLAB была создана программа, алгоритм которой позволяет выполнить все указанные действия и провести визуализацию данных.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате статистической обработки исходных данных было установлено, что во всех генеалогических группах распределение живой массы потомков соответствует нормальному распределению. Для лучшей визуализации строится полигон распределения живой массы потомков в группе с наложением теоретической кривой нормального распределения. Пример такой визуализации приведен на рисунке 1. Двухвершинное распределение свидетельствует об отрицательном эксцессе (рис. 1). Аномальных измерений, выходящих за пределы «трех сигм», нет.

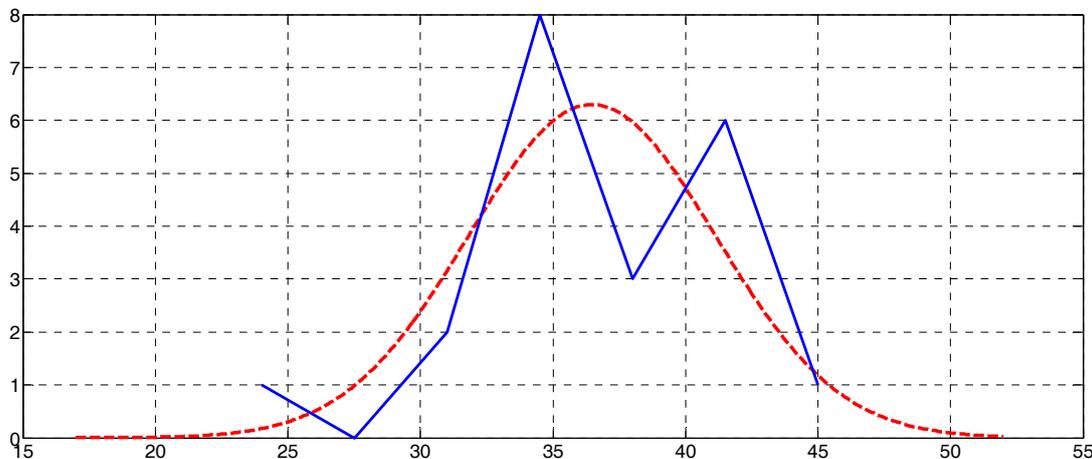


Рисунок 1. Полигон распределения живой массы потомков барана S10
Figure 1. Polygon distributions of live weight of descendants from S10 ram

После анализа исходных данных была проведена проверка значимости различий средних значений хозяйственно полезных признаков потомков во всех возможных парах генеалогических групп. В используемом примере, при $N = 16$, количество сравниваемых пар равно $K = 120$.

В результате были получены: матрица достоверности различий D и матрица превосходства производителей друг над другом Y . Эти матрицы имеют размер-

ность $[16 \times 16]$. Номер строки и номер столбца соответствуют номеру оцениваемого производителя. Элемент матрицы, находящийся на пересечении строки m и столбца n , определяет значимость различий или превосходство между производителями S_m и S_n . В матрице D единица, стоящая на пересечении строки m и столбца n , свидетельствует о значимом характере различий между средними значениями хозяйственно полезных признаков потомков производителей S_m и S_n .

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Принцип формирования матрицы D может описать следующий пример. Если между средними значениями хозяйственно полезных признаков потомков производителей $S1$ и $S3$ наблюдается значимость различий, то элементы матрицы $D(1, 3) = D(3, 1) = 1$. Если различия случайны, то элементы $D(1, 3) = D(3, 1) = 0$. На главной диагонали матрицы D расположены нули.

На главной диагонали матрицы превосходства Y также располагаются нули, так как сам себя производитель не превосходит. Остальные элементы заполняются по следующему принципу.

Например, если различия между средними значениями производителей $S4$ и $S6$ не случайны и производитель $S4$ имеет гарантированный минимум превосходства над производителем $S6$ по живой массе потомков в размере $0,285$ кг, то элемент матрицы превосходства $D(4, 6) = 0,285$, а элемент $D(6, 4) = -0,285$. Если разница доверительных интервалов не позволяет определить гарантированного минимума превосходства одного производителя над другим, то в соответствующих элементах матрицы представляются нули. В силу громоздкости этой матрицы в данной статье она не приведена.

Ранжирование производителей происходит следующим образом. Суммируются значения в строках матрицы Y . Для удобства последующего сравнения оценок, полученных разными способами, предлагается нормировать результаты. Для этого полученные в результате суммирования строк матрицы Y значения x_i , где $i = 1 \dots N$, нормируются в соответствии с выражением:

$$y_i(x) = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \tag{5}$$

где x_i – сумма значений элементов i -й строки матрицы Y ; N – количество производителей; x_{\min} и x_{\max} – минимальный и максимальный элементы выборки

$[x_1, x_2, \dots, x_N]$ соответственно.

Затем, по результатам рассчитанных значений $y_i(x)$, строится гистограмма, которая отображает нормированную оценку каждого производителя в соответствии с проведенной оценкой хозяйственно полезных признаков их потомков (рис. 2).

Данные, представленные на рисунке 2, утверждают, что наивысший рейтинг, как улучшателей породы, будет у производителей с номерами $S14, S10, S4$.

Следует отметить, что оценка значимости различий, проводимая по трем статистическим тестам, достаточно трудоемка, так как приходится «вручную» K раз вводить критерий Фишера для сравниваемых пар генетических групп после расчета их степеней свободы.

Теперь представим результаты оценки той же самой группы баранов-производителей, проведенной с использованием смешанной биометрической модели (2).

В ходе решения системы методом Жордана-Гаусса в интегрированном пакете MATLAB было получено предупреждение: «Warning: Matrix is close to singular or badly scaled. Results may be inaccurate. RCOND= 4.679171e-17». Таким сообщением система MATLAB предупреждает пользователя о возможном неточном решении системы уравнений (2).

Племенная оценка (3) нормируется в соответствии с выражением (5) и выводится потребителю в виде гистограмм (рис. 3). Анализ гистограмм на рисунке 3 показывает, что метод исключения одного из уравнений и метод QR-разложения системы дают одинаковые результаты племенной оценки (рис. 3а). При этом оценки, полученные при решении системы уравнений методом Жордана-Гаусса (рис. 3б), отличаются от предыдущих двух. Выявленная закономерность связана с ошибками решения, о возможности которых, связанных с сингулярностью матрицы системы, было предупреждение MATLAB.

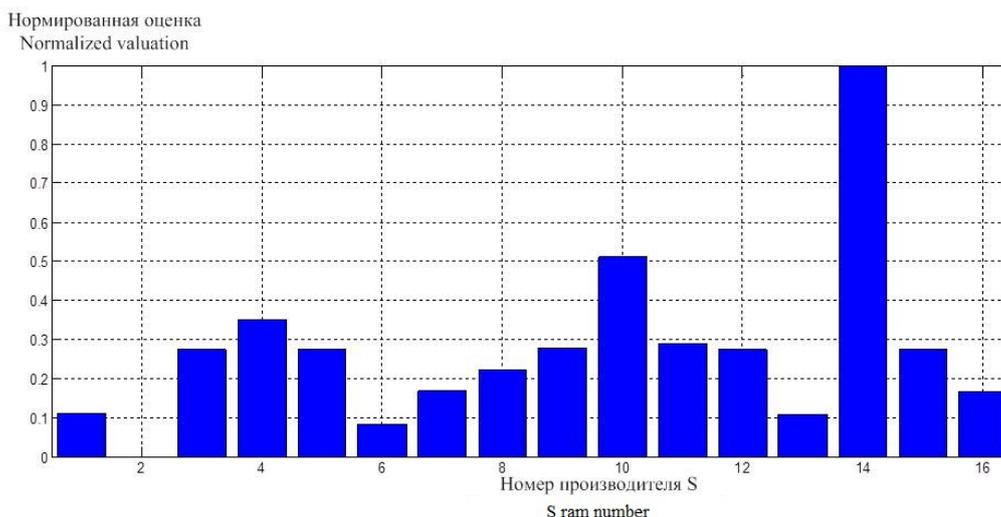


Рисунок 2. Нормированная оценка производителей статистическими методами
Figure 2. Normalized evaluation of rams by statistical methods

Стоит отметить тот факт, что метод Жордана-Гаусса не всегда дает ошибку. Опыт работы авторов свидетельствует, что возможные ошибки решения системы уравнений зависят от состава и значения исходных данных. В ряде случаев были замечены ошибки в методе QR-разложения, в то время когда метод Жордана-Гаусса давал верное решение. Поэтому авторами в разработанной программе на языке MATLAB предлагается ре-

шать систему уравнений (2) тремя указанными выше способами, а затем, проанализировав результаты, выбрать в качестве верного тот, в котором выполняется правило совпадения результатов по принципу «не менее двух из трех». В данном случае такими методами будут являться метод исключения и метод QR-разложения (рис. 3а).

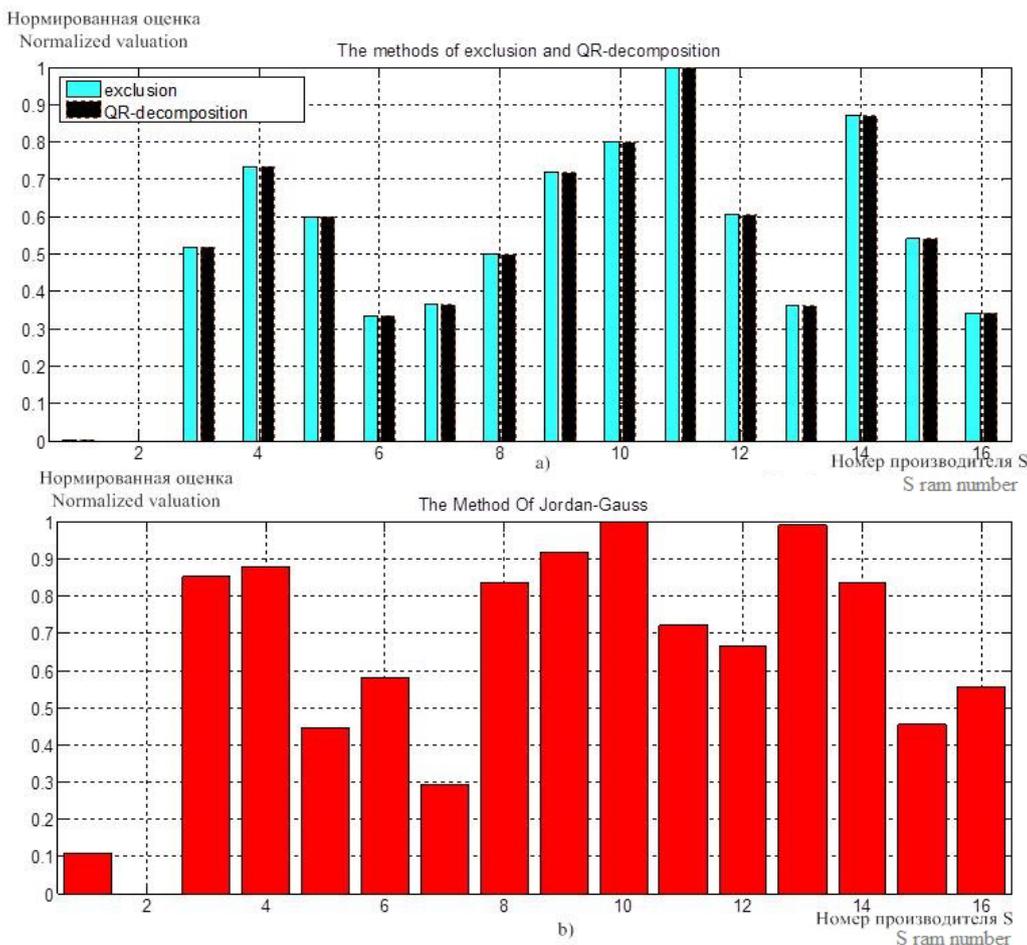


Рисунок 3. Нормированная оценка производителей смешанной биометрической моделью
Figure 3. Normalized evaluation of rams by the mixed biometric model

Теперь сравним оценки, полученные при использовании только статистических методов, которые не учитывают влияние генетических групп и родства между производителями, и оценки, полученные с помощью смешанной биометрической модели. Ранжирование производителей для выявления улучшателей породы и нормированное значение их племенной оценки лучше представить в виде таблицы 2.

Таблица 2. Ранжирование баранов-производителей и нормированная оценка
Table 2. Ranking of rams and normalized evaluation

Ранг барана Ranking of ram	Статистические методы Statistical approach		Метод исключения и метод QR-разложения Exclusion method and QR decomposition		Метод Жордана-Гаусса Gauss-Jordan Elimination Method	
	Баран Ram	Оценка Valuation	Баран Ram	Оценка Valuation	Баран Ram	Оценка Valuation
	1	S14	1	S11	1	S10
2	S10	0,511	S14	0,871	S13	0,991
3	S4	0,351	S10	0,801	S9	0,920
4	S11	0,290	S4	0,736	S4	0,880
5	S9	0,279	S9	0,719	S3	0,854
6	S15	0,274	S12	0,606	S8	0,837
7	S12	0,274	S5	0,601	S14	0,834
8	S5	0,274	S15	0,541	S11	0,722
9	S3	0,274	S3	0,520	S12	0,665
10	S8	0,222	S8	0,499	S6	0,582
11	S7	0,168	S7	0,365	S16	0,557
12	S16	0,167	S13	0,363	S15	0,456
13	S1	0,112	S16	0,342	S5	0,446
14	S13	0,109	S6	0,337	S7	0,292
15	S6	0,084	S1	0,002	S1	0,108
16	S2	0	S2	0	S2	0

В то же время необходимо отметить, что прогноз племенной оценки с помощью смешанной биометрической модели существенно дополняет данные статистического анализа. Так, статистический анализ свидетельствует, что лидером является производитель S14, который на 49% опережает ближайшего к нему по рейтингу производителя S10 и на 71% производителя S11. Данный анализ не учитывает влияние генетических групп, к которым принадлежит производитель.

Прогноз племенной ценности с помощью смешанной биометрической модели выводит в «лидеры» производителя S11, который, с учетом влияния эффекта генетической группы, на 13% превосходит производителя S14. Числовые значения нормированной оценки из таблицы 2 позволяют также уточнить значимость или случайность различий по уровню достоверности. Разница в оценке, равная 0,05, соответствует уровню достоверности 95%, разница 0,01 – уровню достоверности 99%.

В рассматриваемом нами примере все потомки оцениваемой группы производителей находятся в одном стаде и одинаковых условиях кормления и содержания, поэтому оценка эффекта окружающей среды в данном случае является аддитивным коэффициентом и не заслуживает отдельного рассмотрения. В то же время следует отметить, что когда потомки распределены по нескольким стадам, то необходимость вычленения эффекта стада (эффекта окружающей среды) является актуальной задачей. Не оставляет сомнений то, что условия содержания и окружающая среда могут оказывать большое влияние

Результаты, полученные с помощью решения системы методом Жордана-Гаусса, примем как ошибочные и из дальнейшего анализа исключим.

Данные в таблице 2 показывают, что в целом состав улучшателей породы, определенный статистическими методами и с помощью смешанной биометрической модели, совпадают. Это производители с номерами S11, S14, S10, S4.

на прогноз племенной оценки животного. Если возникнет необходимость провести прогнозирование с учетом дальнейшего влияния имеющейся окружающей среды, когда условия содержания не планируются к изменению, то необходимо учитывать то обстоятельство, что в различных стадах содержится разное количество потомков одного и того же производителя. В данном случае необходимо учесть это количество. Тогда выражение (3) для оценки племенной ценности с учетом влияния стада примет вид:

$$BV_k^C = 2 \left(\hat{g}_f + \hat{S}_{fk} + \sum_{i=1}^w u_i^k \cdot \hat{h}_i \right), \quad (6)$$

где BV_k^C – племенная оценка с учетом влияния стада; \hat{g}_f – оценка эффекта f -й генетической группы; \hat{S}_{fk} – оценка эффекта k -го производителя, принадлежащего к f -й генетической группе; \hat{h}_i – оценка эффекта i -го стада; $i = 1 \dots w$ – номер стада; k – номер оцениваемого производителя; u_i^k – доля потомков k -го производителя в i -м стаде, определяемая, как

$$u_i^k = M_i^k / M_k, \quad (7)$$

где M_i^k – количество потомков k -го производителя в i -м стаде; M_k – общее число потомков k -го производителя.

Различия между оценками двух производителей k и k' , учитывающие влияние стада $\Delta R_{kk'}^C$, с учетом (6), определяются выражением

$$\Delta R_{kk}^C = \left(\hat{g}_f + \hat{S}_{fk} + \sum_{i=1}^w u_i^k \cdot \hat{h}_i \right) - \left(\hat{g}_{f'} + \hat{S}_{f'k} + \sum_{i'=1}^{w'} u_{i'}^k \cdot \hat{h}_{i'} \right), \quad (8)$$

Таким образом, использование выражений (6) и (8) позволит провести прогноз племенной оценки, учитывающий влияние окружающей среды и условий содержания животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование свидетельствует, что использование смешанной биометрической модели существенно уточняет прогноз племенной оценки производителей мелкого рогатого скота, проведенный с помощью только статистического анализа средних значений хозяйственно полезных признаков потомков. Это достигается учетом эффектов генетических групп, к которым принадлежит производитель, а также степенью родства между ними. Кроме того, смешанная модель позволяет исключить из общей оценки эффекты окружающей среды.

Матрица системы (2) является особенной, то есть не имеет обратной матрицы. Поэтому решение системы уравнений напрямую матричным методом невозможно. Поскольку сингулярность матрицы может привести к ошибкам, то авторы рекомендуют решать систему уравнений тремя различными способами. Полученные результаты решения необходимо проанализировать. Критерием выбора являются: согласованность с результатами статистического анализа, совпадение результатов по принципу «два из трех».

Следует учитывать, что применение смешанной биометрической модели требует особого внимания к качеству сбора и структурирования исходных данных. Так как применение данного метода для прогноза племенной оценки мелкого рогатого скота предполагает обработку больших двумерных массивов, то необходимо использование специализированных математических пакетов. Авторами рекомендуется интегрированный пакет MATLAB, предназначенный специально для проведения матричных операций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Deniskova T.E., Dotsev A.V., Traspov A.A., Brem G., Zinovieva N.A., Selionova M.I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Wimmers K., Barbato M. Population structure and genetic diversity of 25 russian sheep breeds based on whole-genome genotyping // *Genetics, Selection, Evolution*. 2018. V. 50. N 1. P. 29-34. Doi: 10.1186/s12711-018-0399-5
- Селионова М.И., Бобрышова Г.Т. Овцеводство Ставропольского края, настоящее и будущее // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2016. N 1. С. 4-7.
- Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Yatsyk O., Krivoruchko A., Selionova M.I. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. V. 7. N 3. P. 2351-2357.
- Ostapchuk P.S., Yemelianov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. Model of tsgai breed' meat quality improvement in pure breeding // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. N 3. P. 756-764.
- Skorykh L.N., Kopylov I.A., Efimova N.I., Starodubtseva G.P., Khainovsky V.I. Immunogenetic markers in selection of sheep // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017. V. 8. N 6. P. 529-534.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 350

с.

- Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е издание. М.: Издательство МГУ, 1970. 367 с.
- Кузнецов В.М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2003. 358 с.
- Катков К.А., Бобрышов С.С., Скорых Л.Н., Копылов В.Н., Афанасьев М.А. Оценка племенной ценности баранов-производителей методом BLUP // *Главный зоотехник*. 2018. N 5. С. 25-32.
- Katkov K., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Pashtetsky A.V., Ostapchuk P.S. Mathematical prediction of breeding value in sheep // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. N 6. P. 1645-1649.
- Косова Е.Н., Катков К.А., Вельц О.В., Плетухина А.А., Серветник О.Л., Хвостова И.П. Компьютерные технологии в научных исследованиях. Учебное пособие. Ставрополь: Издательство СКФУ, 2015. 241 с.
- Катков К.А., Хвостова И.П., Лебедев В.И., Косова Е.Н., Плетухина А.А., Серветник О.Л., Вельц О.В., Крамаренко М.Г. Основы компьютерного моделирования. Ставрополь: Издательство СКФУ, 2013. 220 с.
- Катков К.А., Бобрышова Г.Т., Скорых Л.Н., Копылова О.С., Афанасьев М.А. Алгоритм проверки статистической значимости различий хозяйственно полезных признаков между различными генеалогическими группами животных // *Вестник АПК Ставрополя*. 2018. N 2(30). С. 86-90. Doi: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-86-90
- Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2-х ч. Ч. II: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1999. 416 с.
- Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство. М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1971. 192 с.

REFERENCES

- Deniskova T.E., Dotsev A.V., Selionova M.I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Wimmers K., Barbato M., Traspov A.A., Brem G., Zinovieva N.A. Population structure and genetic diversity of 25 russian sheep breeds based on whole-genome genotyping. *Genetics, Selection, Evolution*, 2018, vol. 50, no. 1, pp. 29-34. Doi: 10.1186/s12711-018-0399-5
- Selionova M.I., Bobryshova G.T. Sheep breeding of the Stavropol Territory, the present and the future. *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo* [Sheep, goats, wool business]. 2016, no. 1, pp. 4-7. (In Russian)
- Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Yatsyk O., Krivoruchko A., Selionova M.I. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016, vol. 7, no. 3, pp. 2351-2357.
- Ostapchuk P.S., Yemelianov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. Model of tsgai breed' meat quality improvement in pure breeding. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018, vol. 9, no. 3, pp. 756-764.
- Skorykh L.N., Kopylov I.A., Efimova N.I., Starodubtseva G.P., Khainovsky V.I. Immunogenetic markers in selection of sheep. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017, vol. 8, no. 6, pp. 529-534.
- Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 350 p. (In Russian)
- Plokhinsky N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, MSU Publ., 1970, 2-nd ed., 367 p. (In Russian)

8. Kuznetsov V.M. *Metody plemennoi otsenki zivotnykh s vvedeniem v teoriyu BLUP* [Methods of breeding evaluation of animals with an introduction to BLUP theory]. Kirov, Zonal research Institute of Agriculture of North-East Publ., 2003, 358 p. (In Russian)
9. Katkov K., Bobryshov S., Skorykh L., Kopylov V., Afanasyev M. Evaluation of breeding value of stud rams by the method of BLUP. *Glavnyi zootekhnik* [Chief livestock specialist]. 2018, no. 5, pp. 25-32. (In Russian)
10. Katkov K., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Pashtetsky A.V., Ostapchuk P.S. Mathematical prediction of breeding value in sheep. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1645-1649.
11. Kosova E.N., Katkov K.A., Velts O.V., Pletuhina A.A., Servetnik O.L., Hvostova I.P. *Komputernie tehnologii v nauchnih issledovaniyah* [Computer technologies in scientific research]. Stavropol, NCFU Publ., 2015, 241 p. (In Russian)
12. Katkov K.A., Khvostova I.P., Lebedev V.I., Kosova E.N., Pletuhina A.A., Servetnik O.L., Velts O.V., Kramarenko M.G. *Osnovi komputernogo modelirovaniya* [Fundamentals of computer modeling]. Stavropol, NCFU Publ., 2013, 220 p. (In Russian)
13. Katkov K.A., Bobryshova G.T., Skorykh L.N., Kopylova O. S., Afanasyev M.A. An algorithm to test the statistical significance of differences in economically useful traits between various genealogical groups of animals. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2018, no. 2(30), pp. 86-90. (In Russian) Doi: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-86-90
14. Danko P.E., Popov A.G., Kozhevnikova T.Y. *Vishaya matematika v uprazhneniyah I zadachah* [Higher mathematics in exercises and tasks. In 2-nd parts. P. II: Textbook for high schools]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1999, 416 p.
15. Rumishinsky L.Z. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov experimenta. Spravochnoe posobie* [Mathematical processing of experimental results. Reference guide]. Moscow, Nauka Publ., 1971, 192 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Все авторы в разной степени участвовали в написании статьи и несут ответственность за плагиат, самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК. 619:616.98:579.871.1:636.2
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-111-117

Оценка методов очистки коринебактериозного аллергена с определением концентраций и его экспериментальное применение

Магомед О. Баратов¹ , Зайдин М. Джамбулатов², Омар П. Сакидибириров², Бадрутдин М.-С. Гаджиев², Гульнара А. Джабарова², Раиса М. Абдурагимова²

¹«Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», Махачкала, Россия

²ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова», Махачкала, Россия

Контактное лицо

Магомед О. Баратов, лаборатория инфекционной патологии ФГБНУ «Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 88.

Тел. +79285010948

Email alama500@rambler.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8261-5038>

Формат цитирования

Баратов М.О., Джамбулатов З.М., Сакидибириров О.П., Гаджиев Б.М.-С., Джабарова Г.А., Абдурагимова Р.М. Оценка методов очистки коринебактериозного аллергена с определением концентраций и его экспериментальное применение // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.111-117. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-111-117

Получена 18 февраля 2019 г.

Прошла рецензирование 26 марта 2019 г.

Принята 15 апреля 2019 г.

Резюме

Цель. Поиск результативного метода получения бактериального белка и определения оптимальной концентрации для выявления типоспецифичности.

Материал и методы. На примере референта штамма *C. xerosis* N 1911, выращенного на усовершенствованной нами питательной среде, изучены методы осаждения белка хлористым натрием, сернокислым аммонием, гексаметафосфатом натрия, трихлоруксусной кислотой и полиэтиленгликолем. Пороговую чувствительность аллергена в 6 разведениях определяли на 24 морских свинках, зараженных коринебактериями. Биологическую активность изучали на зараженных культурами *M. БЦЖ – M. avium*, *C. xerosis* N 1911, *C. ulcerans* N 675, *C. bovis*, морских свинках в количестве 36 голов и на 3 кроликах, зараженных *Corynebacterium xerosis*.

Результаты. Проведено сравнительное испытание 5 методов осаждения белка. При использовании в качестве осадителя сернокислового аммония сравнительно высокие результаты удалось получить при концентрации соли 30% и pH не ниже 5,8. Более значительное осаждение белка происходило в изоэлектрической точке NaCl при pH 3,9. Отмечены незначительные осаждающие свойства трихлоруксусной кислоты, отсутствие таковых у полиэтиленгликоля и выпадения незначительного осадка гексаметафосфатом натрия. Установлена пороговая чувствительность (0,00005 мг в 0,1 мл) и единица действия аллергена (0,0003 мг). Выявлено наличие интенсивности кожной реакции на гомологичный заражению сенситин.

Заключение. Полученные данные выявляют оптимальный способ осаждения белка, единицу действия коринебактериозного аллергена и расширяют представления о механизмах возникновения сенсibilизации макроорганизма к туберкулину.

Ключевые слова

ППД-туберкулин, коринебактериозный сенситин, аллерген, осаждение, чувствительность, специфичность, концентрация.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Assessment of methods of purification of corynebacterium allergen with definition of concentration and its experimental application

Magomed O. Baratov¹ , Zaydin M. Dzhambulatov², Omar P. Sakidibirov², Badrutdin M-S. Gadzhiyev², Gulnara A. Dzhabarova² and Raisa M. Abduragimova²

¹Branch of Caspian Zonal Research Veterinary Institute, Federal Agrarian Scientific Centre of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

²M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agricultural University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Magomed O. Baratov, Laboratory of Infectious Pathology, Branch of Caspian Zonal Research Veterinary Institute, Federal Agrarian Scientific Centre of the Republic of Dagestan; 88 Dakhadaev St, Makhachkala, Russia 367000.
Tel. +79285010948
Email alama500@rambler.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8261-5038>

How to cite this article

Baratov M.O., Dzhambulatov Z.M., Sakidibirov O.P., Gadzhiyev B.M-S., Dzhabarova G.A., Abduragimova R.M. Assessment of methods of purification of corynebacterium allergen with definition of concentration and its experimental application. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 111-117. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-111-117

Received 18 February 2019

Revised 26 March 2019

Accepted 15 April 2019

Abstract

Aim: Search for an effective method for obtaining bacterial protein and determining the optimal concentration for identification of specific types.

Material and Methods. Using the example of a *C. xerosis* N 1911 reference strain grown on a nutrient medium improved by us, methods were investigated of protein precipitation with sodium chloride, ammonium sulphate, sodium hexametaphosphate, trichloroacetic acid and polyethylene glycol. The threshold sensitivity of the allergen in six different cultures was determined in tests on 24 guinea pigs infected with corynebacteria. Biological activity was studied in cultures from 36 guinea pigs infected with *M. BCG* (*Bacillus Calmette–Guérin* vaccine), *M. avium*, *C. xerosis* N 1911, *C. ulcerans* N 675 and *C. bovis*, as well as 3 rabbits infected with *Corynebacterium xerosis*.

Results. Comparative testing of five protein precipitation methods was carried out. When using ammonium sulphate as a precipitant relatively high results were obtained at a salt concentration of 30% and a pH of at least 5.8. More significant protein precipitation occurred at the isoelectric point of sodium chloride at pH 3.9. It was noted that trichloroacetic acid and sodium hexametaphosphate had insignificant precipitating properties while there was none with polyethylene glycol. The threshold sensitivity (0.00005 mg in 0.1 ml) and allergen unit of action (0.0003 mg) were established. Intensity of skin reaction to sensitin homologous to infection was detected.

Conclusions. The data obtained revealed the optimal method of protein precipitation, the unit of action of the corynebacterium allergens, and expanded the understanding of the mechanisms of the sensitization of the macro-organism to tuberculin.

Key Words

PPD-tuberculin, corynebacterium sensitin, allergen, precipitation, sensitivity, specificity, concentration.

ВВЕДЕНИЕ

Практическая ветеринария испытывает определенные трудности при дифференциальной диагностике туберкулеза в симультанной пробе с КАМ по многочисленным причинам, в числе которых большое количество животных, остающихся в стадах с неопределенными результатами, поэтому часто приходится дублировать и подтверждать результаты другими методами, зачастую растягивая сроки подтверждения диагноза до 5-6 месяцев [1; 2].

Существенно затрудняют и сдерживают диагностику и многочисленные причины, способствующие сенсибилизации организма животных к ППД-туберкулину и отсутствие единого дифференцирующего метода [3-5].

В литературе имеются данные о способности микобактериоподобных микроорганизмов сенсибилизировать макроорганизм к туберкулину, в частности, коринебактериями [6-8]. Однако методы очистки активного белка и механизмы определения единицы активности препарата изучены недостаточно [9].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аллергические исследования лабораторных животных проводили в соответствии с «Наставлением по применению туберкулинов для млекопитающих и птиц, 2006 год». В эксперименте *in vitro* использовали культуру *Corynebacterium xerosis* (штамм N1911), выращенную на усовершенствованной нами питательной среде Сатона.

Бактериальную массу (двухмесячную) автоклавировали (для разрушения и выхода белка) при 1,5 атм. в течение 30 мин., фильтровали, центрифугировали и осаждали белок.

Осаждение белка проводили хлористым натрием, сернокислым аммонием, гексаметафосфатом

натрия, трихлоруксусной кислотой и полиэтиленгликолем, используя в этих целях известные методики [10; 11].

Из исходного раствора 10%-ной концентрации готовили 6 разведений белка (0,00005; 0,0001; 0,0002; 0,0003; 0,0004 и 0,0005 мг в 0,1 мл). Пороговую чувствительность и специфичность изучали на 24 зараженных коринебактериями морских свинок. Заражение производили подкожно, введением 10 мкг влажной культуры во взвеси в физиологическом растворе.

Сенситивность животных к туберкулину изучали на морских свинках (n=36), зараженных культурой М. БЦЖ, *M. avium*, *C. xerosis* N 1911, *C. ulcerans* N675, *C. bovis* (6 в контроле), а также на зараженных *Corynebacterium xerosis* кроликах (n=3). В работе были использованы штаммы коринебактерии (*C. ulcerans* N675, *C. bovis*) полученные от 5 голов крупного рогатого скота в хозяйстве предгорной части Дагестана, у которых предварительно проводили бактериологический анализ микробного пейзажа по стандартной методике. Изолированные микроорганизмы идентифицировали по морфологическим, культуральным, биохимическим и хемотоксономическим признакам с использованием тест систем CORIGE test MTC – KD [12].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С каждым из испытываемых реагентов подбирали оптимальные режимы осаждения белка. При этом определяли влияние концентрации и способа добавления осадителя, температуры и рН на активность полученного белка [13].

В ходе использования в качестве осадителя сернокислого аммония прибавили сухую мелко протертую соль к центрифугату культуры. Реакцию (рН) центрифугата подводили от 5,2 до 6,4, с интервалом 0,2 ед. (табл. 1).

Таблица 1. Режимы испытания сернокислого аммония для осаждения белка
Table 1. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ test modes for protein precipitation

рН	Концентрация соли в центрифугате (в %)					
	Concentration of salt in centrifuge (in %)					
	10	20	30	40	45	50
5,2	-	-	-	-	-	±
5,4	-	±	±	+	+	+
5,6	±	±	+	+	+	+
5,8	+	+	+	+	+	+
6,0	+	+	+	+	+	+
6,2	+	+	+	+	+	+
6,4	+	+	+	+	+	+

Через несколько минут после добавления соли на поверхности центрифугата образовалась пленка, которую собирали и очищали от остатков соли. Относительно высокие результаты получили при концентрации соли – 30% и рН не ниже 5,8.

Значительное осаждение белка происходило в изоэлектрической точке NaCl при рН 3,9. Изучение оптимальных режимов проводили при параметрах рН 3,9 до 4,5 в концентрации NaCl – 5, 10, 15, 20, 25 и 30% (табл. 2).

Полученный осадок отделяли центрифугированием и растворяли в дистиллированной воде. Пробы, полученные при 5, 10, 25 и 30%-ной концентрации NaCl и осажденные при рН=4,3 и выше, в работе не использовали. При концентрации соли в центрифугате 25 и 30% не-

растворенная часть ее вместе с белком образовывала плохо разбиваемый осадок.

В опыте с трихлоруксусной кислотой (ТХУ) 20%-ный раствор добавляли в предварительно охлажденные центрифугаты с рН=3,2. Затем выдерживали при температуре 4°С – 30 минут. Концентрации выше 20% приводили к денатурации белка. Выход в этом случае получался очень низкий и поэтому данный способ осаждения в дальнейших исследованиях не применяли.

Для определения осаждающей белок способности гексаметафосфата Na (ГМФ) центрифугаты предварительно охлаждали до 6-10°С и добавляли 0,1-0,4% соли. Затем двунормальной соляной кислотой доводили рН до 3,0; 3,2; 3,5; 3,9; 4,2; 4,5 и 5,0, как указано в таблице 3.

Таблица 2. Режимы испытания NaCl для осаждения белка
Table 2. Test modes of NaCl for protein precipitation

рН	Концентрация NaCl в центрифугате (в %) / Concentration of NaCl in centrifuge (in %)					
	5	10	15	20	25	30
3,5	+	++	++	+++	+++	+++
3,7	+	++	+++	+++	+++	+++
3,9	+	++	+++	+++	+++	+++
4,1	+	++	+++	+++	+++	+++
4,3	+	+	++	++	+++	+++
4,5	+ -	+	++	+	++	++

Таблица 3. Режимы испытания ГМФ Na для осаждения белка
Table 3. Test modes of sodium hexametaphosphate for protein precipitation

рН	Концентрация ГМФ Na в центрифугате (в %) Concentration of sodium hexametaphosphate in centrifuge (in %)			
	0,1	0,2	0,3	0,4
3,0	-	±	±	±
3,2	-	±	±	+
3,5	-	+	+	++
3,9	-	±	+	++
4,2	-	±	+	+
4,5	-	+	+	+

По результатам исследования наблюдали выпадения незначительного осадка.

Осажденный 0,3 и 0,4 граммами гексаметафосфата Na белок, при температуре (4°C), обладал хорошими растворимыми в дистиллированной воде свойствами. Следовательно, оптимальные условия в этом случае были установлены при рН 3,5-3,9 и количестве соли – 0,4 г при 4°C.

Полиэтиленгликоль (ПЭГ) с мол. весом 6000 (рН 7,9) традиционно используемый для концентрации вирусного белка, не обладал осаждающей активностью и

при снижении рН 2-х нормальным NaCl до 3,5 при 4°C.

В каждом полученном растворе белка определяли аминный азот и подводили его концентрацию до уровня содержания в ППД-туберкулине. Готовые препараты стерилизовали, пропуская их через фильтр Зейтца.

Активность сенситинов определяли на 3 зараженных *Corynebacterium xerosis* кроликах. Было исследовано 6 различных серий белка, полученных разными способами. Каждого кролика исследовали в политесте (табл. 4).

Таблица 4. Активность сенситинов в аллергической пробе на зараженных кроликах
Table 4. Sensitin activity in allergic tests on infected rabbits

Сенситин из: Sensitin from:	Осадитель Precipitator	рН среды pH medium	Концентрация соли (в %) Salt concentration (in %)	Интенсивность реакции (в мм ²) Intensity of reaction (mm ²)
<i>Corynebacterium xerosis</i>	Сернокислый аммоний (NH ₄) ₂ SO ₄	5,8	30	146
		6,0	30	180
	NaCl	3,9	20	250
		4,1	15	190
	ГМФ hexametaphosphate	3,5	0,2 г	145
		3,9	0,2 г	130

Как показывают данные таблицы, высокой чувствительностью обладает сенситин, полученный методом осаждения белка NaCl при 20%-ной концентрации и рН – 3,9.

Все тестируемые дозы (6 видов концентрации в 0,1 мл) испытывали на морских свинках (n = 24), зараженных коринебактериями. На каждую серию брали 4 животных, исследования проводили на 28 день заражения (табл. 5).

Исследования выявили пороговую чувствительность аллергена 0,00005 мг в 0,1 мл раствора, далее чувствительность увеличивалась до содержания белка

0,0003 мг и в последующем чувствительность не зависела от концентрации. Таким образом, за единицу действия коринебактериозного аллергена, согласно полученным результатам, определена – 0,0003 мг в 0,1 мл раствора.

Состояние повышенной чувствительности на аллерген (ППД-туберкулин) изучали на лабораторных животных (n=36), зараженных культурой М. БЦЖ, *M. avium*, *M. scrofulaceum*, *C. xerosis* N1911, *C. ulcerans* N675, *C. bovis*, (6 в контроле) через каждые 30 дней в течение 3 месяцев (табл. 6).

Таблица 5. Интенсивность кожной реакции у морских свинок на гомологичный заражению аллерген
Table 5. The intensity of skin reaction in guinea pigs to homologous allergen infection

Содержание белка в аллергене (мг в 0,1 мл) Protein content in allergen (mg in 0.1 ml)	<i>Corynebacterium xerosis</i> N1911	
	Интенсивность, мм ² Intensity, mm ²	M ± m
0,00005	---	0,17 ± 0,15
	0,7	

0,0001	---	3,62 ± 2,97
	5,2	

	9,3	

0,0002	20,4	25,25 ± 2,50
	28,2	
	22,1	
	30,3	
	87,1	
	69,3	
0,0003	82,4	79,10 ± 3,87
	77,6	
	82,2	
	56,4	
	61,3	
0,0004	68,7	67,15 ± 4,55
	66,5	
	48,4	
	60,1	
	51,9	
0,0005	---	56,72 ± 3,27
	0,7	

Таблица 6. Показатели гиперчувствительности замедленного типа в различные интервалы времени
Table 6. Indices of delayed hypersensitivity at various time intervals

№ гр. No gr.	Заражающая культура Infecting culture	Интенсивность реакций (мм ²) через Intensity of reactions (mm ²) in:					
		30 дней 30 days		60 дней 60 days		90 дней 90 days	
		Туберкулин Tuberculin	Коринебактери- озный сенситин <i>Corynebacterium</i> <i>sensitin</i>	Туберкулин Tuberculin	Коринебактери- озный сенситин <i>Corynebacterium</i> <i>sensitin</i>	Туберкулин Tuberculin	Коринебактери- озный сенситин <i>Corynebacterium</i> <i>sensitin</i>
1	М.БЦЖ M.BCG	125,3±26,5	72,4±15,2	135,1(-)	68,6(-)	136,3±23,5	24,3(-)
2	<i>M. avium</i>	109,5(-)	98,7±17,7	136,3±24,1	73,7±22,3	123,4(-)	-
3	<i>C. xerosis</i> №1911	114,4±32,7	112,8±23,5	72,3(-)	62,5±24,2	-	56,8±12,9
4	<i>C. ulcerans</i> №675	65,7±11,4	76,3±12,9	59,4±32,7	70,9±15,3	28,5±22,2	33,7±5,2
5	<i>C. bovis</i>	49,9±10,3	88,9±22,5	36,9(-)	60,8-15,6	33,1±11,9	88,4±16,3
6	Контроль Control	-	-	-	-	-	-

Примечание: (-) – единично реагировали

Note: (-) responded individually

Анализ интенсивности реагирования в исследуемых интервалах времени показывает, что у инфицированных морских свинок напряженность иммунитета длительный на гомологичный аллерген.

Из предположенных многочисленных способов очистки и концентрации активного белка, не многие нашли широкое применение, в связи с чем назрела

необходимость выявления наиболее значимого.

Проведенные сравнительные испытание позволили, констатировать неспособность одних предложенных методов осаждать белок и выявить слабые стороны других. Результаты согласуются с данными других исследователей, установивших, способность трихлоруксусной кислоты (ТХУ) изменять структуру белка. Выска-

зывалось предположение, что наряду с общими закономерностями выявляются и индивидуальные особенности полиэтиленгликоля, зависящие от ряда факторов. Наши данные соответствуют этому определению, нам не удалось осадить белок даже при низких значениях pH.

В целом, на основании полученных данных можно утверждать, что наиболее результативным является способ осаждения белков хлористым Na. Этот способ имеет и другие преимущества, заключающиеся в том, что нет необходимости дополнительной очистки, и освобождения белка от остатков соли диализом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что изучаемые культуры способны вызвать перекрестную сенсибилизацию организма животных к туберкулину и коринебактериозному аллергену. По литературным данным, подавляющее число культур микобактериоподобных микроорганизмов, в том числе и коринебактерии, имеют общие антигенные детерминанты, определяющие генетическое родство их с микобактериями, что является косвенным свидетельством о потенциальной возможности их сенсибилизировать макроорганизм к туберкулину.

Так, в эксперименте на 30 день все зараженные морские свинки реагировали с высокой интенсивностью на изучаемые аллергены, причем, генетическое сходство определяло интенсивность реакции. Чем выше однородность антигенных детерминант, тем достовернее нарастание показателей интенсивности.

Проведенный анализ через 60 дней выявил повышение чувствительности на туберкулин у морских свинок, зараженных микобактериями и снижение реакций у остальных животных. На коринебактериозный аллерген наблюдали заметное снижение интенсивности во всех группах.

На третьем этапе исследования высокая чувствительность к коринебактериозному аллергену сохранилась у морских свинок, зараженных коринебактериями, тогда как в группах, зараженных микобактериями, реакции выпали. Зараженные микобактериями с высокой интенсивностью реагировали на туберкулин.

Контрольные животные не реагировали на аллергены на протяжении опыта.

В целом полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой иммунологической активности созданного аллергена, что подтверждается активизацией клеточного иммунитета. Тем не менее, требуется дальнейшие исследования на большем количестве животных для расширенной оценки Т-клеточного звена иммунитета.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее чувствительным и результативным способом осаждения белка является метод с использованием хлористого Na. Данный способ исключает необходимость дополнительной очистки и освобождения белка от остатков соли диализом.
2. За единицу действия коринебактериозного аллергена, вызывающий кожную реакцию с наибольшей интенсивностью, определена концентрация 0,0003 мг в 0,1 мл раствора.
3. Микобактерии с коринебактериями имеют общие антигенные детерминанты обуславливающие перекрестную сенсибилизацию организма животных к туберкулину и коринебактериозному аллергену.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безгин В.М., Козлов В.Е. Новые технологии производства диагностических препаратов для ветеринарной медицины // Ветеринарная медицина: М1жвщомчий тематичний науковий збірник. Харків. 2003. N 81. С. 41-45.
2. Лискова Е.А., Слина К.Н. Выделение микобактерий, нокардиоформных актиномицетов и коринебактерий из патологического материала // Сб. статей VII Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение интенсивного развития животноводства и кормопроизводства», Тверь, 22-24 марта, 2016. С. 87-89.
3. Кресс В.М. Туберкулез в Российской Федерации – проблема государственной значимости // Вестник РАМН. 2000. N 12. С. 19-20.
4. Лискова Е.А., Слина К.Н., Блохин А.А. Выделение коринебактерий из объектов животноводческих помещений // Путь науки. 2015. N 12. С. 31-32.
5. Fortune S.M., Solache A., Jaeger A., Hill P.J., Belisle J.T., Bloom B.R., Rubin E.J., Ernst J.D. *Mycobacterium tuberculosis* Inhibits Macrophage Responses to IFN- γ through Myeloid Differentiation Factor 88-Dependent and -Independent Mechanisms // J. Immunol. 2004. V. 172. N 10. P. 6272-6280. Doi: 10.4049/jimmunol.172.10.6272
6. Баратов М.О., Ахмедов М.М., Сакидибиров О.П. К выяснению причин неспецифических реакций на туберкулин // Ветеринарный врач. 2014. N 2. С. 24-27.
7. Нуратинов Р.А., Ургув К. Р., Баратов М.О. Кислотоустойчивые микроорганизмы - микобактерии, нокардии, родококки: химический состав, биологические свойства, антигенная структура // Проблемы туберкулеза. 2001. Т. 78. N 5. С. 54-57.
8. Amadori M., Lyaschenko K.P., Gennaro M.L., Pollock J.M., Zerbini I. Use of recombinant proteins in antibody tests for bovine tuberculosis // Vet. Microbiol., 2002. V. 85. Iss. 4. P. 379-389. Doi: 10.1016/s0378-1135(02)00005-6
9. Campos-Neto A., Rodrigues-Junior V., Pedral-Sampaio D.B., Netto E.M., Ovendale P.J., Coler R.N., Skeiky Y.A., Bardaró R., Reed S.G. Evaluation of DPPD, a single recombinant *Mycobacterium tuberculosis* protein as an alternative antigen for the Mantoux test // Tuberculosis (Edinb). 2001. V. 81. Iss. 5-6. P. 353-358. Doi: 10.1054/tube.2001.0311
10. Иванов М.М., Шаров А.Н., Беляев А.С. и др. Стандартизация сухого очищенного туберкулина // Труды ВГНКИ. 1972. Т. 18. С. 20-28.
11. Досон, Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991. 543 с.
12. Меджидов М.М., Меджидова Ш.М., Омарова С.М. Микротест-системы в лабораторной диагностике инфекционных болезней. М.: Медицина, 2006. 67 с.
13. Козлов В.Е., Букова Н.К., Найманов А.Х. Оценка активности и специфичности коммерческих серий туберкулина (ППД) для млекопитающих отечественного и зарубежного производства // Ветеринарная патология. 2004. N 1-2(9). С. 82-85.

REFERENCES

1. Bezgin V.M., Kozlov V.E. New technologies for the production of diagnostic products for veterinary medicine. Veterinarnaya meditsina [Veterinary medicine]. 2003, no. 81, pp. 41-45. (In Russian)
2. Liskov E.A., Slinina K.N. Vydelenie mikobakterii, nokardioformnykh aktinomitsetov i korinebakterii iz patologicheskogo materiala [Isolation of mycobacteria, nocardioform actinomycetes and corynebacteria from pathological material]. *Sbornik statei VII Mezhdunarodnoi nauchno-*

prakticheskoi konferentsii «Nauchnoe obespechenie intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva i kormoproizvodstva», Tver', 22-24 marta 2016 [Collection of articles of the VII International Scientific and Practical Conference "Scientific Support for the Intensive Development of Livestock and Feed Production", Tver, 22-24 March 2016]. Tver, 2016, pp. 87-89. (In Russian)

3. Kress V.M. Tuberculosis in the Russian Federation is a problem of national importance. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian academy of medical sciences]. 2000, no. 12, pp. 19-20. (In Russian)

4. Liskova E.A., Slinina K.N., Blokhin A.A. Corynebacteria recovery from livestock house objects. *Put' nauki* [The Way of Science]. 2015, no. 12, pp. 31-32. (In Russian)

5. Fortune S.M., Solache A., Jaeger A., Hill P.J., Belisle J.T., Bloom B.R., Rubin E.J., Ernst J.D. *Mycobacterium tuberculosis* Inhibits Macrophage Responses to IFN- γ through Myeloid Differentiation Factor 88-Dependent and -Independent Mechanisms. *J. Immunol.* 2004, vol. 172, no. 10, pp. 6272-6280. Doi: 10.4049/jimmunol.172.10.6272

6. Baratov M.O., Akhmedov M.M., Sakidibirov O.P. To clarify the causes of non-specific reactions to tuberculin. *Veterinarnyi vrach* [Veterinary Vrach journal]. 2014, no. 2, pp. 24-27. (In Russian)

7. Nuratinov P.A., Urguyev K.R., Baratov M.O. Acid-resistant microorganisms - mycobacteria, nocardias, rhodococci: chemical composition, biological properties, antigenic structure. *Problemy tuberkuleza* [Problems of Tuberculosis]. 2001, vol. 78, no. 5, pp. 54-57. (In Russian)

8. Amadori M., Lyaschenko K.P., Gennaro M.L., Pollock J.M., Zerbini I. Use of recombinant proteins in antibody tests for bovine tuberculosis. *Vet. Microbiol.*, 2002, vol. 85, iss. 4, pp. 379-389. Doi: 10.1016/s0378-1135(02)00005-6

9. Campos-Neto A., Rodrigues-Junior V., Pedral-Sampaio D.B., Netto E.M., Ovendale P.J., Coler R.N., Skeiky Y.A., Badaró R., Reed S.G. Evaluation of DPPD, a single recombinant *Mycobacterium tuberculosis* protein as an alternative antigen for the Mantoux test. *Tuberculosis (Edinb)*, 2001, vol. 81, iss. 5-6, pp. 353-358. Doi: 10.1054/tube.2001.0311

10. Ivanov M.M., Sharov A.N., Belyaev A.C. et al. [Standardization of dry purified tuberculin]. In: *Trudy VGNKI* [Proceedings of VGNKI]. 1972, V. 18, pp. 20-28. (In Russian)

11. Dawson, R., Elliot D., Elliot W., Jones K. *Spravochnik biokhimiya* [Handbook of Biochemists]. Moscow, Mir Publ., 1991, 543 p. (In Russian)

12. Medzhidov M.M., Medzhidova Sh.M., Omarova S.M. *Mikrotest-sistemy v laboratornoi diagnostike infektsionnykh boleznei* [Microtest systems in the laboratory diagnosis of infectious diseases]. Moscow, Meditsina Publ., 2006, 67 p. (In Russian)

13. Kozlov V.E., Bukova N.K., Naimanov A.Kh. Assessment of the activity and specificity of commercial series of tuberculin (PPD) for mammals of domestic and foreign production. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary Pathology]. 2004, no. 1-2 (9), pp. 82-85. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Магомед О. Баратов представил практический материал, проанализировал данные и написал рукопись. Омар П. Сакидибилов, Зайдин М. Джамбулатов написали рукопись. Бадрутдин М-С. Гаджиев, Гульнара А. Джабарова, Раиса М. Абдурегимова корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Magomed O. Baratov directed experiments, analyzed data and wrote a manuscript. Omar P. Sakidibirov and Zaydin M. Dzhambulatov wrote the text. Badrutdin M-S. Gadzhiev, Gulnara A. Dzhabarova and Raisa M. Abduragimov corrected the text before submission to the Editor. All authors 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.

Обзорная статья / Review article

УДК 37.022

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-118-130

Академическая мобильность как фактор устойчивости системы высшего образования (на примере Республики Казахстан)

Аида М. Маратова¹, Наталия В. Яковенко² , Гаухар Е. Кайрлиева¹, Юрий А. Афонин³, Карлыга Т. Утегенова⁴, Виктор В. Воронин⁵

¹Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, Уральск, Казахстан

²Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴Западно-Казахстанский государственный университет имени М. Утемисова, Уральск, Казахстан

⁵Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

Контактное лицо

Наталия В. Яковенко, кафедра социально-экономической географии и регионоведения, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет; 394068 Россия, г. Воронеж, ул. Хользунова, 40. Тел. +79191889232

Email n.v.yakovenko71@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

Формат цитирования

Маратова А.М., Яковенко Н.В., Кайрлиева Г.Е., Афонин Ю.А., Утегенова К.Т., Воронин В.В. Академическая мобильность как фактор устойчивости системы высшего образования (на примере Республики Казахстан) // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.118-130. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-118-130

Получена 17 января 2019 г.

Прошла рецензирование 14 марта 2019 г.

Принята 8 апреля 2019 г.

Резюме

Цель. Раскрыть особенности процесса академической мобильности как фактора устойчивости системы высшего образования (на примере Республики Казахстана).

Обсуждение. Организация академической мобильности студентов определяется ее ориентированностью на стремление к перемещению в целях академического обмена в образовательном пространстве, социальную адаптацию в рамках данного процесса. Моделирование организации академической мобильности студентов вуза является специфическим способом познания, при котором объект исследования имитируется в модели. В представленной модели формирования академической мобильности студентов раскрыты структурные части и их функциональное назначение.

Заключение. В условиях сложившейся ситуации в Казахстане более приоритетной является исходящая академическая мобильность, которая выступает средством развития интеллектуального потенциала и навыков населения. Входящая мобильность студентов в Казахстане занимает более скромные позиции из-за слабой материально-технической базы казахстанских университетов, неразвитости сервиса и инфраструктуры, ограниченной способности обеспечения обучения на английском языке, а также визовыми ограничениями. Все это негативно влияет на конкурентоспособность казахстанской системы высшего образования. Рассматривая показатели международного обмена студентами в странах Таможенного союза, следует отметить, что исходящая мобильность в Казахстане более чем в 2 раза превышает входящую, что не могло не отразиться на факторах конкурентоспособности казахстанских университетов в международных рейтингах мобильности. Эффективная организация академической мобильности студентов Казахстана будет содействовать увеличению притока иностранных студентов в вузы страны и подготовке конкурентоспособных специалистов с целью их дальнейшего участия в создании передового общества и развития наукоемкой экономики страны в контексте происходящих в мире процессов глобализации, интернационализации и устойчивого развития.

Ключевые слова

академическая мобильность, студенты, образовательное пространство, модель, самореализация, образование.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Academic mobility of students as a factor in sustainability in higher education (the example of the Republic of Kazakhstan)

Aida M. Maratova¹, Nataliya V. Yakovenko² , Gaukhar E. Kairlieva¹, Yuriy A. Afonin³, Karlyga T. Utegenova⁴ and Victor V. Voronin⁵

¹Kazakhstan University of Innovation and Telecommunications Systems, Uralsk, Kazakhstan

²Voronezh State University, Voronezh, Russia

³M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴M. Utemisov West Kazakhstan State University, Uralsk, Kazakhstan

⁵Samara State University of Economics, Samara, Russia

Principal contact

Nataliya V. Yakovenko, Department of Social and Economic Geography and Regional Studies, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University; 40 Kholzunova St, Voronezh, Russia 394068.

Tel. +79191889232

Email n.v.yakovenko71@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

[4203-0040](https://orcid.org/0000-0003-4203-0040)

How to cite this article

Maratova A.M., Yakovenko N.V., Kairlieva G.E., Afonin Yu.A., Utegenova K.T., Voronin V.V. Academic mobility of students as a factor in sustainability in higher education (the example of the Republic of Kazakhstan). *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 118-130. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-118-130

Received 17 February 2019

Revised 14 March 2019

Accepted 8 April 2019

Abstract

Aim. To reveal the features of the process of academic mobility as a factor in the sustainability of the higher education system (in the example of the Republic of Kazakhstan).

Discussion. The organisation of student academic mobility is determined by the students striving to move for the purpose of academic exchange in the educational space and social adaptation in the framework of this process. The modeling of the organisation of academic mobility of students in higher education is a specific cognitive method in which the object of study is imitated in a model. A model of the academic mobility of students is presented in this article together with an exposition of its structural components and functionality.

Conclusion. In the current situation in Kazakhstan outgoing academic mobility is of the greatest priority and acts as a mechanism to develop the intellectual potential and skills of the population. Incoming student mobility in Kazakhstan occupies a less significant position because of the weak material and technical base of Kazakhstan universities, underdeveloped services and infrastructure, limited abilities to provide education in English and visa restrictions. All this negatively affects the competitiveness of the Kazakhstan higher education system. In considering the indicators of international student exchange in the states of the Customs Union of the Eurasian Economic Union, it should be noted that outgoing mobility in Kazakhstan is more than two times higher than incoming, which impacts on the competitiveness of Kazakhstan universities in international mobility ratings. Effective organisation of the academic mobility of students in Kazakhstan will contribute to an increase in the influx of foreign students to its universities. It will also contribute to the formation of competitive specialists and their participation in the development of an advanced society and a knowledge-based economy in the context of globalization, internationalisation and sustainable development.

Key Words

academic mobility, students, educational space, model, self-realization, education.

©2019 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.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях переход к устойчивому развитию любого региона или любой территории является комплексной задачей, и поэтому никоим образом не может быть сужен только к проблемам отраслевого развития. Помимо учета потребностей в пространственном развитии страны, решение поставленной цели опирается на учет закономерностей развития природной среды, ее экологического состояния, общественных институтов и социально-экономических механизмов хозяйства любого региона. Одной из экологических аксиом является видение разнообразия как атрибутивной основы устойчивости экосистемы. Однако в ситуации усугубления интеграционных процессов все труднее становится сохранить разнообразие, в данном случае социокультурное, где основой воспроизводства выступает разнообразие систем образования.

Отличительной чертой национальных систем образования и науки XXI в. является возросшая академическая и научная мобильность. Этот вопрос вызывает интерес ученых и постоянно диверсифицируется. В начале XXI в. академическая мобильность все еще не редко рассматривается как угрожающая стабильности, устойчивому развитию национального университета. Однако сегодня, видимо, можно говорить об изменении характера отношения к академической мобильности, о переходе (в основном) от рассмотрения ее как угрозы к анализу как неизбежного явления, существующего и влияющего на развитие мира университета, интеграционных процессов в нем. Государственный заказ Республики Казахстан предусматривает обязательность и важность обучения конкурентоспособных кадров в конъюнктурных условиях интегрирования казахстанской системы образования в международное образовательное пространство, когда субъектами образовательной деятельности становятся сами обучающиеся [1].

Академическая мобильность является неотъемлемой формой существования интеллектуального потенциала, отражающая реализацию внутренней потребности этого потенциала в движении в пространстве социальных, экономических, культурных, политических взаимоотношений и взаимосвязей. Академическую мобильность в области международного сотрудничества высшей школы нельзя свести к конкретным действиям, технологиям и механизмам, связанным только с системой обмена студентами учебных заведений разных стран. Академическая мобильность студентов рассматривается как фактор и инструмент повышения конкурентоспособности образования, выступает своеобразной гарантией качества высшего образования, способствует формированию компетентных кадров. Конкурентоспособность университета отражает эффективность его интеграции в международное образовательное пространство и позиционирования на рынке образовательных услуг. Конкурентоспособность выпускников определяется качеством и количеством компетенций, ориентированных на требования работодателей и формирующих их целостную профессиональную компетентность. В связи с этим выдвигается задача по разработке педагогического обеспечения академической мобильности. И она может быть решена путем конструирования структурно-функциональной модели

организации академической мобильности обучающихся в ВУЗе.

Цель исследования – разработать структурно-функциональную модель академической мобильности студентов как показателя устойчивости развития системы высшего образования Казахстана.

Методы исследования. Для обобщения и систематизации результатов проведенного исследования были использованы следующие методические подходы:

1) сравнительно-исторический подход – дает возможность, используя метод сопоставления, определить общее и частное при организации академической мобильности студентов на определенный исторический период;

2) сравнительно-генетический подход – все происходящие явления в системе организации академической мобильности студентов рассматриваются в развитии;

3) системный подход – академическая мобильность студентов в системе высшего образования представляется как интегративный феномен;

4) метасистемный подход – система организации академической мобильности студентов рассматривается в процессе процессов глобализации и интеграции образовательных систем.

Для решения поставленных задач также использовался комплекс методов исследования: теоретический анализ социально-философской, психолого-педагогической и методической литературы по заявленной проблеме; методы когнитивного и предметного изучения на моделях-аналогах какой-либо определенной части природной или общественной материи; моделирование исследуемых процессов; обобщение опыта работы преподавателей высшей школы.

Проблема формирования академической мобильности студентов имеет различную историю исследования и практического применения в Казахстане, России и за рубежом. Если в европейских странах и США накоплен и исследован богатейший опыт академической мобильности, то в России вопросы академической мобильности воспринимаются как относительно новая научно-теоретическая проблема. Казахстан развивает практические аспекты академической мобильности, не успевая порой адекватно осмысливать эту деятельность на теоретико-методологическом уровне. Анализ и систематизация научных публикаций по изучаемой проблеме позволяет сделать вывод о том, что учеными рассматриваются различные аспекты мобильности личности, вместе с тем проблема формирования академической мобильности студентов является для многих стран постсоветского пространства малоизученной. Так, в Казахстане разработаны нормативные документы по организации академической мобильности обучающихся, накоплен значительный эмпирический материал, отражающий опыт практической деятельности по данной проблеме в вузах Казахстана [1], однако практически отсутствуют фундаментальные исследования по исследуемой проблеме.

В мировой практике проблема академической мобильности изучена достаточно глубоко и разносторонне. Так, например, академическая мобильность широко представлена в трудах зарубежных ученых:

Н.М. Borchgrevink, В. Scholz [2] (мобильность как комплексное явление), В. Flanagan end at. [3], G. Volker, D. Stadelmann [4] (мобильность на основе социологических опросов), L.W. Perna, K. Orosz, Z. Jumakulov [5] (социальные аспекты академической мобильности), М. Kantola and et. [6], М. Sarabi [7], М. Kelo [8] (пути повышения мобильности европейских студентов данных в Европе) (аспекты межкультурного обучения) и др.

Среди российских ученых можно отметить следующих: В.И. Байденко [9] (основные тенденции развития высшего образования), А.В. Винеvская, Е.В. Лопаткин, В.Е. Приходько [10] (подходы к формированию мобильности студентов педагогического профиля), А.М. Маратова, И.А. Носков [11] (теоретические подходы к построению моделей организации академической мобильности) и др.

ОБСУЖДЕНИЕ

Казахстан в качестве члена Европейского пространства высшего образования выравнивает национальные приоритеты в области образования в соответствии с Болонскими реформами. Для определения национальной политики развития академической мобильности в стране, Министерство образования и науки утвердило «Стратегию академической мобильности в Казахстане 2012-2020», и План ее реализации, который предусматривает, что «к 2020 году 20% казахстанских студентов будут мобильными ...». Другие документы, регламентирующие академической мобильности и процессы интернационализации – «Правила международного сотрудничества для образовательных учреждений», «Правила по организации учебного процесса в соответствии с кредитной технологией», «Правила по отправке студентов для обучения за рубежом, в том числе по академической мобильности», «Концепция академической мобильности для вуза в Республике Казахстан».

Университеты в Казахстане осуществляют два вида академической мобильности: внешние (международные) и внутренние (в пределах страны) мобильности. Студенты обучаются в 35 странах мира, и география сотрудничества в области образования и науки с каждым годом расширяется. Основные направления обучения граждан Казахстана за рубежом:

- международные образовательные обмены;
- стипендии Правительств иностранных государств и международных организаций;
- в частном порядке;
- по международной стипендии Президента РК «Болашак».

Президентская программа стипендия Болашак является важным источником финансирования исходящей мобильности для граждан Казахстана. На протяжении более 20 лет жизни программы 11000 человек имели возможность обучаться в 200 лучших университетов мира. Программы академической мобильности могут финансироваться за счет государственного бюд-

жета, а также альтернативных источников, таких как университетские фонды, стипендии университетов-партнеров, международных грантов, студенческой самокупаемости и т.д. Министерство образования и науки РК ежегодно выделяет средства для исходящей кредитной мобильности. В рамках программы за пять лет более 3 тыс. казахстанских студентов прошли обучение в вузах Европы, США и Юго-Восточной Азии в течение 1 семестра по таким приоритетным направлениям, как: образование, гуманитарные и технические науки и технологии, сельскохозяйственные науки, ветеринария. Увеличивается число международных студентов.

В 2014 и 2015 гг. вузы Казахстана приняли из-за рубежа на срок от 1 месяца до 1 семестра 9077 иностранных обучающихся, главным образом, из 28 Китая, России, Узбекистана, Индии и Монголии. Основные направления обучения - технические науки и технологии, здравоохранение и социальное обеспечение (медицина) и социальные науки, экономика и бизнес. Наряду с программой внешней академической мобильности между казахстанскими вузами реализуется внутренняя кредитная академическая мобильность на основе Таразской декларации. В 2014-2015 гг. участие в ней приняли участие 1020 обучающихся.

Так, в 2015 г. 48875 студентов прошли обучение за рубежом. Основными принимающими странами являлись Российская Федерация (35 106), Кыргызстан (4 357), Соединенное Королевство (1 725) и Соединенные Штаты (1 884) (рис. 1-2).

Казахстан многие годы является лидером по числу студентов, обучающихся в российских вузах (на 2 месте – Украина, на 3 – Китай). Студенты из Казахстана предпочитают получать в России инженерно-техническое образование, а также осваивать такие области знаний, как медицина, экономика и юриспруденция. Сравнительный анализ с данными о выпускниках стипендиальной президентской программы «Болашак», обучающихся в 29 странах мира, подтверждают эту тенденцию – 40% выпускников 2014 г. завершили обучение по техническим и естественно-научным направлениям, 45,7% – по гуманитарным, 14,3% – по медицинским и творческим.

Преобладание среди стран назначения Российской Федерации может быть объяснено целым рядом факторов. К ним относятся географическая близость, языковая совместимость, количество стипендий, предоставляемых Российской Федерацией казахстанским студентам (в частности, для студентов из регионов, граничащих с Российской Федерацией) и сходство между системами образования двух стран. Тем не менее, вступление Казахстана в Европейское пространство высшего образования приводит к сравнительному увеличению мобильности студентов и из других стран. Во многом это связано с внешним финансированием в рамках программы Erasmus Mundus и некоторых других.

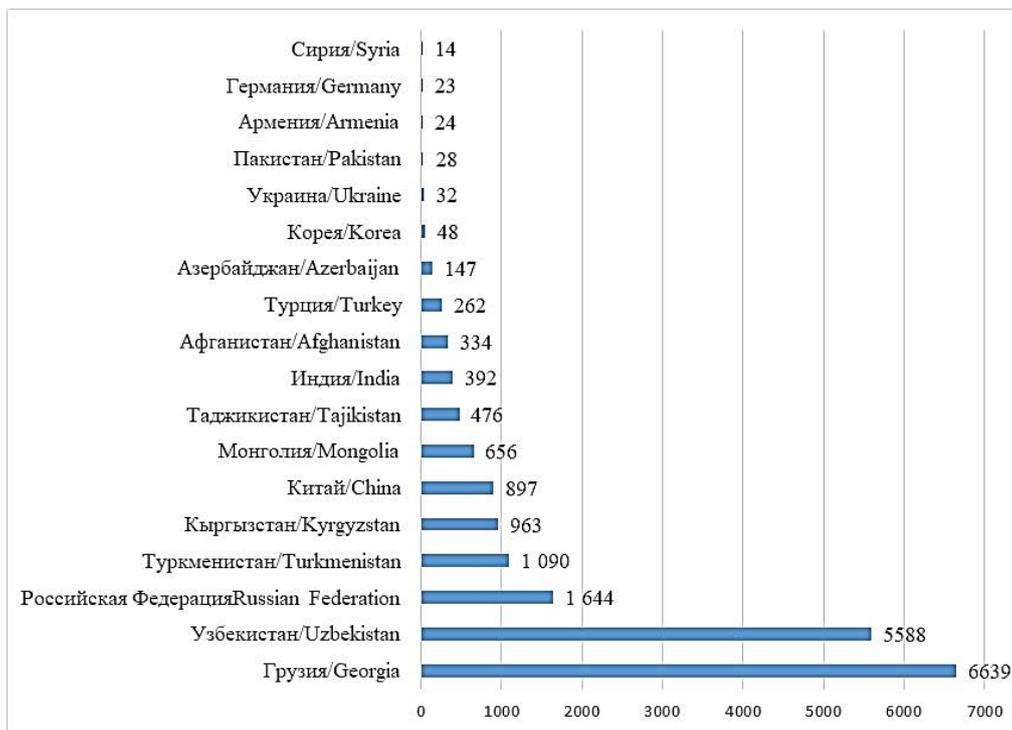


Рисунок 1. Страна происхождения (для иностранных студентов)
Figure 1. Country of origin (foreign students)

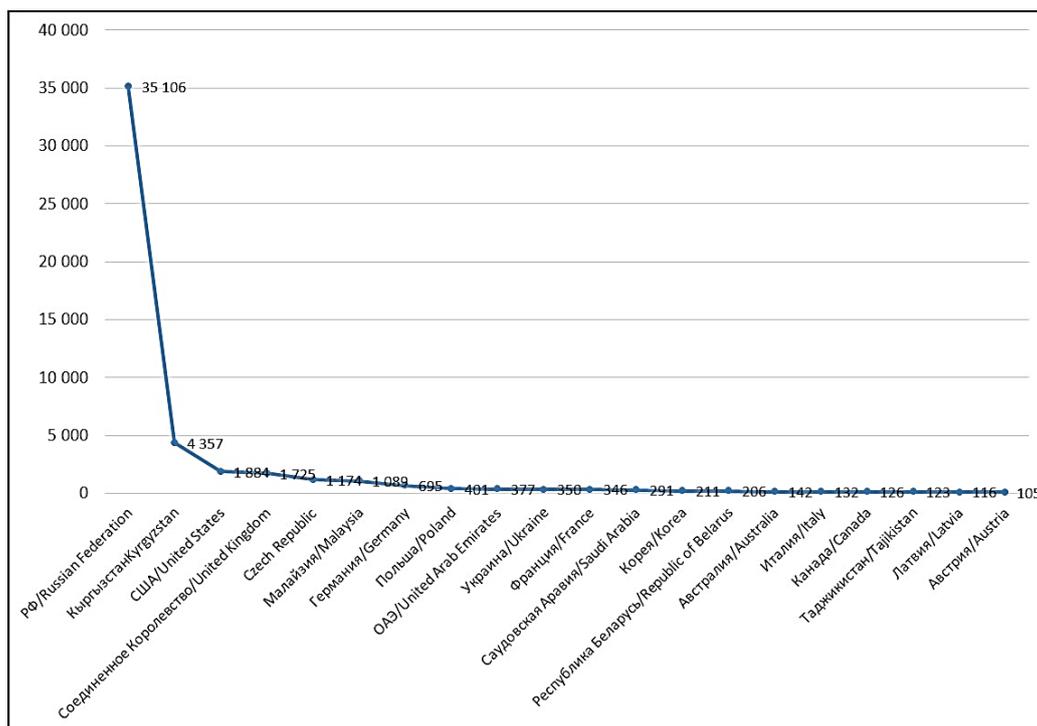


Рисунок 2. Страна назначения (для студентов РК)
Figure 2. Destination country (students of Republic of Kazakhstan)

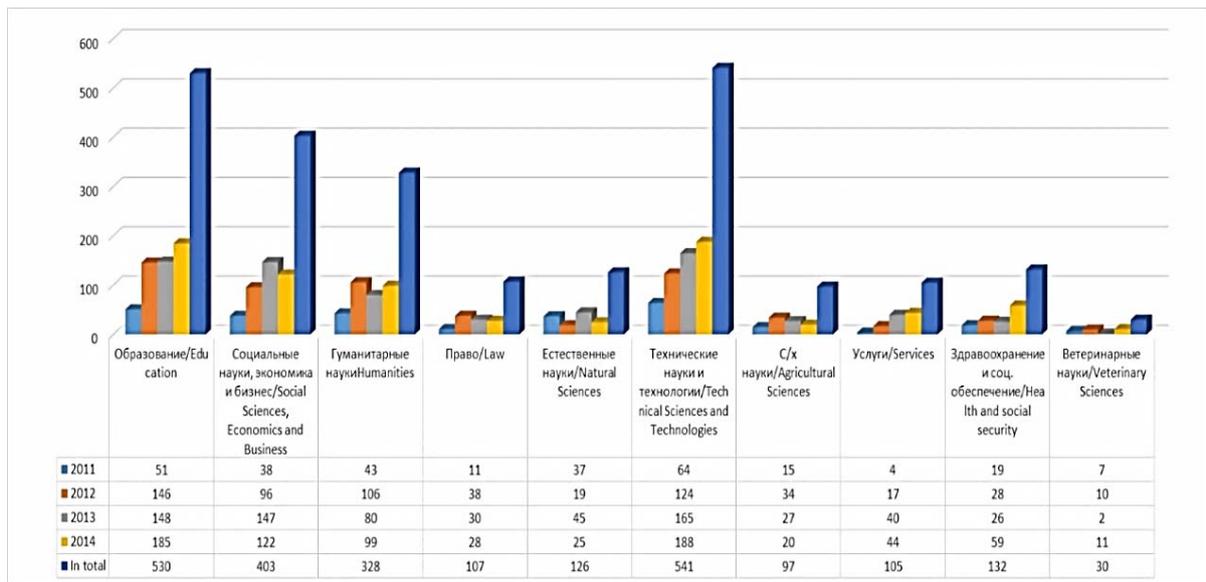


Рисунок 3. Количество обучающихся по программе академической мобильности по направлениям подготовки
Figure 3. Number of students in the academic mobility programme in areas of training

Рассматривая статистические показатели, отражающие динамику численности студентов, можно отметить, что на протяжении периода с 2000 г. по 2017 г. наблюдалась стойкая тенденция количественного роста студентов из Казахстана в государственных и муниципальных вузах России. В результате контингент обучающихся граждан Казахстана в данных вузах вырос более чем в 2 раза (табл. 1). Распределение численности иностранных обучающихся в образовательных организациях высшего образования Российской Федерации в 2007/08 и 2013/14 уч. гг. отражено в таблице 2. Данные таблицы показывают, что на фоне впечатляющего количественного роста студентов из Казахстана в государственных и

муниципальных вузах России их доля в структуре иностранных студентов из стран СНГ уменьшилась с 2007 по 2014 гг. более чем на треть. Анализ динамики численности иностранных студентов в негосударственных вузах Российской Федерации показывает, что на фоне роста удельного веса численности иностранных студентов (с 2013 по 2017 гг. показатель вырос в 2,4 раза), происходит снижение удельного веса численности иностранных студентов – граждан СНГ в общей численности студентов негосударственных вузов (с 2013 по 2017 гг. показатель снизился в 1,6 раза). Динамика удельного веса студентов негосударственных вузов России – граждан Казахстана укладывается в этот тренд.

Таблица 1. Численность иностранных студентов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в государственных и муниципальных организациях России (на начало учебного года)

Table 1. Number of foreign students enrolled in educational programmes of higher education in Russian state and municipal institutions (at the beginning of the academic year)

	Всего / Total	в т.ч. по очной форме обучения including full-time education	Всего / Total	в т.ч. по очной форме обучения including full-time education	Всего / Total	в т.ч. по очной форме обучения including full-time education	Всего / Total	в т.ч. по очной форме обучения including full-time education
Численность иностранных студентов, обучающихся на условиях общего приема – всего, чел. Overall number of foreign students enrolled of general terms - total, persons	58992	40479	78139	60969	175412	130806	198295	153586
из них граждане стран СНГ, Балтии, Абхазии и Южной Осетии Citizens of CIS states, Baltic states, Abkhazia and South Ossetia	34510	19963	40636	25985	134500	90690	147080	103978
Азербайджан Azerbaijan	1248	494	1367	1019	8944	3247	8056	3010
Армения Armenia	1097	598	1393	1006	2201	1178	2087	1111

Беларусь Belarus	3368	893	5527	1947	7263	3472	7324	3779
Казахстан Kazakhstan	16665	11724	17204	12632	50653	34711	52714	37519
Киргизия Kyrgyzstan	1230	519	825	713	4591	4018	5472	4717
Молдова Moldova	1047	527	1443	852	2234	1574	2165	1507
Таджикистан Tajikistan	324	221	1172	845	11980	10155	14309	12415
Туркменистан Turkmenistan	540	383	1065	930	15936	13068	20368	17414
Узбекистан Uzbekistan	3221	1162	4099	2003	16760	11051	20283	13998
Украина Ukraine	4953	2786	5473	3162	12121	7110	12445	7342
Удельный вес иностранных студентов в общей численности студентов / Percentage of foreign students in total number of students	1,4	1,7	1,3	1,9	4,5	5,7	5,2	6,7

Таблица 2. Распределение численности иностранных обучающихся в образовательных организациях высшего образования РФ в 2007/08 и 2013/14 уч. гг.

Table 2. Distribution of the number of foreign students in educational institutions of higher education in Russia in academic years 2007/08 & 2013/14

Иностранные обучающиеся Foreign students	Структура Structure, %				Изменения за период Change per period	
	2007/08 учебный год, человек 2007/08 academic year, persons	2013/14 учебный год, человек 2013/14 academic year, persons	2007/08		2013/14	%
			учебный год, человек academic year, persons	учебный год, человек academic year, persons		
Численность иностранных обучающихся – всего, человек / Number of foreign students – total, persons			100	100	67,4	64526
Граждане стран СНГ / Citizens of CIS States	47420	104911	49,5	65,4	121,2	57491
Азербайджан / Azerbaijan	1835	9105	3,9	8,7	396,2	7270
Армения / Armenia	1415	3293	3	3,1	132,7	1878
Беларусь / Belarus	11495	18620	24,2	17,7	62	7125
Казахстан / Kazakhstan	18970	31441	40	30	65,7	12471
Киргизия / Kyrgyzstan	830	3767	1,8	3,6	353,9	2937
Молдова / Moldova	1291	1763	2,7	1,7	36,6	472
Таджикистан / Tajikistan	1234	6527	2,6	6,2	428,9	5293
Туркменистан / Turkmenistan	756	12031	1,6	11,5	1491,4	11275
Узбекистан / Uzbekistan	4614	8593	9,7	8,2	86,2	3979
Украина / Ukraine	4980	9771	10,5	9,3	96,2	4791

Что касается *входящей мобильности* Казахстана, то ее показатели остаются стабильно низкими, варьируются от 2 до 2,5% контингента высшего образования Республики и сравнимы с показателями Россий-

ской Федерации, Азербайджана и Республики Корея. Иностранные студенты в Казахстан прибывают в основном из Грузии и стран Центральной Азии. Отметим, что число иностранных студентов, получающих высшее

образование в Казахстане, варьировалось в течение последних семи лет от 10 458 в 2008 году до 9 077 в 2014 г. Уровень мобильности иностранных студентов остается в Казахстане стабильно низким: в 2014 г. он

составлял примерно 2,1%.

На рисунке 4 отражена динамика удельного веса студентов негосударственных ВУЗов России – граждан Казахстана.

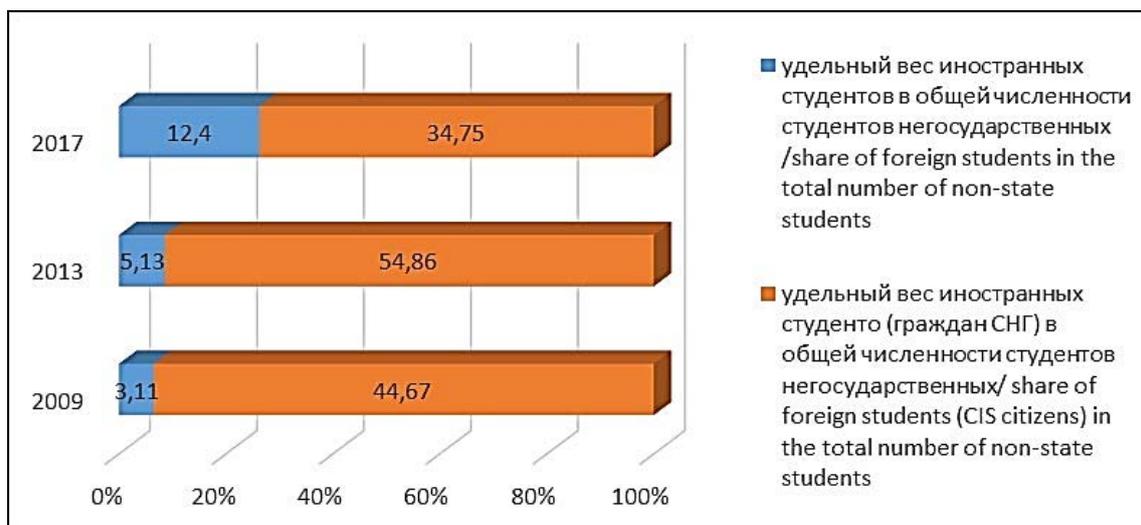


Рисунок 4. Изменение численности иностранных студентов в общей численности студентов, обучающихся в негосударственных вузах, %

Figure 4. Change in the number of foreign students enrolled in non-state universities, expressed as percentage (%) of the total number of students

Таким образом, в условиях сложившейся ситуации в Казахстане более приоритетной является исходящая академическая мобильность, которая выступает средством развития интеллектуального потенциала и навыков населения. Входящая мобильность студентов в Казахстане занимает более скромные позиции из-за слабой материально-технической базы казахстанских университетов, неразвитости сервиса и инфраструктуры, ограниченной способности обеспечения обучения на английском языке, а также визовыми ограничениями. Все это негативно влияет на конкурентоспособность казахстанской системы высшего образования. Рассматривая показатели международного обмена студентами в странах Таможенного союза, следует отметить, что исходящая мобильность в Казахстане более чем 2 раза превышает входящую, что не могло не отразиться на факторах конкурентоспособными казахстанских университетов в международных рейтингах мобильности (рис. 5). В рейтинге IMD Казахстан занимает 44 позицию по показателю «импорт студентов» среди 56 стран мира. Доля иностранных студентов составляет лишь 2,5%, в странах ОЭСР их доля достигает 9-10%.

Исходя из вышеизложенного, процесс организации академической мобильности студентов можно представить в виде сложного социально-профессионального образования. В связи с этим целесообразно использовать моделирование с учетом моделей-аналогов - способа познания и проектирования какой-либо определенной части природной или общественной материи. Процесс моделирования дает возможность рассматривать спроектированную модель в виде комплексной системы, состоящей из взаимосвязанных и взаимозависимых частей, раскрыть их функциональное назначение и установить их взаимосвязи. Разработка аналога модели воплощает в себе конкретизацию общенаучного принципа связи целого и единично-

го, где их совокупность и создаваемая при этом интерактивность порождают совершенно новую сторону устанавливаемой модели. Данный эталон нуждается в существенных теоретико-методологических обоснованиях и интерпретациях, так как без них описание модели бездейственной схоластической схемой. В предлагаемом исследовании осуществлена попытка создать структурно-функциональную модель организации академической мобильности обучающихся в вузе, представляющую собой некий образец, скоординированный с пониманием о предмете и объекте исследования, теоретико-практическую ценность которой необходимо сочетать в соответствии исследуемым сторонам объекта. Исходя из этого, структурно-функциональная модель организации академической мобильности студентов представляет собой подсистему, входящую в сложную социально-образовательную систему вуза. В свою очередь любой вуз является структурным элементом более сложной социально-образовательной системы высшего образования.

1. Конструирование любой модели начинается с теоретико-методологического обоснования принципов и подходов, присущих данному процессу. Структурно-функциональная модель организации академической мобильности студентов, как сложное социально-профессиональное образование, с точки зрения генетики системы и ее жизнеспособности может быть сконструирована на следующих базовых принципах: целостности структурных частей, поэтапного прогресса и ускорения предлагаемой системы. Выделение базовых и вспомогательных принципов как системообразующих компонентов конструируемой структурно-функциональной модели организации академической мобильности студентов позволяет комплексно исследовать объект с позиций целевого, содержательного, технологического и результативного подходов.

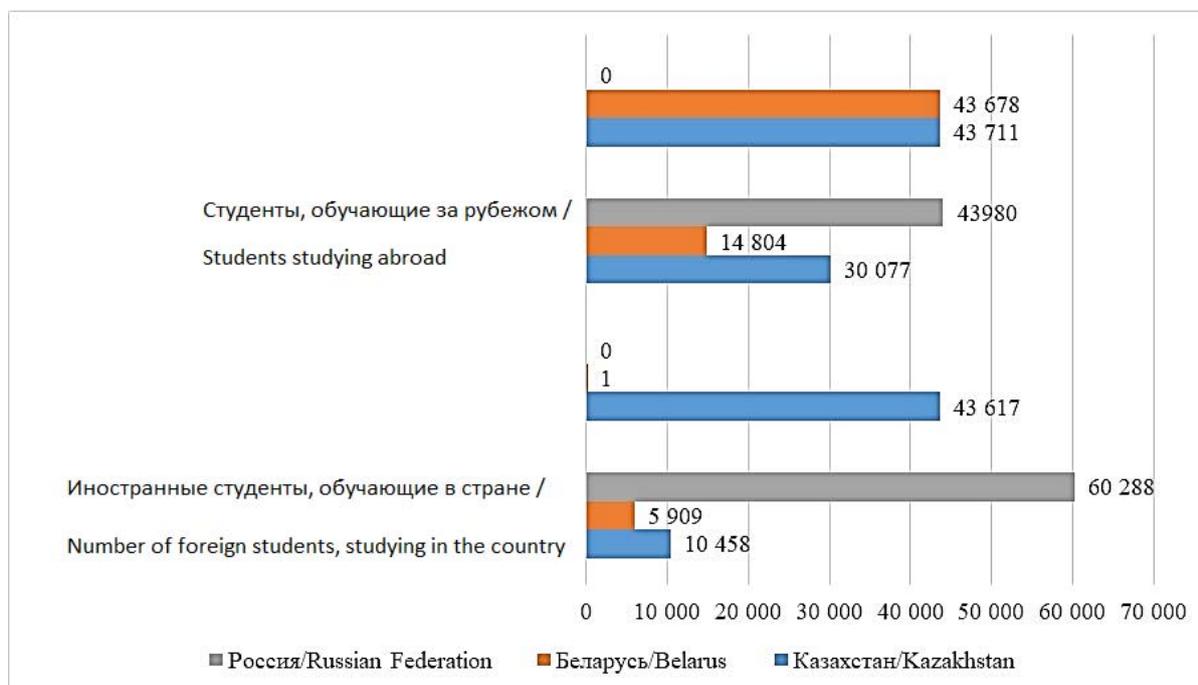


Рисунок 5. Международный обмен студентами в странах Таможенного союза
Figure 5. International student exchange in states of the Customs Union

Принцип целостности структурных частей определяется анализом структуры и функциональности предлагаемой системы, в соответствии с которым при разработке модели выделяются компоненты, обладающие целостностью и работоспособностью, иными словами модель должна складываться из модулей, отражающих важные стороны сущности исследуемого социально-образовательного процесса. Согласно данному принципу любая структурно-функциональная модель состоит из диагностического, целевого, содержательного, технологического и результативного компонентов. Выделенные компоненты иерархически взаимосвязаны, поскольку достижение исполнения одного из них употребляется в качестве исходных данных для последующего, а также может выступать средством продуктивной реализации модели. Принцип целостности напрямую взаимосвязан с принципами системности и комплексности, направленными на логическое осмысление взаимосвязи составных частей исследуемого процесса, выявление системообразующих факторов и ведущих условий, раскрытие и упорядочение множества взаимосвязанных элементов жизнедеятельности структуры или системы. Принципы поэтапного прогресса и ускорения предлагаемой системы при конструировании модели определяют и диагностируют состояние ее жизнеспособности и устойчивости в социуме, которые обеспечиваются рецепцией компонентов модели к изменениям внешней и внутренней среды, способами и стилем ее взаимодействия с внешним континуумом, методами и приемами целеполагания, целедостижения и проективности в социокультурной среде.

Вместе с группой традиционных общенаучных принципов немаловажно выделить группу специализированных принципов, присущих различным кате-

гориям мобильности (социальной, трудовой, академической и т.д.). Среди них мы выделяем, прежде всего, принципы последовательности и преемственности, диалогизации, положительной мотивации и толерантности. Для данного исследования наибольший интерес представляют принципы, которые имманентно обеспечивают процесс организации академической мобильности студентов. Кратко охарактеризуем каждый из них.

Принцип *антропоцентризма* предполагает реализацию индивидуального подхода к личности студента на основе его психофизиологических и социокультурных характеристик и ценностного потенциала, личностного самоопределения и самоорганизации, признания ценности и уникальности каждого индивида как основы взаимоотношений между участниками процесса организации академической мобильности.

Принцип *коммуникативности* предполагает удовлетворение потребностей, обучающихся в коммуникации и уважении как со стороны преподавателей и сотрудников университета, так и со стороны сокурсников; культивирование способностей обучающихся в совершенствовании солидарной деятельности и ценности устойчивого развития, как умение саморегуляции при языковых контактах с другими индивидами. По мнению А.В. Петровского, потребность в коммуникации является причиной освобождения от препятствий в развитии личности [12].

Безусловно, мотивация общения в рамках академической мобильности может быть разной, например, когнитивные интересы к иной культуре, инациональной личности; восприятие большого объема новой информации, как образовательной, так и культурологической; совершенствование в коммуникации на неродном языке и др. Для того, чтобы начать коммуникацию на иностранном языке необходимо перешагнуть

через психологические препятствия, сопряженные с иноязычной речью. В данном случае мотивация может стать одним из основных стимулов в преодолении таких психологических барьеров. Развитая коммуникативность способствует проявлению мобильных и адаптивных качеств студентов в различных ситуациях. Адаптивность понимается как оптимизация микроклимата между индивидом и группой, конвергенция целеполагания, ценностных установок, приобретение личностью инокультурных норм и традиций, освоение социальных ролей.

Принцип *интегативности* как процесс и как результат взаимодействия и взаимопроникновения разнообразных элементов в ходе академической мобильности студентов: во-первых, это обстоятельства, характеризующиеся единством, регламентированностью и устойчивостью связей между различными элементами разработанной модели, во-вторых, это процесс, приводящий к такому положению. Конечной целью интегативности является саморазвитие студента, которое достигается за счет плюрализма образовательных программ, позволяющих гибко реагировать на запросы рынка в части специализации выпускников, предоставления личности возможности выбора образовательной траектории в зависимости от ее желаний и способностей, обеспечения мобильности студентов и преподавателей, в том числе за счет академических обменов, дистанционного, виртуального и сетевого образования [13].

Принцип *полифункциональности* подразумевает, что в основе академической мобильности лежит деятельность, ориентированная на достижение студентами определенных образовательных и научных успехов. Разнообразная деятельность как динамичное и изменчивое состояние мобильной личности подразумевает тесную интеграцию с другими субъектами академической мобильности, в силу чего она благоприятствует инкорпорированию студента в образовательное пространство другой страны, развитию его самопознания. Такие свойства личности, как активность и самостоятельность, выделяются учеными в качестве средств положительного протекания деятельности [14]. В то же время интегативность понятия и процесса академической мобильности (тесная связь с инновационностью, креативностью, эвристичностью, конвергентностью, прогностичностью, толерантностью и т.д.) способствует самоактуализации, самореализации и самосовершенствованию личности студента, формированию у него качеств полифункциональности мобильной личности, готовой функционировать в глобальном конкурентном пространстве.

Особенности организации процесса академической мобильности студентов в сочетании двух подходов – глобального (международного) и локального (национально-регионального), соответствующим двум плоскостям протекания данного процесса. Это порождает необходимость сочетания в этом контексте двух принципов в деятельности по организации академической мобильности студентов: поликультурного и этнонационального. Особенно это актуально для таких стран как Казахстан.

Принцип *поликультурности* подразумевает адекватное познание студентами новых элементов человеческой культуры в период академической мо-

бильности, активизацию их самостоятельного развития и формирования жизненной позиции через эволюцию взглядов и идей на основе глубокого и интенсивного погружения в инокультурную и иноязычную среду.

Этно-национальный принцип применительно к академической мобильности студентов можно убедительно проиллюстрировать на примере Республики Казахстан, где развивается целостный двуединный процесс совершенствования содержания казахстанского образования и организации условий для академической мобильности обучающихся Республики Казахстан с учетом особенностей ментальности этноса, всемерно задействования его потенциала и внутренних ресурсов, максимального использования возможностей национальных традиций и обычаев. Сочетание поликультурных и этно-национальных принципов в организации академической мобильности студентов, с одной стороны, существенно расширяет рамки восприятия мира, как целостного, взаимозависимого мира на планете Земля, с другой – на основе международных сравнений глубже осознать свою роль и свою миссию как носителя национально-культурных ценностей своего этноса.

В условиях сочетания поликультурных и этнонациональных принципов в организации академической мобильности студентов происходит смена парадигмальных подходов как к выстраиванию индивидуальных профессионально-личностных траекторий студентов, так и к определению вектора региональной интерпретации социально-образовательного пространства. Традиционное понимание образовательного пространства как определенной траектории или линии, по которой должно осуществляться нормативное движение обучающегося сменяется в рамках новой образовательной парадигмы рассмотрением образовательного пространства как места в социуме, где субъектно задаются множество отношений и связей, осуществляется специальная деятельность определенных систем по развитию личности и ее социализации. В этом ракурсе понимается и внутреннее формируемое образовательное пространство субъектов академической мобильности.

Наряду с традиционными общенаучными принципами считаем важным вычленение группы специализированных принципов, присущих различным категориям мобильности (последовательности и преемственности, диалогизации, положительной мотивации и толерантности). Для нашего исследования наибольший интерес представляют те принципы, которые имманентно обеспечивают процесс организации академической мобильности студентов (*антропоцентризма, коммуникативности, интегативности, полифункциональности, поликультурности, этнонациональный принцип*).

2. Переходя к критериально-оценочным параметрам академической мобильности студентов следует учитывать, что поскольку конструирование модели организации академической мобильности основывается на построении структурно-функциональных особенностей предлагаемой модели мы взяли за основу ее структурно-функциональные характеристики. Анализ теории, предоставленной во множестве источников о проблеме академической мобильности студентов, показывает недостаточную разработанность критериев

оценивания организации академической мобильности студентов вузов. Обзор литературы и практического опыта по исследуемой проблеме стали основными методами, задействованными для вычленения таких признаков. В данном аспекте рассматриваемой проблемы наиболее перспективными для нашего исследования стали работы, в которых акцентируется внимание на критериях организации мобильности.

Компонентный анализ позволил выделить в структурно-динамической модели основные блоки: цель, принципы, факторы, влияющие на формирование профессиональной мобильности студента, условия, необходимые для ее формирования, содержание, технологии. Так, например, С.Л. Яковлева [14] выделяет следующие: деятельностный – самостоятельность в принятии решения; социокультурный – гностицизм; мотивирующий – стимулирование достижений успеха; коммуникативный – навыки общения.

Рассмотрим основные компоненты академической мобильности студентов: рефлексивный, результативный и диагностический.

Рефлексивный компонент. Рефлексию в качестве компонента академической мобильности предлагаем рассматривать как навыки и умения студента в анализе и осмыслении фактического оценивания действий и поступков, способность рефлексии воплощению в жизнь поставленных индивидом задач, развитие навыков осуществления рефлексии в своей деятельности и мобильности. Динамичность и активность рефлексивности обучающегося в предлагаемой модели выражается в том, что мотивируемый студент составляет свои собственные критерии выполнения деятельности, вследствие чего его решения направлены или на преобразование каких-то процедур собственной деятельности в ходе реализации мобильности, или на изменение критериев выполнения. Содержащийся в нем принцип осознанных видов на будущее базируется на формировании у студентов осознанного понимания возможности перспектив самореализации вследствие осуществления академической мобильности, при которой именно виды на будущее выступают движущей силой, дающей импульс мотивации достижения определенных целей

Результативный компонент разработанной модели организации академической мобильности включает в себя: 1) объективную возможность проектирования ориентированности деятельности индивида на развитие собственной траектории образования; 2) высокую степень активности и гибкости личности в целеполагании и разрешении образовательных проблем; 3) креативные навыки в изменении манеры общения, исходя из сложившейся ситуации; 4) твердость и настойчивость в целедостижении; 5) взятие на себя ответственности; 6) осознание значения академической мобильности и сопряжение ее с достижением собственных целей; 7) готовность к осуществлению интернациональных и культурных связей; 8) стремление студентов к приобретению новых знаний во взаимодействии в учебной деятельности с индивидуумами иных стран; 9) расширение собственного образовательного поля; 10) готовность к повышению качества результатов своей образовательной деятельности; 11) выполнение рефлексии своей образовательной деятельности [15].

Диагностический компонент содержит три

уровня академической мобильности обучающихся (высокий, средний, низкий). Высокий уровень определяется: 1) наибольшей степенью развития персональной академической мобильности, 2) возможностью непосредственного конструирования вектора действий направленного на прогресс в образованности индивида, 3) высокой степенью адаптивности в разрешении образовательных целей и задач, 4) возможностью варьирования манеры речи, исходя из ситуации, 5) упорным желанием в достижении целей, 6) умением осознавать последствия своих действий, 7) стремлением познать себя и окружающий мир, узнавать новое в знакомстве с другими культурами, 8) установлением новых связей с различными этническими и цивилизационными группами [16]. Студенты, представляющие эту степень развития, характеризуются креативностью в преодолении трудностей, стоящих на их пути, желанием изучать и воспринимать свежую информационную канву с расширением интерактивности своих действий, связанных с другими субъектами, наращиванием своего образовательного потенциала, рвением, ведущим к повышению результативности действий. Также данному уровню характерна высокая степень рефлексии своих свершений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование организации академической мобильности студентов вуза является специфическим способом познания, при котором объект исследования имитируется в модели. Модель в данном исследовании представляется образцом-аналогом деятельности профессорско-преподавательского состава и обучающихся в Казахстане, ориентированной на решение общих задач становления академической мобильности студентов. Разработка модели может способствовать устойчивому развитию системы высшего образования Казахстана в долгосрочной перспективе, что определено уровнем устойчивого развития страны, стратегией и тактикой управления процессами взаимодействия вузов с внешними партнерами. Для обеспечения устойчивости вуза в постоянно изменяющихся экономических условиях образовательные учреждения должны непрерывно отслеживать состояние рынка образовательных услуг, оценивать свое положение на этом рынке. И именно академическая мобильность может способствовать тому, что система высшего образования сможет сохранить свое качество в условиях изменяющейся среды и внутренних трансформаций (случайных или преднамеренных).

Исследование проблем академической мобильности позволяет сделать вывод о главных преимуществах такой системы, которое заключается в том, что участники программы академической мобильности получают доступ к знаниям и продвинутым технологиям (в частности экологически безопасных, ресурсосберегающих, природосовместимых и т.п.), недоступным в их собственном университете в связи с его недостаточной престижностью и ограниченными материально-техническими возможностями. Эта программа позволяет также открывать новые горизонты для студентов, поскольку они овладевают инновационными технологиями. Содействие расширению организации академической мобильности в Казахстане будет способствовать созданию новых квалифицированных трудовых ресур-

сов, которые займут видное место на рынке труда. Высокое качество образовательных программ казахстанских вузов создает основу для развития не только внешней, но и внутренней академической мобильности. Договоры о взаимном сотрудничестве подписали более 30-ти вузов Казахстана. Условие их выполнения - признание академических результатов, достигнутых в вузе-партнере.

Таким образом, дальнейшие усилия по развитию академической мобильности студентов в Казахстане, как входящей, так и исходящей, имеет благоприятные перспективы как в личностном развитии обучающихся, стимулировании лингвистического плюрализма и расширении профессиональных и культурных компетенций студентов и выпускников, возможностей их последующего трудоустройства и успешной карьеры, так и для повышения конкурентоспособности высших учебных заведений Республики Казахстан. Обобщение вышесказанного позволяет нам прийти к выводу, что моделирование организации академической мобильности студентов вуза является специфическим способом познания (в том числе комплексного эколого-географического), при котором объект исследования имитируется в модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия академической мобильности в Республике Казахстан на 2012-2020 годы. Астана, 2012. URL: http://enic-kazakhstan.kz/images/doc/akadem_mobility/strategia-acad-mob-2020.pdf. (дата обращения: 02.01.2019)
2. Borchgrevink H.M., Scholz B. New Concepts of Researcher Mobility – a Comprehensive Approach Including Combined/part-Time Positions // Science Policy Briefing. V. 49. Strasbourg: European Science Foundation. 2013. As of 17 March 2017. Available at: http://archives.esf.org/uploads/media/spb49_Researcher_Mobility.pdf (дата обращения: 05.01.2019)
3. Pål B., Flanagan K., Gagliardi D., Kaloudis A., Karakasidou A. International Mobility: Findings from a Survey of Researchers in the EU // Science and Public Policy. 2015. V. 42. Iss. 6. P. 811-826. Doi: 10.1093/scipol/scv006
4. Volker G., Stadelmann D. Wage Effects of High-Skilled Migration: International Evidence // World Bank Economic Review. 2013. V. 27. Iss. 2. P. 297-319. Doi: 10.1093/wber/lht002
5. Perna L.W., Orosz K., Jumakulov Z. Understanding the human capital benefits of a government-funded international scholarship program: An exploration of Kazakhstan's Bolashak program // International Journal of Educational Development. 2014. V. 40. P. 85-97. Doi: 10.1016/j.ijedudev.2014.12.003
6. Kantola M., Kettunen J. Integration of education with research and development and the export of higher education // On the Horizon. 2012. V. 20. N 1. P. 7-16. Doi: 10.1108/10748121211202026
7. Sharabi M. Managing and improving service quality in higher education // International Journal of Quality and Service Sciences. 2013. V. 5. N 3. P. 309-320. Doi: 10.1108/IJQSS-03-2013-0016
8. Kelo M., Teichler U., Wächter B. Toward Improved Data on Student Mobility in Europe: Findings and Concepts of the Eurodata Study // Journal of Studies in International Education. 2006. V. 10. Iss. 3. P. 194-223. Doi:

- 10.1177/1028315306288755
9. Байденко В. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. 2004. N 11. С. 3-13.
10. Винева А.В., Лопаткин Е.В., Приходько В.Е. Новые подходы к формированию мобильности студентов педагогического профиля // European Social Science Journal. 2014. N10-1 (49). С. 274-278.
11. Маратова А.М., Носков И.А. Модель организации академической мобильности обучающихся в республике Казахстан: теоретико-методологический подход // Социально-экономические явления и процессы. 2018. Т. 13. N 103. С. 94-100.
12. Петровский А.В. Личность. Деятельность. Коллектив. М., 1982. С. 235-252.
13. Orlova L.V., Afonin Y.A., Voronin V.V. Talent management and knowledge: theory, methodology, models // Review of European Studies. 2015. V. 7. N 9. P. 5-82. Doi: 10.5539/res.v7n9p75
14. Яковлева С.Л. Актуальные проблемы формирования социальной мобильности личности в образовательной системе Великобритании // Мир образования - образование в мире. 2008. N 4. С. 116-124.
15. Starichenko B.E. Conceptual basics of computer didactics: Monograph. Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013, 184 p.
16. Сороко Э.М., Буданов В.Г., Асеева И.А., Каменский Е.Г., Боев Е.И., Кравчук П.Ф. Гуманитарная экспертиза современного состояния системы высшего образования в России. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. 144 с.

REFERENCES

1. *Strategiya akademicheskoi mobil'nosti v Respublike Kazakhstan na 2012-2020 gody. Astana* [Strategy of academic mobility in the Republic of Kazakhstan for 2012-2020. Astana, 2012]. (In Russian) Available at: http://enic-kazakhstan.kz/images/doc/akadem_mobility/strategia-acad-mob-2020.pdf (accessed 02.01.2019)
2. Borchgrevink H.M., Scholz B. New Concepts of Researcher Mobility – a Comprehensive Approach Including Combined/part-Time Positions. Science Policy Briefing, vol. 49. Strasbourg, European Science Foundation. 2013. As of 17 March 2017. Available at: http://archives.esf.org/uploads/media/spb49_Researcher_Mobility.pdf (accessed 05.01.2019)
3. Pål B., Flanagan K., Gagliardi D., Kaloudis A., Karakasidou A. International Mobility: Findings from a Survey of Researchers in the EU. *Science and Public Policy*, 2015, vol. 42, iss. 6, pp. 811-826. Doi: 10.1093/scipol/scv006
4. Volker G., Stadelmann D. Wage Effects of High-Skilled Migration: International Evidence. *World Bank Economic Review*, 2013, vol. 27, iss. 2, pp. 297-319. Doi: 10.1093/wber/lht002
5. Perna L.W., Orosz K., Jumakulov Z. Understanding the human capital benefits of a government-funded international scholarship program: An exploration of Kazakhstan's Bolashak program. *International Journal of Educational Development*, 2014, vol. 40, pp. 85-97. Doi: 10.1016/j.ijedudev.2014.12.003
6. Kantola M., Kettunen J. Integration of education with research and development and the export of higher education. *On the Horizon*, 2012, vol. 20, no. 1, pp. 7-16. Doi:

- 10.1108/10748121211202026
7. Sharabi M. Managing and improving service quality in higher education. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 309-320. Doi: 10.1108/IJQSS-03-2013-0016
8. Kelo M., Teichler U., Wächter B. Toward Improved Data on Student Mobility in Europe: Findings and Concepts of the Eurodata Study. *Journal of Studies in International Education*, 2006, vol. 10, iss. 3, pp. 194-223. Doi: 10.1177/1028315306288755
9. Baidenko V.I. Competence In professional education (to development of competence approach). *Vysshee Obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. 2004, no. 11, pp. 3-13. (In Russian)
10. Vinevskaya A.V., Lopatkin E.V., Prikhodko V.E. New approaches to the formation of mobility of students of pedagogical profile. *European Social Science Journal*, 2014, no. 10-1 (49), pp. 274-278. (In Russian)
11. Maratova A.M., Noskov, I.A. Model of the organization of the academic mobility of students in the Republic of Kazakhstan: theoretic-methodological approach. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Social and Economic Phenomena and Processes]. 2018, vol. 13, no. 103, pp. 94-100. (In Russian)
12. Petrovskii A.V. Lichnost'. Deyatel'nost'. Kollektiv [The Person. Activity. Collective]. Moscow, 1982, pp. 235-252. (In Russian)
13. Orlova L.V., Afonin Yu.A., Voronin V.V. Talent management and knowledge: theory, methodology, models. *Review of European Studies*, 2015, vol. 7, no. 9, pp. 5-82. Doi: 10.5539/res.v7n9p75
14. Yakovleva S.L. Actual problems of a person's formation of social mobility in the educational system of the Great Britain. *Mir obrazovaniya - obrazovanie v mire* [World of education - education in the world]. 2008, no. 4, pp. 116-124. (In Russian)
15. Starichenko B.E. Conceptual basics of computer didactics. Yelm, WA, USA, Science Book Publishing House, 2013, 184 p.
16. Soroko E.M., Budanov V.G., Aseeva I.A., Kamenskii E.G., Boev E.I., Kravchuk P.F. *Gumanitarnaya ekspertiza sovremennogo sostoyaniya sistemy vysshego obrazovaniya v Rossii* [Humanitarian examination of the current state of the higher education system in Russia]. Kursk, Southwestern State University Publ., 2014, 144 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Аида М. Маратова: разработка концепции и дизайна исследования, написание первой версии статьи.
 Наталия В. Яковенко: критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания, обработка и анализ статистических данных, их графическое представление.
 Гаухар Е. Кайрлиева: конструирование модели организации академической мобильности обучающихся. Описание основных компонентов модели, принципов ее функционирования.
 Юрий А. Афонин: проанализировал данные и написал текст рукописи.
 Карлыга Т. Утегенова: одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации, формулировка результатов исследования и заключительных выводов.
 Виктор В. Воронин: разработал концепцию исследования академической мобильности студентов как фактора устойчивости системы высшего образования и провел анализ полученных материалов.
 Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aida M. Maratova: developed concept and design of the study and wrote the first version of the article.
 Nataliya V. Yakovenko: undertook critical review of the article for significant intellectual content and processed and analysed statistical data and their graphical representation.
 Gaukhar E. Kairlieva: constructed the model of organization of the academic mobility of students. Described the main components of the model and the principles of its functionality.
 Yuriy A. Afonin: analysed data and wrote the main text.
 Karlyga T. Utegenova: approved the final version of the text before its submission for publication, and formulated research results and final conclusions.
 Victor V. Voronin: developed concept of the study of the academic mobility of students as a factor in the sustainability of a higher education system and undertook an analysis of the submissions received. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК [314.15::616.9](470.6)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-131-137

Трансформация социально-экологической ситуации по ВИЧ-инфекции в Северо-Кавказском федеральном округе под влиянием внешней миграции

Руслан В. Дмитриев 

Институт Африки Российской академии наук, Москва, Россия

Контактное лицо

Руслан В. Дмитриев, Центр глобальных и стратегических исследований, Институт Африки Российской академии наук; 123001 Россия, г. Москва, ул. Спиридоновка, 30/1.

Тел. +79032861500

Email dmitrievrv@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4018-9832>

Формат цитирования

Дмитриев Р. В. Трансформация социально-экологической ситуации по ВИЧ-инфекции в Северо-Кавказском федеральном округе под влиянием внешней миграции // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14, N3. С. 131-137. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-131-137

Получена 28 февраля 2019 г.

Прошла рецензирование 14 мая 2019 г.

Принята 25 мая 2019 г.

Резюме

Цель исследования заключается в выявлении степени внешней угрозы в отношении распространения ВИЧ-инфекции мигрантами в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) России.

Материал и методы. Применяются системный, сравнительно-географический, геоинформационный, статистический методы исследования; программные пакеты MS Excel и SPSS Statistics. Формирование базы данных выполнено за периоды 1997-2000, 2003-2006, 2007-2010 и 2011-2015 гг. Отобрано 4 основные (агрегированные) группы показателей.

Результаты. Иерархический кластерный анализ, выполненный по указанным группам показателей (текущая ситуация в этих странах в отношении распространения ВИЧ, поток мигрантов из них в СКФО в целом, его дифференциации по хронологическому и хорологическому признакам) позволил объединить страны Азии и Африки в четыре группы по уровню угрозы для СКФО в отношении распространения ВИЧ-инфекции: 1) крайне высокий (постсоветские государства Закавказья и Центральной Азии, кроме Туркменистана); 2) высокий (страны восточного Средиземноморья (кроме Ливана), а также Афганистан и Туркменистан); 3) страны со средней степенью угрозы: большая часть стран Африки к югу от Сахары, Юго-Восточной Азии (кроме Вьетнама, Лаоса, Камбоджи, Филиппин и Брунея), а также Пакистан; 4) низкий (все остальные).

Заключение. Несмотря на большее распространение ВИЧ в странах Африки по сравнению со странами Азии, именно последние – особенно входившие в состав СССР – формируют наибольшую угрозу для СКФО в отношении распространения ВИЧ мигрантами. Почти у каждой страны происхождения основной части мигрантов, инфицированных ВИЧ, есть «свой» субъект СКФО, на который ориентированы их потоки.

Ключевые слова

ВИЧ-инфекция, распространение, Северо-Кавказский федеральный округ, внешняя миграция, страны Азии и Африки.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Transformation of the socio-ecological situation relating to HIV in the North Caucasus Federal District under the influence of external migration

Ruslan V. Dmitriev 

Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Ruslan V. Dmitriev, Centre for Global and Strategic Studies, Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences; 30/1 Spiridonovka St, Moscow, Russia 123001.

Tel. +79032861500

Email dmitrievrv@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4018-9832>

How to cite this article

Dmitriev R.V. Transformation of the socio-ecological situation relating to HIV in the North Caucasus Federal District under the influence of external migration. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 131-137. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-131-137

Received 28 February 2019

Revised 14 May 2019

Accepted 25 May 2019

Abstract

Aim. The aim of the study is to identify the degree of external threat relating to the spread of HIV infection by migrants in the North Caucasus Federal District of Russia.

Material and Methods. Systemic, comparative geographical, geographic and statistical research methods were applied, as well as MS Excel and SPSS Statistics software packages. The database was created for the periods 1997-2000, 2003-2006, 2007-2010 and 2011-2015. Four main (aggregated) groups of indicators were selected.

Results. A hierarchical cluster analysis was undertaken on groups of indicators (the current situation in states studied regarding the spread of HIV, the flow of migrants from these states to the North Caucasus Federal District as a whole and its differentiation according to chronological and chorological characteristics) which made it possible to aggregate the countries of Asia and Africa into four groups according to threat level of the spread of HIV infection for the North Caucasus Federal District: (1) extremely high (post-Soviet states of the Caucasus and Central Asia [excepting Turkmenistan]); (2) high (states of the eastern Mediterranean [excepting Lebanon], as well as Afghanistan and Turkmenistan); (3) countries of a medium degree of threat (most of the countries of sub-Saharan Africa, Southeast Asia [except Vietnam, Laos, Cambodia, the Philippines and Brunei], as well as Pakistan); (4) low (all states).

Conclusion. Despite the greater spread of HIV in African states compared with Asian states, it is the latter - especially those formerly part of the USSR - that pose the greatest threat to the North Caucasus Federal District with regard to the spread of HIV by migrants. Almost every state of origin of the majority of migrants infected with HIV has "its own" preferred destination in the North Caucasus Federal District, to which their inflows are oriented.

Key Words

HIV infection, spread, North Caucasian Federal District, external migration, states of Asia and Africa.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с момента выявления первого случая инфицирования вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ) в 1987 г. в нашей стране, наблюдается неуклонное увеличение числа заболевших. В структуре 32-летнего периода – с 1987 г. до настоящего времени – можно выделить 3 временных отрезка в зависимости от характера роста числа инфицированных и скорости этого процесса в РФ: 1) до 2001 г. – период гиперболического роста, 2) с 2002 по 2007 гг. – период линейного роста при замедлении его темпов, 3) с 2008 г. до настоящего момента – период линейного роста с повторным увеличением его темпов. Исключение составляет период с 2016 г., когда значение соответствующего показателя упало, как представляется, почти исключительно вследствие введения новой формы статистической отчетности, отличной от принятой ранее. Из-за этого, например, в Москве показатель «заболеваемости ВИЧ-инфекцией» с 2015 г. по 2016 г. снизился с 60,5 до 19,5 на 100 тыс. жителей; при этом имеющий место повышательный тренд все равно проявился в 2017 г. – значение указанного показателя выросло до 23,3%.

В региональном разрезе относительно благополучной выглядит ситуация с распространением ВИЧ в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО). Так, именно здесь наблюдается наименьший в РФ уровень заболеваемости: по данным за 2017 г., впервые выявлены антитела к ВИЧ лишь у 16 человек в расчете на 100 тыс. населения [1]. Именно для СКФО характерен и наименьший среди всех федеральных округов РФ уровень распространенности инфекции – 76,3 человека на 100 тыс. состоявших на учете с ВИЧ по состоянию на 31 декабря 2017 г. Столь низкие значения указанных показателей объясняются, прежде всего, более широким по сравнению с остальными частями РФ распространением традиционных ценностей (в интересующем нас контексте – порицание сексуальных отношений до брака и вне брака и пр.). Последние, тем не менее, имеют в этом отношении и отрицательную «составляющую»: при прочих равных условиях житель СКФО при обнаружении у него ВИЧ будет стараться на как можно более длительный срок отодвинуть момент раскрытия своего ВИЧ-статуса и постановки на медицинский учет. Так, именно для СКФО характерны самые низкие значения уровня обследования населения на ВИЧ (19,4% жителей округа в 2017 г.); при этом в пятерку регионов РФ по этому показателю входят сразу два субъекта СКФО – Дагестан (третье место с конца в РФ – 12,8% населения) и Карачаево-Черкессия (четвертое место – 15,6%). Более того, среди всех впервые зарегистрированных случаев на учет в 2017 г. встали меньше всего именно в СКФО – 83,4%. То есть из 1566 жителей СКФО, у которых в 2017 г. впервые выявлены антитела к ВИЧ, 260 точно не смогут получать антиретровирусную терапию и будут представлять огромную опасность как для своих супругов, так и для потенциальных внебрачных сексуальных партнеров (если таковые имеются).

Как в целом в мире, так и, вероятно, в России, ВИЧ был выявлен в среде мужчин, практикующих сексуальные отношения с мужчинами [2]. Однако к настоящему моменту в значительном числе стран ми-

ра – в том числе и в нашей – вирус вышел за пределы групп риска по ВИЧ, выделяемых эпидемиологами. Несмотря на то, что мигранты традиционно не относятся к их числу в строгом понимании [3], тем не менее, именно миграция была (а в пределах многих территорий остается и в настоящее время) одним из основных путей пространственной диффузии ВИЧ-инфекции на межрегиональном и межстрановом уровнях [4]. Не является исключением в этом отношении и СКФО.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы системный, сравнительно-географический, геоинформационный, статистический методы исследования, а также программные пакеты MS Excel и SPSS Statistics. В содержательном отношении этап сбора и обобщения данных состоял из трех стадий.

Первая стадия была посвящена миграции населения из стран Азии и Африки в СКФО. В качестве основного источника рассматривались материалы Федеральной службы государственной статистики России (Росстата) [5], содержащие сведения о потоках мигрантов из всех стран мира в каждый субъект РФ за период с 1993 по 2015 гг. включительно.

В то же время на протяжении всего анализируемого интервала не сохранялось постоянства в определении статистическими (и не только) службами РФ категории «мигрант». Нами установлено 6 временных отрезков, на протяжении которых подходы к ее дефиниции в нашей стране оставались относительно стабильными – по крайней мере по отношению к категории внешних мигрантов, прибывающих в РФ. Наиболее важными разграничителями данных отрезков мы считаем следующие события: 1) в 1996 г. в РФ была принята новая система учета движения населения по отношению к его регистрации – постоянная «по месту проживания» и временная «по месту пребывания», в той или иной форме действующая до настоящего времени. В этой связи период с 1993 по 1996 гг. кардинально отличается от всех последующих по уровню диверсификации направлений миграционных потоков в РФ (так, если в 1996 г. в Россию прибыли мигранты из 8 стран, то в 1997 – уже из 83); 2) в 2000 г. было установлено, что все прибывающие иностранцы могут пройти регистрацию только после получения вида на жительство. Последнее было возможно, фактически, только для имевших на тот момент в России родственников – граждан нашей страны. Это привело к резкому сокращению как числа зарегистрированных статистикой мигрантов, так и уровня диверсифицированности по географическому принципу их потоков (за 2001 г. – 134 тыс. мигрантов из 9 стран против 255 тыс. из 75 стран за 2000 г.). И хотя данное правило просуществовало лишь в течение двух лет, период 2001-2002 гг. также кардинально отличается от остальных [6].

В этой связи в рамках дальнейшего анализа нами исследовались 4 временных интервала, данные по которым о факте миграции в РФ относительно сравнимы между собой – 1997-2000, 2003-2006, 2007-2010 и 2011-2015 гг. Рубежные периоды 2006-2007 и 2010-2011 гг. хотя и знаменуются некоторыми изме-

нениями в правилах миграционного учета, однако принятие последних существенным образом сказало именно на численности иммигрантов, а не на наборе стран их происхождения. Таким образом были получены итоговые значения интенсивности миграционных потоков из стран Азии и Африки в каждый субъект СКФО, которые и были подвергнуты дальнейшему анализу. Среди зарубежных стран в расчет не брались те (Южная Осетия, Абхазия и др.), данные по которым отсутствуют вследствие недавнего их становления в качестве независимых государственных образований.

Вторая стадия была посвящена работе с источниками, сбору и систематизации данных по распространению ВИЧ в странах Азии и Африки, их анализу за период с 1993 по 2015 гг. Основными источниками данных послужили две базы, интегрирующие национальные показатели по всем странам мира – Объединенной программы ООН по ВИЧ/СПИД – ЮНЭЙДС [7] и Всемирной организации здравоохранения – ВОЗ [8].

Для оценки скорости распространения ВИЧ в качестве основного показателя использовалась динамика ожидаемой численности каждой из групп риска (работники секс-индустрии; мужчины, имеющие секс с мужчинами; люди, употребляющие инъекционные наркотики; трансгендеры; заключенные в местах лишения свободы) и уровня распространенности ВИЧ в каждой из них. На основе рекомендаций ЮНЭЙДС и ВОЗ о стадиях развития эпидемии ВИЧ (*начальная* – ВИЧ присутствует в стране достаточно давно, но распространенность ни в одной из групп устойчиво не превышает 5%; *концентрированная* – ВИЧ распространяется, прежде всего, среди групп риска, и уровень заболеваемости хотя бы одной из них превышает 5%, в то же время уровень заболеваемости по всему населению¹ не превышает 1%; *генерализованная* – распространение ВИЧ выходит за рамки групп риска, при этом уровень заболеваемости всего населения в целом превышает 1%) [9] все страны Азии и Африки были объединены в три группы в соответствии с развитием в их границах той или иной стадии эпидемии ВИЧ. Таким образом, если из какой-либо страны миграция в субъекты СКФО невелика по своим масштабам, но уровень распространенности ВИЧ в ней характеризуется как генерализованная эпидемия, то, очевидно, она может представлять большую опасность по сравнению со страной, «поставляющей» большее количество мигрантов на фоне начальной стадии эпидемии.

Третья стадия была посвящена разработке классификации стран по уровню угрозы для СКФО в отношении распространения ВИЧ мигрантами. При этом анализу подвергались четыре группы показателей:

1) миграционные потоки из стран Азии и Африки в субъекты СКФО, масштабы которых были выявлены в рамках 1-ой стадии. Основное внимание при этом – с учетом необходимости установления текущих

угроз – было уделено потокам за 2015 г. В то же время сами по себе они не могут служить «достаточным» показателем для анализа. В этой связи показатели прибытия мигрантов (человек) в каждый из субъектов СКФО в целом умножались на уровень распространения ВИЧ в странах исхода (%). Полученные значения показывают потенциальный объем зараженных ВИЧ мигрантов, прибывающих в СКФО. Данные по странам суммировались, и рассчитывалась доля каждой страны в общем количестве потенциальных мигрантов с ВИЧ. Этот показатель был представлен в первом столбце совокупности данных, по которой проводился кластерный анализ;

2) крайне важно, что угроза распространения ВИЧ в СКФО носит не только общеокружной, но и субъектный региональный характер. В качестве второго показателя для СКФО в целом использовалось отношение числа субъектов округа, в которое каждая страна Азии и Африки «поставила» мигрантов за 2015 год, к общему числу субъектов в округе. При расчете аналогичного «посубъектного» показателя последний принимал одно из двух возможных значений – 0 (мигрантов не было) или 1 (мигранты из данной страны приезжали в субъект СКФО);

3) в то же время, очевидно, не только последний из анализируемых лет (2015) вносит вклад в формирование угроз в отношении распространения ВИЧ. Возможно, из некоторых стран мигранты приезжали в субъекты СКФО устойчиво и каждый год, а из других – лишь в 2015 г. Для того, чтобы нивелировать влияние последнего года, для каждой страны рассчитывалось отношение ненулевых лет в плане числа «поставленных» в СКФО мигрантов к общему количеству учитываемых лет за периоды, выделенные в рамках 1-ой стадии: 1997-2000, 2003-2006, 2007-2010 и 2011-2016. Данный показатель выступал третьим в группе таковых в рамках кластерного анализа;

4) угрозы со стороны каждой из стран, очевидно, определяются не только долей инфицированных ВИЧ. В соответствии со стадиями развития эпидемии в каждой из стран определялось отношение числа групп риска, в рамках которых уровень инфицирования превышает 5%, к их общему числу. Этот показатель выступал четвертым и заключительным в общей группе.

Иерархический кластерный анализ, выполненный методом Варда по четырем указанным показателям с использованием программы SPSS Statistics, позволил объединить 98 рассматриваемых стран Азии и Африки в группы по уровню угрозы для СКФО в целом и для каждого его субъекта в частности в отношении распространения ВИЧ-инфекции.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ распространения ВИЧ в группах риска по странам Азии и Африки показал, что в 84 из 97 стран есть хотя бы одна подобная группа, уровень инфицирования представителей которой превышает 5%. Это означает, что только лишь в каждой восьмой стране, расположенной в этих макрорегионах, наблюдается начальная стадия эпидемии ВИЧ. Закономерно, учитывая существующую обратную зависимость между долей в стране мусульман и уровнем распространенности ВИЧ среди населения [10], что к их числу относятся, прежде всего, мусульманские государства Среднего Востока и Северной Африки. С другой сторо-

¹ Согласно рекомендациям ЮНЭЙДС и ВОЗ, в рамках концентрированной и генерализованной стадий речь идет о распространении ВИЧ в группе беременных женщин. Вследствие отсутствия такого рода статистических сведений по всем странам Азии и Африки за рассматриваемый период, в нашем исследовании мы посчитали возможным взять за основу все население в целом.

ны, действие одного лишь фактора религиозной принадлежности не может в полной мере объяснить распространённость ВИЧ: так, в Индонезии – мировом лидере по числу мусульман [11] – наблюдается самая высокая отношение числа групп риска с показателем распространённости ВИЧ более 5% в каждой к их общему количеству (4 группы из 5). В то же время генерализованная стадия эпидемии, когда ВИЧ выходит за рамки групп риска, наблюдается исключительно на Сейшельских Островах и в континентальных странах Африки к югу от Сахары, за исключением государств Африканского Рога и некоторых стран Западной Африки. Все остальные (подавляющее их большинство составляют неарабские страны Азии) занимают промежуточное положение в отношении диффузии ВИЧ: здесь наблюдается концентрированная стадия эпидемии, которая распространяется преимущественно в рамках нескольких групп риска, однако в ближайшем будущем имеет все шансы выйти за их пределы [12].

В то же время, если говорить об угрозе для СКФО в целом в отношении распространения ВИЧ мигрантами, далеко не очевидно, что именно страны Африки к югу от Сахары (АЮС) формируют их основные потоки. Действительно, в последние годы несколькими более 60% всех мигрантов, приезжающих в СКФО, составляют мигранты из трех стран Закавказья – Армении, Азербайджана и Грузии². В то же время из стран АЮС приезжают единичные мигранты (в 2015 г. – по одному из Гвинеи, Камеруна, Республики Конго и Сейшельских островов).

Рассмотрение комплексного показателя потенциальной угрозы для СКФО со стороны стран Азии и Африки в отношении распространения ВИЧ прибывающими из них мигрантами, полученного путем перемножения числа мигрантов в Россию на долю инфицированных ВИЧ в этих странах³, показало, что именно первый из двух множителей вносит основной вклад: так, 53% потенциально инфицированных ВИЧ мигрантов могут дать Грузия и Армения. В то же время одни страны направляют мигрантов почти во все субъекты СКФО, другие же – лишь в строго определенные, то есть достаточно устойчивы не только сами миграционные потоки (в том числе «содержащие» ВИЧ), но и места их направления. Анализ распределения мигрантов в зависимости от страны «исхода» и субъекта СКФО как территории прибытия позволил распределить все потоки на три группы (общее окружного масштаба – в 5-7 субъектов СКФО, полисубъектного – в 2-4 субъекта – и локального – в 1 субъект). Главную роль играют потоки первой группы, которые формируют все постсоветские страны Закавказья и Средней Азии, а также Сирия, Турция, Афганистан и Китай. При этом потоки потенциальных ВИЧ-мигрантов крайне дифференцированы по странам

исхода – объединение субъектов СКФО позволяет выделить следующие их группы: 1) *монофокальные* (среди стран, которые «поставляют» мигрантов, потенциально инфицированных ВИЧ, явно выделяется одна; вклад всех остальных гораздо менее значителен) – *Северная Осетия – Алания* (74% таких мигрантов потенциально дает Грузия) и *Дагестан* (50% – Азербайджан); 2) *бифокальные* (наиболее выражен вклад двух стран, каждая из которых «поставляет» не менее 25% мигрантов) – *Чеченская Республика* (45% – Казахстан, 27% – Грузия), *Ингушетия* (39% – Грузия, 33% – Казахстан) и *Карачаево-Черкессия* (35% – Грузия, 25% – Узбекистан); 3) *олигофокальные* (число «поставляющих» мигрантов стран существенно больше, чем в двух предыдущих группах, а их распределение по этому показателю – гораздо более равномерно; тем не менее, лидер может быть выделен) – *Ставропольский край* (41% – Армения, 15% – Грузия) и *Кабардино-Балкария* (32% – Узбекистан, 15% – Грузия). Использование метода иерархического кластерного анализа с опорой на имеющиеся и рассчитанные статистические данные [5; 7; 8] позволило объединить все страны Азии и Африки в четыре группы по уровню угрозы для СКФО в отношении распространения ВИЧ-инфекции (рис. 1).

Внешняя угроза для СКФО в отношении распространения ВИЧ-инфекции мигрантами из стран Азии и Африки делится между последними в следующих «пропорциях»:

1) *страны, со стороны которых угроза максимальна*. К ним относятся постсоветские государства Закавказья и Центральной Азии (кроме Туркменистана);

2) *страны с высокой степенью угрозы*: страны восточного Средиземноморья (кроме Ливана), а также Афганистан и Туркменистан;

3) *страны со средней степенью угрозы*: большая часть стран Африки к югу от Сахары, Юго-Восточной Азии (кроме Вьетнама, Лаоса, Камбоджи, Филиппин и Брунея), а также Пакистан;

4) *страны низкой угрозы* – все остальные.

При этом под «угрозой» понимается комплексная (то есть учитывающая все четыре приведенных выше группы показателей) вероятность пересечения российской границы инфицированными ВИЧ мигрантами из указанных стран. Разумеется, далеко не все они в итоге смогут остаться в нашей стране и официально осуществлять трудовую деятельность: для получения разрешения (или патента) на работу значительной части мигрантов требуется сдать анализ на ВИЧ, при положительном результате которого – в соответствии с действующими правилами – Роспотребнадзором должно выноситься решение о нежелательности пребывания мигранта на территории РФ. В то же время, за период 2007-2017 гг. по разным причинам лишь в отношении каждого третьего ВИЧ-инфицированного гражданина другого государства или лица без гражданства, прибывшего в Россию, было вынесено такое решение (рассчитано по [13]).

² Здесь и далее – также Южная Осетия и Абхазия.

³ Использование здесь произведения опирается на теорему об умножении из теории вероятностей: иными словами, вероятность приезда в Россию инфицированного ВИЧ мигранта из той или иной страны реализуется при одновременной реализации вероятности приезда (число мигрантов) и вероятности инфицирования до приезда (доля инфицированных в направляющей мигранта стране). В этой связи корректно, на наш взгляд, говорить не столько о реальной, сколько именно о потенциальной угрозе в отношении распространения ВИЧ, поскольку каждый из двух множителей в отдельности не «говорит» о том, что приезжает в СКФО именно мигрант с ВИЧ (то есть мигрант может быть без ВИЧ или инфицированный может никуда из своей страны не уезжать).

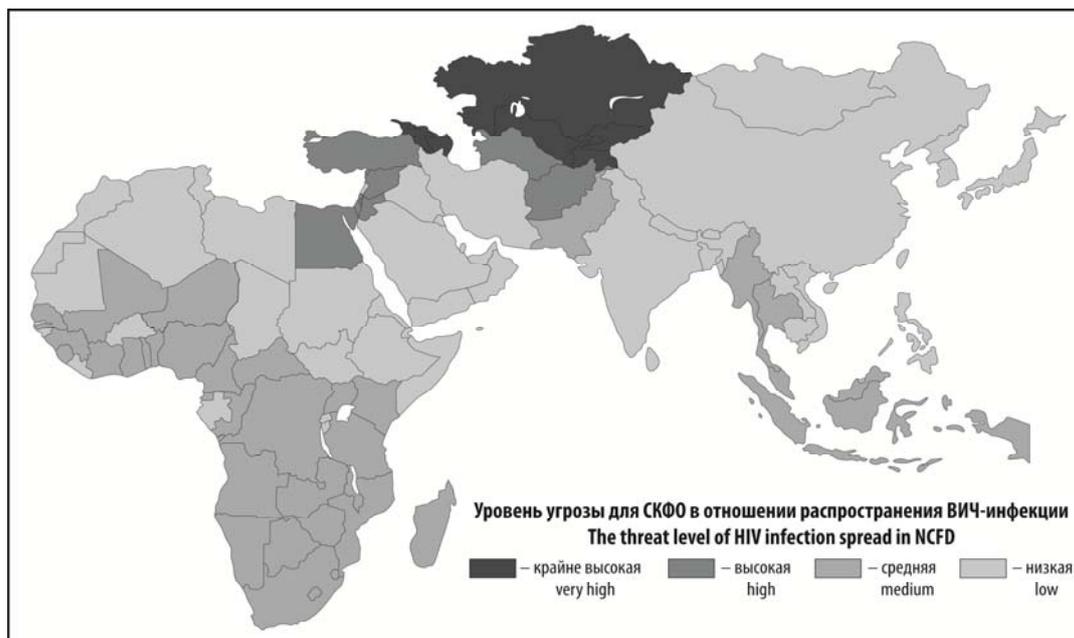


Рисунок 1. Классификация стран Азии и Африки по уровню угрозы для СКФО в отношении распространения ВИЧ-инфекции иммигрантами

Figure 1. Classification of Asian and African countries by level of threat to the NCFD in relation to the spread of HIV infection by immigrants

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ позволил установить вклад каждой из четырех количественных составляющих в уровень формирования миграционной «угрозы» со стороны ВИЧ для СКФО: текущей ситуации в странах Азии и Африки в отношении распространения инфекции, потока мигрантов из них в СКФО в целом, а также дифференциации последнего по хронологическому (за каждый год рассматриваемого временного интервала) и хорологическому (в каждый из субъектов СКФО) признаку.

Очевидно, что наибольший вклад вносит именно первая составляющая: направляющие большую часть мигрантов постсоветские государства Закавказья и Центральной Азии (кроме Туркменистана) образуют группу с максимальной степенью угрозы. В то же время, как представляется, действие других факторов может усиливаться или, наоборот, ослабевать [14]. Так, например, несмотря на то, что поток мигрантов в СКФО из Сирии в последние годы превосходил таковой из Киргизии, последняя относится к группе с крайне высокой степенью угроз – вероятно, вследствие большего по масштабам распространения в ней ВИЧ.

Почти у каждой страны происхождения основной части мигрантов, потенциально инфицированных ВИЧ, есть «свой» субъект СКФО, на который ориентированы их потоки. Можно выделить следующие достаточно устойчивые в этом отношении системы: «Азербайджан – Дагестан», «Узбекистан – Кабардино-Балкария», «Армения – Ставропольский край», «Казахстан – Чеченская Республика». Грузия, занимая по числу мигрантов лишь третье место в ряду стран с крайне высокой степенью угрозы для СКФО в отношении распространения ВИЧ (после Армении и Азербайджана), тем не менее, лидирует по числу таких мигрантов, приезжающих в Ингушетию, Карачаево-Черкессию и Северную Осетию – Аланию. В то же время вторая страна

по этому показателю – «своя» для каждого из этих субъектов: Казахстан, Узбекистан и Армения соответственно.

Несмотря на гораздо большее распространение ВИЧ в странах Африки по сравнению со странами Азии, именно последние формируют более значительную угрозу для СКФО в отношении распространения ВИЧ мигрантами. Хотя некоторые исследователи утверждают, что «нет оснований считать, что иностранцы в настоящее время существенно влияют на распространение ВИЧ в России» [15, с. 77], на наш взгляд, угроза все же существует. Но направлена она скорее не в сторону России, а вовне. То есть жители стран, приезжающие на работу в Россию, затем отправляющиеся домой, снова возвращающиеся и т.д. (возвратная миграция) – могут не только привезти ВИЧ в РФ, но и, что гораздо реальнее, «вывезти» его и подвергнуть опасности заражения своих близких дома [16].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено в Институте Африки РАН при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-78-10166 «Миграция из стран Азии и Африки как фактор распространения ВИЧ/СПИДа в России: современное состояние, механизмы регулирования, перспективы развития».

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out at the Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences with the financial support of the Russian Science Foundation (Project No. 17-78-10166, “Migration from Asia and Africa as a factor in the spread of HIV/AIDS in Russia: current status, regulation mechanisms, prospects for development”).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ситуация по ВИЧ-инфекции в России в 2017 году. URL: http://mednet.ru/images/stories/files/miac/2017_vich.pdf (дата обращения: 22.12.2018).

2. Денисов Б.П., Сакевич В.И. Динамика эпидемии ВИЧ/СПИД // Социологические исследования. 2004. № 1. С. 75-85.
3. Цапенко И.П., Сауткина В.А. Глобальные миграции и экономика здравоохранения // Terra Economicus. 2018. Т. 16. № 1. С. 84-100. Doi: 10.23683/2073-6606-2018-16-1-84-100
4. Агаджанян В., Зотова Н. Миграция и риски ВИЧ-инфекции: женщины - выходцы из Средней Азии в Российской Федерации // Демографическое обозрение. 2014. Т. 1. № 2. С. 85-109. Doi: 10.17323/demreview.v1i2.1818
5. Центральная база статистических данных Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <http://cbsd.gks.ru/> (дата обращения: 12.01.2018).
6. Florinskaya Yu., Mkrtychyan N. Migration in Russia: Old Trends and New Problems // Russian Economic Developments. 2016. № 12. P. 36-40. Doi: 10.2139/ssrn.2889458
7. Объединенная программа ООН по ВИЧ/СПИД – ЮНЭЙДС. URL: <http://aidsinfo.unaids.org/> (дата обращения: 12.01.2018).
8. Всемирная организация здравоохранения – ВОЗ. URL: <http://www.who.int/hiv/data/en/> (дата обращения: 28.01.2018).
9. Brookmeyer R. Measuring the HIV/AIDS Epidemic: Approaches and Challenges // Epidemiologic Reviews. 2010. V. 32. P. 26-37. Doi: 10.1093/epirev/mxq002
10. Speakman S. Comparing the Impact of Religious Discourse on HIV/AIDS in Islam and Christianity in Africa // Vanderbilt Undergraduate Research Journal. 2012. V. 8. P. 1-7. Doi: 10.15695/vurj.v8i0.3490
11. Горохов С.А. Индия. Религия, демография и политика // Азия и Африка сегодня. 2011. № 7. С. 24-32.
12. Горохов С.А., Дмитриев Р.В. Население Индии растет рекордными темпами // Азия и Африка сегодня. 2011. № 8. С. 11-15.
13. Айзатулина Р.Р., Дементьева Л.А., Григорьева М.А., Ладная Н.Н. ВИЧ-инфекция среди иностранных граждан в России // Сборник тезисов VI международной Конференции по ВИЧ/СПИДу в Восточной Европе и Центральной Азии, Москва, 18-20 апреля, 2018. 40 с.
14. Рузиев М.М. Эпидемиология ВИЧ-инфекции в Республике Таджикистан // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2016. Т. 8. № 4. С. 55-59.
15. Покровский В., Ладная Н., Покровская А. ВИЧ/СПИД сокращает число россиян и продолжительность их жизни // Демографическое обозрение. 2017. Т. 4. № 1. С. 65-82. Doi: 10.17323/demreview.v4i1.6988
16. Архангельский В.Н., Данилова И.А., Дмитриев Р.В., Хасанова Р.Р. Перспективы демографического развития России до середины века // Народонаселение. 2017. № 3 (77). С. 24-36. Doi: 10.26653/1561-7785-2017-3-2
- demics. Sociologicheskie issledovaniya [Sociological Studies]. 2004, no. 1, pp. 75-85. (In Russian)
3. Tsapenko I.P., Sautkina V.A. Global Migrations and Health Economics. *Terra Economicus*, 2018, vol. 16, no. 1, pp. 84-100. (In Russian) Doi: 10.23683/2073-6606-2018-16-1-84-100
4. Agadjanian V., Zotova N. Migration and HIV Risks: Women from Central Asia in the Russian Federation. *Demographic Review*, 2014, vol. 1, no. 2, pp. 85-109. (In Russian) Doi: 10.17323/demreview.v1i2.1818
5. *Tsentral'naya baza statisticheskikh dannykh Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki (Rosstat)* [The central statistical database of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. Available at: <http://cbsd.gks.ru/> (accessed 12.01.2018)
6. Florinskaya Yu., Mkrtychyan N. Migration in Russia: Old Trends and New Problems. *Russian Economic Developments*, 2016, no. 12, pp. 36-40. Doi: 10.2139/ssrn.2889458
7. *Ob"edinennaya programma OON po VICH/SPID – YuNEIDS* [United Nations Program on HIV / AIDS – UNAIDS]. Available at: <http://aidsinfo.unaids.org/> (accessed 12.01.2018)
8. *Vsemirnaya organizatsii zdavoookhraneniya – VOZ* [World Health Organization – WHO]. Available at: <http://www.who.int/hiv/data/en/> (accessed 28.01.2018)
9. Brookmeyer R. Measuring the HIV/AIDS Epidemic: Approaches and Challenges. *Epidemiologic Reviews*, 2010, vol. 32, pp. 26-37. Doi: 10.1093/epirev/mxq002
10. Speakman S. Comparing the Impact of Religious Discourse on HIV/AIDS in Islam and Christianity in Africa. *Vanderbilt Undergraduate Research Journal*, 2012, vol. 8, pp. 1-7. Doi: 10.15695/vurj.v8i0.3490
11. Gorokhov S.A. India. Religion, demography and the policy. *Aziya i Afrika segodnya* [Asia and Africa Today]. 2011, no. 7, pp. 24-32. (In Russian)
12. Gorokhov S.A., Dmitriev R.V. The Population of India is growing at Record Rate. *Aziya i Afrika segodnya* [Asia and Africa Today]. 2011, no. 8, pp. 11-15. (In Russian)
13. Aizatulina R.R., Dement'eva L.A., Grigor'eva M.A., Ladnaya N.N. VICH-infektsiya sredi inostrannykh grazhdan v Rossii [HIV infection among foreigners in Russia]. *Sbornik tezisov VI mezhdunarodnoi Konferentsii po VICH/SPIDu v Vostochnoi Evrope i Tsentral'noi Azii, Moskva, 18-20 aprelya 2018* [VI Eastern Europe and Central Asia AIDS Conference – Abstract Book, Moscow, 18-20 April 2018]. Moscow, 2018, 40 p. (In Russian)
14. Ruziyev M.M. HIV Epidemiology in the Republic of Tajikistan. *HIV Infection and Immunosuppressive Disorders*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 55-59. (In Russian) Doi: 10.22328/2077-9828-2016-8-4-55-59
15. Pokrovsky V., Ladnaia N., Pokrovskaya A. HIV/AIDS Reduces the Number of Russians and Their Life Expectancy. *Demographic Review*, 2017, vol. 4, no. 1, pp. 65-82. (In Russian) Doi: 10.17323/demreview.v4i1.6988
16. Arkhangelskiy V.N., Danilova I.A., Dmitriev R.V., Khasanova R.R. Prospects of the Demographic Development of Russia until the Mid-Century. *Population*, 2017, no. 3, pp. 24-36. (In Russian) Doi: 10.26653/1561-7785-2017-3-2

REFERENCES

1. *Situatsiya po VICH-infektsii v Rossii v 2017 godu* [The situation on HIV infection in Russia in 2017]. Available at: http://mednet.ru/images/stories/files/miac/2017_vich.pdf (accessed 22.12.2018)
2. Denisov B.P., Sakevitch V.I. Dynamics of Aides'/Hive epi-

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Автор написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The author has written the article and is responsible for avoiding plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author states that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.24 (597.2/5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-138-143

Трансформация металлов в системе: грунт – пищевые цепи осетровых Каспийского моря

Владимир А. Чаплыгин¹ , Татьяна С. Ершова², Вячеслав Ф. Зайцев²

¹Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Контактное лицо

Владимир А. Чаплыгин, лаборатория осетровых рыб Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ ВНИРО («КаспНИРХ»); 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.
Тел. +79170869150
Email wladimirchap@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0509-702X>

Формат цитирования

Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Трансформация металлов в системе: грунт – пищевые цепи осетровых Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.138-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-138-143

Получена 26 февраля 2019 г.
Прошла рецензирование 12 апреля 2019 г.
Принята 25 апреля 2019 г.

Резюме

Цель. Выявление особенностей трансформации металлов в компонентах экосистемы северо-западной части Каспийского моря.

Материал и методы. Отбор проб осуществлялся по общепринятым методикам, определение тяжелых металлов производилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД.

Результаты. Миграция микроэлементов в трофических цепях изучаемых видов осетровых Каспийского моря имеет следующие особенности: хром, марганец и железо не аккумулируется по изучаемой трофической цепи. Накопление свинца и кобальта выше трофического уровня, занимаемого бентосными беспозвоночными, не происходило. Кадмий, никель и медь накапливались, прежде всего, бентосными организмами, при этом кадмий и никель аккумулировались в почках у обоих видов осетровых рыб, а медь накапливалась в печени русского и персидского осетров. Биоаккумуляция цинка происходит последовательно в звеньях: грунт – вода – беспозвоночными бентоса – рыбы бентофаги – почки, печень и мышцы русского и персидского осетров. Ртуть мигрирует по звеньям изучаемой пищевой цепи, коэффициенты накопления увеличиваются в системе: грунт – моллюск *Didacna* – рыбы бентофаги – печень, почки и мышцы русского и персидского осетров.

Заключение. Способность гидробионтов накапливать тяжелые металлы из воды зависит от свойств металла, его участия в биохимических процессах, видовых особенностей, биологического состояния и характера абиотических условий обитания.

Ключевые слова

Каспийское море, русский осетр, персидский осетр, микроэлементы, аккумуляция, трофические цепи.

©2019 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Transference of metals in the soil-food chain system: of Caspian Sea sturgeons

Vladimir A. Chaplygin¹ , Tatiana S. Ershova², Viacheslav F. Zaitsev²

¹Volga-Caspian branch, All-Russian Research Institute of Fishery and Oceanography (Caspian Fisheries Research Institute), Astrakhan, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Principal contact

Vladimir A. Chaplygin, Sturgeon Fish Laboratory, Volga-Caspian branch, All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; 1 Sawushkina St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +79170869150

Email vladimirchap@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0509-702X>

How to cite this article

Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F. Transference of metals in the soil-food chain system: of Caspian Sea sturgeons. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 138-143. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-138-143

Received 26 February 2019

Revised 12 April 2019

Accepted 25 April 2019

Abstract

Aim. Identification of metal transference characteristics in components of the ecosystem of the north-western part of the Caspian Sea.

Material and Methods. Sampling was carried out according to generally accepted methods and the determination of heavy metals was carried out by atomic absorption spectroscopy using an atomic absorption spectrometer with electro-thermal atomization MGA-915 MD.

Results. In studying the migration of trace elements in the trophic chains of the Caspian Sea sturgeon species it was found that: (a) chromium, manganese and iron do not accumulate along the trophic chain researched; (b) accumulation of lead and cobalt above the trophic level occupied by benthic invertebrates did not occur; (c) cadmium, nickel and copper were accumulated primarily by benthic organisms, while cadmium and nickel accumulated in the kidneys of Russian and Persian sturgeons and copper accumulated in the liver of both species (d) bioaccumulation of zinc occurs sequentially in the links: soil-water-benthic invertebrates-benthophage fish (in Russian and Persian sturgeons in their kidneys, liver and muscles) and (e) mercury migrates along the links of the food chain, accumulation coefficients increasing progressively in the system: soil-*Didacna* mollusc-benthophage fish (in Russian and Persian sturgeons in their kidneys, liver and muscles).

Conclusion. The accumulation of heavy metals from water amongst aquatic organisms depends on the properties of the metal, its involvement in biochemical processes, species, biological status and the nature of abiotic living conditions.

Key Words

Caspian Sea, Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*), Persian sturgeon (*Acipenser persicus*), trace elements, accumulation, trophic chains.

©2019 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.

ВВЕДЕНИЕ

Экосистема Каспийского моря функционирует под воздействием факторов, в ряде случаев приводящих к возникновению высокой экологической напряженности [1]. В группу приоритетных загрязняющих веществ, присутствующих в водах Каспийского моря входят такие металлы как марганец, никель, цинк, железо, кадмий, свинец, медь естественного происхождения, привнесенные в виде компонентов промышленных отходов с речным стоком, а также сопутствующие нефтедобыче [1-2]. Металлы, включаясь в биогеохимический цикл водной экосистемы, способны аккумулироваться в гидробионтах из различных экологических групп [1; 3-8]. Для бентосных организмов грунт является одним из основных источников микроэлементов. При этом зоо- и фитобентос, являясь важными звеньями в пищевых цепях водоемов, играют огромную роль в концентрации и биогенной миграции микроэлементов [5; 9] и являются одними из функциональных звеньев морских экосистем, через которые проходят потоки микроэлементов [5; 10]. Моллюски, ракообразные, различные виды бычков – важная составляющая часть экосистемы Каспийского моря, так как они служат кормом для таких ценных видов рыб как русский и персидский осетры [11; 12], поэтому, зная их элементный состав, можно оценить степень перехода тех или иных элементов в системе: грунт – пищевые цепи – русский и персидский осетры. В связи с этим вопросы миграции элементов в различных компонентах морских экосистем, в частности Каспийского моря являются актуальными, так как это позволяет оценить антропогенное влияние на биогеохимический фон.

Исследования, касающиеся выявления особенностей миграции элементов в системе «грунт – объекты питания – русский и персидский осетры», могут быть использованы в качестве региональных критериев при оценке состояния экосистемы Каспийского моря и представляют собой новое решение актуальных проблем рыбного хозяйства – поиска и адекватного использования биологических мониторов состояния среды Каспийского моря и организма животных. В связи с этим результаты исследований имеют большое значение в изучении экологии водных объектов Каспийского бассейна в условиях антропогенного загрязнения и могут служить основой для разработки природоохранных мероприятий.

Цель работы заключалась в выявлении особенностей трансформации металлов в компонентах экосистемы северо-западной части Каспийского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы проб гидробионтов Каспийского моря были получены в результате экспедиций ФГБНУ «КаспНИРХ» в период с 2013 по 2018 гг.

Определение ртути в гидробионтах выполняли на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ с приставкой РП-91С. Определение остальных металлов производили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. Концентрацию ртути выражали в мг/кг сырого веса, остальных изученных элементов выражали в мг/кг сухого веса. Полученные результаты подвергли статисти-

стической обработке.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение накопления элементов в гидробионтах – кормовых объектов русского и персидского осетров позволило выявить организмы – накопители определенных элементов [7; 8]. Так, например, накопителем железа среди всех исследованных организмов являлись рачки рода *Gammarius* (747,64 мг/кг сухого вещества), при этом гаммарусы по сравнению с другими изученными организмами отличались наименьшим содержанием ртути (0,001 мг/кг сырого веса). Концентрациями меди являлись креветки *Palaemon adspersus* (103,57 мг/кг сухого вещества), кобальта и марганца – крабы *Rhithropanopeus harrisi* (52,39 и 73,85 мг/кг сухого вещества), цинка – вобла *Rutilus caspicus* (189,7 мг/кг сухого вещества). Больше всего хрома выявлено у моллюсков митилястеров (16,46 мг/кг сухого вещества) и несколько ниже у всех изученных видов ракообразных (балабусов, гаммарусов и крабов). Аккумуляторами ртути являлись все исследованные бентосные рыбы (вобла *Rutilus caspicus* и исследованные виды бычков: бычок хвалынский *Neogobius caspius*, бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* и бычок пуголовка *Benthophilus macrocephalus*). В то же время среди рыб семейства бычковые (*Gobiidae*) бычок пуголовка (*Benthophilus macrocephalus*) аккумулирует свинец и медь в большей степени [13]. При этом стоит отметить, что исследованные бентосные рыбы (вобла и бычки сем. *Gobiidae*) аккумулировали свинец, никель и кадмий в меньшей степени, чем беспозвоночные этой экологической группы.

Таким образом, показано, что среди всех исследованных видов бентосных организмов рачок балабус *Balanus improvisus* является накопителем большинства элементов (свинец, кадмий, кобальт, марганец и хром). Среди рыб семейства бычковые стоит выделить бычка пуголовку, который аккумулирует металлы в большей степени. Организмом-концентратором кадмия и никеля является моллюск дидакна *Didacna* (3,02 и 60,0 мг/кг сухой массы) [8].

Судя по рассчитанным коэффициентам концентрации (рис. 1), свинец и кобальт выше трофического уровня, занимаемого бентосными беспозвоночными, не поднимались [14].

Также кадмий, никель и медь накапливались, прежде всего, бентосными организмами [7], и два первых элемента аккумулировались в почках у обоих видов осетровых рыб, причем в почках русского осетра это происходило в большей мере. Медь накапливалась в печени русского и персидского осетров (коэффициенты концентраций 1,05 и 1,34). При этом в печени персидского осетра эти значения выше.

Выявлено, что хром, марганец и железо не аккумулируются по трофической цепи экосистемы Каспийского моря.

Биоаккумуляция цинка происходит последовательно в звеньях: грунт – вода – беспозвоночными бентоса – рыбы бентофаги – почки, печень и мышцы русского и персидского осетров.

Коэффициент концентрации ртути был рассчитан по моллюску Дидакна, так как среди беспозвоночных он, являясь его макроконцентратором, преоблада-

ет в пищевом комке исследованных осетровых видов рыб [8]. Ртуть мигрирует по звеньям пищевой цепи, коэффициенты накопления увеличиваются в системе:

грунт – моллюск Дидакна – рыбы бентофаги – печень, почки и мышцы русского и персидского осетров питания [15].

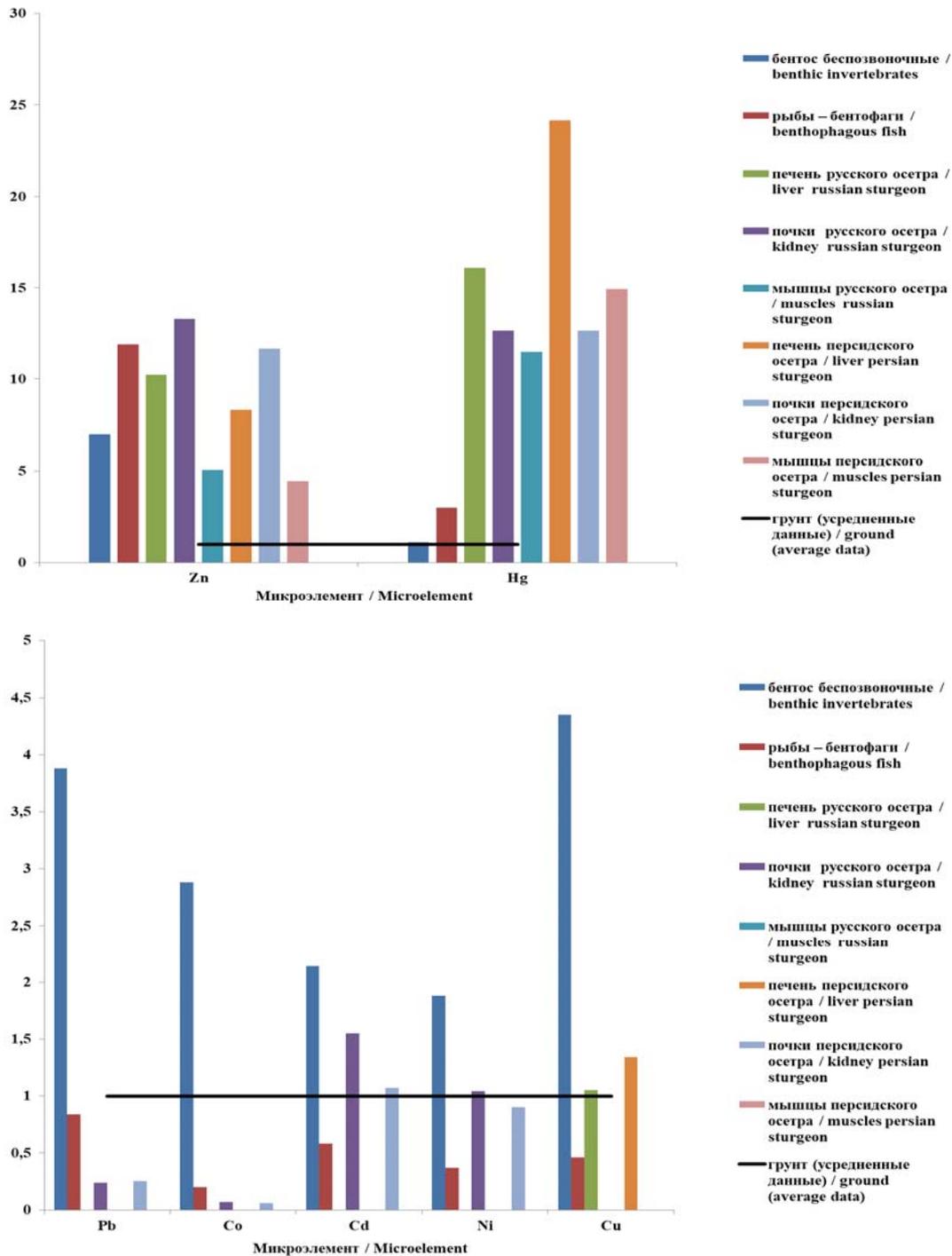


Рисунок 1. Миграция элементов в трофической сети Каспийского моря
Figure 1. Migration of elements in the Caspian Sea trophic network

У исследованных видов рыб по трофологическому признаку продемонстрирована четкая зависимость накопления ртути в печени и мышцах осетровых рыб от объекта питания [15]. С повышением занимаемого положения в трофической пирамиде у живых объектов происходило достоверное возрастание содержания металла ($r = 0,98$; $r = 0,96$). Вероятно, это свя-

зано с тем, что ртуть образует очень стойкие ртутьорганические комплексы, вытесняя из биологических молекул практически все другие металлы. Это свойство ртути обуславливает необратимое возрастание ее концентрации при переходе по трофической цепи от организмов низших звеньев к высшим.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Миграция микроэлементов в трофических цепях изучаемых видов осетровых Каспийского моря имеет следующие особенности:

- хром, марганец и железо не аккумулируется по изучаемой трофической цепи;
- накопление свинца и кобальта выше трофического уровня, занимаемого бентосными беспозвоночными не происходило;
- кадмий, никель и медь накапливались, прежде всего, бентосными организмами, при этом кадмий и никель аккумулировались в почках у обоих видов осетровых рыб, а медь накапливалась в печени русского и персидского осетров;
- биоаккумуляция цинка происходит последовательно в звеньях: грунт – вода – беспозвоночными бентоса – рыбы бентофаги – почки, печень и мышцы русского и персидского осетров;
- ртуть мигрирует по звеньям изучаемой пищевой цепи, коэффициенты накопления увеличиваются в системе: грунт – моллюск Дидакна – рыбы бентофаги – печень, почки и мышцы русского и персидского осетров.

Таким образом, в очередной раз доказано, что способность гидробионтов накапливать тяжелые металлы из воды зависит от свойств металла, его участия в биохимических процессах, видовых особенностей, биологического состояния и характера абиотических условий обитания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чуйко Е.В., Абдусаматов А.С. Особенности миграции тяжелых металлов в экосистеме Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. № 3. С. 110-116. Doi: 10.18470/1992-1098-2013-3-110-116
2. Перевозников М.А., Богданова Е.А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 1999. 228 с.
3. Виноградов А. П. Химический состав организмов моря. Москва: Наука, 2001. 620 с.
4. Ковековдова Л.Т. Оценка микроэлементного состава отдельных видов промысловых гидробионтов Японского и Охотского морей // Материалы научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», Владивосток, 25-27 марта, 2008. С. 551-555.
5. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.
6. Еськов Е.К., Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Болотов В.П. Содержание и миграция тяжелых металлов в компонентах экосистем Волгоградского водохранилища // Аграрная наука. 2015. № 1. С. 14-15.
7. Чаплыгин В. А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Содержание некоторых микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 3. С. 138-145. Doi: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145
8. Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Бентосные организмы – концентраторы некоторых элементов в экосистеме Каспийского моря // Материалы XX Юбилейной Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга Рос-

- сии», Махачкала, 6-8 ноября, 2018. С. 627-630.
9. Остроумов С.А. Роль организмов в регуляции миграции химических элементов и перемещений вещества в экосистемах // Экология промышленного производства. 2010. № 3. С. 26-31.
10. Ковековдова Л.Т., Симоконов М.В. Ртуть в донных отложениях и промысловых гидробионтах залива Петра Великого (Японское море) // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», Москва, 7-9 сентября, 2010. С. 233-238.
11. Молодцова А.А., Полянинова А.А. Питание осетра, севрюги и белуги в Каспийском море // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10. № 4 (40). С. 718-740.
12. Тихонова Э.Ю. Особенности питания русского и персидского осетра в Северном Каспии // Материалы Международной научной конференции «Рыбохозяйственные водоемы России – фундаментальные и прикладные исследования», Санкт-Петербург, 6-10 октября, 2014. С. 738-743.
13. Гусейнова С.А., Гаджиев А.А. Содержание токсических веществ (тяжелых металлов и ароматических углеводородов) в тканях и органах гидробионтов на участке «Центрально-Каспийский» // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. № 3. С. 61-65. Doi: 10.18470/1992-1098-2013-3-61-65
14. Зайцев В.Ф., Ершова Т.С., Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Николенков А.А. Содержание некоторых металлов в звеньях трофической сети Каспийского моря // Материалы X Международной биогеохимической школы «Современные проблемы состояния и биогеохимической эволюции таксонов биосферы», Москва, 13-15 июня, 2017. С. 198-205.
15. Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Исследование особенностей аккумуляции цинка и ртути гидробионтами Каспийского моря // Научные труды Дальрыбвтуза. 2018. Т. 45. № 2. С. 40-45.

REFERENCES

1. Chujko E.V., Abdusamadov A.S. Features of migration of heavy metals in the northern Caspian ecosystem. *South of Russia: ecology, development*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. 110-116. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2013-3-110-116
2. Perevoznikov M.A., Bogdanova E.A. *Tyazhelyye metally v presnovodnykh ekosistemakh* [Heavy metals in freshwater ecosystems]. St. Petersburg, GosNIORH Publ., 1999, 228 p. (In Russian)
3. Vinogradov A.P. *Khimicheskiy sostav organizmov morya* [Chemical composition of sea organisms]. Moscow, Nauka Publ., 2001, 620 p. (In Russian)
4. Kovekovdova L.T. Otsenka mikroelementnogo sostava otdel'nykh vidov promyslovykh gidrobiontov Yaponskogo i Okhotskogo morey [An Assessment of the micro elemental composition of individual species of commercial hydrobiota of the Seas of Japan and Okhotsk]. *Materialy nauchnoi konferentsii «Sovremennoe sostoyanie vodnykh biore-surov»*, Vladivostok, 25-27 marta 2008 [Proceedings of the scientific conference "The current state of aquatic biological resources", Vladivostok, 25-27 March 2008]. Vladivostok, 2010, pp. 551-555. (In Russian)
5. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. *Vliyaniye fiziko-khimicheskikh faktorov na sodержaniye tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh* [The influ-

ence of physicochemical factors on heavy metal content in aquatic ecosystems]. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 2014, 167 p. (In Russian)

6. Es'kov E.K., Zubkov V.M., Belozubova N.Yu., Bolotov B.N. Content and migration of heavy metals in components of ecosystems of Volgograd reservoir. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science]. 2015, no. 1, pp. 14-15. (In Russian)

7. Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F. The contents of some trace elements in the aquatic organisms of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 3, pp. 138-145. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145

8. Chaplygin W.A., Tanasova A.S., Ershova T.S., Zaitsev V.F. Benthosnyye organizmy – kontsentratory nekotorykh elementov v ekosisteme Kaspiyskogo moray [Benthic organisms as concentrators of some elements in the ecosystem of the Caspian Sea]. *Materialy XX Yubileynoy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Biologicheskoye raznoobraziye Kavkaza i Yuga Rossii», Makhachkala, 6-8 noyabrya 2018* [Proceedings of the XX Anniversary International Scientific Conference "Biological Diversity of the Caucasus and Southern Russia", Makhachkala, 6-8 November 2018]. Makhachkala, 2018, pp. 627-630. (In Russian)

9. Ostroumov S.A. Role of organisms in the regulation of migrations of chemical elements and transfer of matter in ecosystems. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* [Industrial Ecology]. 2010, no. 3, pp. 26-31. (In Russian)

10. Kovekovdova L.T., Simokon M.V. Rtut' v donnykh otlozheniyakh i promyslovnykh gidrobiontakh zaliva Petra Velikogo (Yaponskoye more) [Mercury in bottom sediments and commercial aquatic organisms of Peter the Great Bay (Sea of Japan)]. *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskiye aspekty», Moskva, 7-9 sentyabrya 2010* [Proceedings of the International Symposium "Mercury in the Biosphere: Ecological and Geochemical Aspects", Moscow, 7-9 September 2010]. Moscow, 2010, pp. 233-238. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Владимир А. Чаплыгин собрал, обработал материал; Татьяна С. Ершова проанализировала полученные данные, написала рукопись; Вячеслав Ф. Зайцев проанализировал полученные данные, проверил рукопись до подачи в редакцию. Все авторы несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

11. Molodtsova A.I., Polyaninova A.A. Feeding of sturgeons in the Caspian Sea. *Voprosy rybolovstva* [Problems of Fisheries]. 2009, vol. 10, no. 4 (40), pp. 718-740. (In Russian)

12. Tikhonova E.Yu. Osobennosti pitaniya russkogo i persidskogo osetra v Severnom Kaspii [Feeding habits of Russian and Persian sturgeons in the Northern Caspian Sea]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Rybnokhozyaystvennyye vodoyemy Rossii – fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya», Sankt-Peterburg, 6-10 oktyabrya 2014* [Proceedings of the International Scientific Conference "Fishing waters of Russia - basic and applied research", St. Petersburg, 6-10 October 2014]. St. Petersburg, 2014, pp. 738-743. (In Russian)

13. Guseinova S.A., Gadzhiev A.A. Concentration of toxic ingredients (heavy metals and aromatic hydrocarbons) in organs and tissues of hydrobionts in central Caspian district. *South of Russia: ecology, development*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. 61-65. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2013-3-61-65

14. Zaitsev V.F., Ershova T.S., Chaplygin W.A., Tanasova A.S., Nikolenkov A.A. Soderzhaniye nekotorykh metallov v zven'yakh troficheskoy seti Kaspiyskogo moray [The content of some metals in the links of the food web of the Caspian Sea]. *Materialy X Mezhdunarodnoy biogeokhimicheskoy shkoly «Sovremennyye problemy sostoyaniya i biogeokhimicheskoy evolyutsii taksonov biosfery», Moskva, 13-15 iyunya 2017* [Proceedings of the X International Biogeochemical School "Modern Problems of the State and Biogeochemical Evolution of Biosphere Taxa", Moscow, 13-15 June 2017]. Moscow, 2017, pp. 198-205. (In Russian)

15. Chaplygin V.A., Tanasova A.S., Ershova T.S., Zaitsev V.F. The study of peculiarities of accumulation of zinc and mercury by aquatic organisms of the Caspian Sea. *Nauchnyye trudy Dal'rybvtuza* [Scientific works of Dalrybvtuz]. 2018, vol. 45, no. 2, pp. 40-45. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vladimir A. Chaplygin processed material and analyzed the data obtained. Tatiana S. Ershova analyzed the data obtained and wrote the text. Viacheslav F. Zaitsev analyzed the data obtained and checked the text before submission to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

Оригинальная статья / Original article
УДК 504.4.064
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-144-153

Состояние донного отложения в районе искусственных островов месторождения «Кашаган», Казахстан

Акимгали Кенжегалиев,  Асылбек Ш. Канбетов, Айнагул А. Абилгазиева, Айаужан К. Шахманова, Даурен К. Кулбатыров

НАО «Атырауский университет нефти и газа» имени Сафи Утебаева, Атырау, Республика Казахстан

Контактное лицо

Акимгали Кенжегалиев, научно-исследовательская лаборатория «Гео-экология», НАО Атырауского университета нефти и газа им. Сафи Утебаева; 060002 Казахстан, г. Атырау, проспект Азаттык, 1.
Тел. +77122320831
Email akimgali_k@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0571-4056>

Формат цитирования

Кенжегалиев А., Канбетов А.Ш., Абилгазиева А.А., Шахманова А.К., Кулбатыров Д.К. Состояние донного отложения в районе искусственных островов месторождения «Кашаган», Казахстан // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.144-153. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-144-153

Получена 21 января 2019 г.
Прошла рецензирование 27 марта 2019 г.
Принята 8 апреля 2019 г.

Резюме

Целью исследований было определение загрязнения донного отложения тяжелыми металлами вокруг искусственных островов А и D, где с острова D идет добыча углеводородного сырья подсолевой толщи, а с острова А добыча не начата. Исследования производились для сравнения содержания тяжелых металлов в донных отложениях вокруг искусственных островов.

Материал и методы. Изучены содержания тяжелых металлов кадмий (Cd), хром (Cr), медь (Cu), железо (Fe), никель (Ni), свинец (Pb), цинк (Zn) в донном отложении в районе искусственных островов А и D. В лабораторных условиях пробы обрабатывались стандартным методом и измерение содержания тяжелых металлов Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn производилось на ИСП-МС спектрометре, а Pb на атомно-абсорбционном спектрометре с электрометрической атомизацией ContAA-600 с гидридной приставкой HydrEA System Batch Mode HS 55 modular.

Результаты. В 2017 г. средняя концентрация всех исследованных элементов в районе острова D выше, чем в районе острова А.

Заключение. Во всех сезонах исследований превышение ПДК всех поллютантов не обнаружено.

Ключевые слова

Казахстан, Кашаган, искусственный остров, тяжелые металлы, донное отложение.

Condition of bottom sediment in the area of artificial islands of the Kashagan field, Kazakhstan

Akingali Kenzhegaliev , Asylbek S. Kanbetov, Ainagul A. Abylgazieva, Ayauzhan K. Shakhmanova and Dauren K. Kulbatyrov

Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan

Principal contact

Akingali Kenzhegaliev, Geoecology Research Laboratory NAO, Atyrau University of Oil and Gas; 1 Azattyk Avenue, Utebayev, Atyrau, Kazakhstan 060002. Tel. +77122320831

Email akingali_k@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0571-4056>

How to cite this article

Kenzhegaliev A., Kanbetov A.S., Abylgazieva A.A., Shakhmanova A.K., Kulbatyrov D.K. Condition of bottom sediment in the area of artificial islands of the Kashagan field, Kazakhstan. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 144-153. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-144-153

Received 21 January 2019

Revised 27 March 2019

Accepted 8 April 2019

Abstract

Aim. The aim of the research was to determine the pollution of bottom sediment with heavy metals around artificial islands A and D, where hydrocarbon raw materials from the subsalt stratum are being extracted from island D, and where production has not begun from island A. Investigations were carried out to compare the content of heavy metals in bottom sediments around these artificial islands.

Material and Methods. The content of heavy metals Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn in the bottom sediment in the region of artificial islands A and D was studied. Samples were processed under laboratory conditions by standard methods. Measurement of the content of heavy metals Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Zn was made using an ICP-MS spectrometer, and of Pb was made using a ContAA-600 atomic absorption spectrometer with electrometric atomization (with a HydrEA System Batch Mode HS 55 modular hydride attachment).

Results. In 2017, the average concentration of all studied elements in the region of island D was found to be higher than in the region of island A.

Conclusion. In all seasons of the research, values in excess of the Maximum Permissible Concentration (MPC) of all pollutants was not found.

Key Words

Kazakhstan, Kashagan, artificial island, heavy metals, bottom sediment.

©2019 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.

ВВЕДЕНИЕ

Донные осадки являются депонирующей средой, и их химический состав отражает долгопериодические закономерности. Это непростая всеохватывающая система, образованная нанесением и отложением на дно водоемов разных неорганических и органических веществ в итоге физических, химических и биологических процессов. Все это, кроме эффекта накопления, приводит к возможности протекания медленных реакций по образованию новых химических соединений, токсичные свойства которых иногда могут быть более высокими, чем у первичных природных соединений [1].

Донные отложения представляют собой сложную многокомпонентную систему, которая в зависимости от внутриводоемных процессов, сорбционных свойств самих отложений, ландшафтных особенностей водосборов, а также свойств веществ, поступающих в нее, может быть накопителем химических веществ (в частности тяжелых металлов) и источником вторичного загрязнения водного объекта [2].

К числу приоритетных загрязняющих веществ донных отложений наряду с соединениями органического происхождения (пестициды, нефтепродукты и т.д.) относятся тяжелые металлы. В отличие от органических загрязняющих веществ, подвергающихся процессам разложения, металлы способны лишь перераспределению между отдельными компонентами водных систем, они существуют в разных формах и различных степенях окисления [1].

Тяжелые металлы, являясь составной частью грунта, попадают в организмы бентосов, далее рыб и по трофическим цепям в пищу человека накапливаясь в костях и тканях. Оценка загрязнения донного отложения существенно затруднена тем, что для них отсутствует понятие «предельно допустимые концентрации» (ПДК), что связано с санитарно-токсикологической сущ-

ностью данного показателя [1].

Каспийское море представляет собой уникальный природный комплекс, является местом обитания редких видов растений, птиц, ценных промысловых видов рыб, млекопитающих [3].

Каспийское море является источником углеводородного сырья – нефти и газа [3].

В настоящее время Каспийское море было разделено Прикаспийскими государствами на 5 секторов, на которых проводятся нефтегазопроисследовательские работы и их добыча. В Казахском секторе Каспийского моря открыты и разрабатываются крупные нефтегазовые структуры - Кашаган, Кайран, Актоты, Каламкас море и др.

Изучение содержания ТМ в донных отложениях вышеперечисленных структурах нами проводилось с 2000 г. в весенний, летний и осенние периоды и выявлены, что в осенний период содержание ТМ уменьшается по сравнению с летним периодом [4].

Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях не регламентируется [5], а в постсоветском пространстве она сравнивалась с ПДК для почвы.

В зарубежной практике для нормирования качества донного отложения служат «голландские листы» хорошо известные в Российской Федерации по их использованию в ежегодниках «Качество морских вод по геохимическим показателям» для сопоставления содержания загрязняющих веществ установленным допустимым концентрациям (ДК) [6]. Другой подход, реализуемый Министерством окружающей среды и водных ресурсов РК, выделяет концентрации поллютантов, ниже которых токсикологическое воздействие на водные организмы не проявляется (ISQGs – Interim Sediment Quality Guidelines), и значение, выше которых эффекты достоверно наблюдаются (PELs – Probable Effect Levels) [7]. Значение этих показателей приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1. Допустимые концентрации (ДК), временные показатели морских донных отложений (ISQGs), уровень вероятного эффекта (PELs) [5]

Table 1. Maximum Permissible Concentrations (MPC), temporary indicators of marine bottom sediments (Interim Sediment Quality Guidelines ISQG) and probable effect levels (PEL) [5]

Нормируемые показатели Normalised indicators	Элемент, мкг/г Element, µg/g					
	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni
Допустимые концентрации (ДК) / Maximum Permissible Concentrations (MPC)	140	36	85	0,8	100	35
Временные показатели морских донных отложений (ISQG) / Temporary indicators of marine bottom sediments (ISQG)	124	18	30,2	0,7	52,3	-
Уровень вероятного эффекта (PEL) / Probable effect level (PEL)	271	108	112	4,2	160	-

Ранее состояния донного отложения северо-восточной части Казахского сектора Каспийского моря описаны в работах [8; 9].

В работе [8] отмечено, что в районе структуры Тюб-Караган не выявлено ухудшение состояния донного отложения. А в работе [10] сравнив полученные результаты с (ДК) [6] установили, что содержание кадмия в 2016 г. оказалось на уровне 1,0 мг/кг, т.е. наблюдается превышение допустимой концентрации в 1,15 раза.

Целью исследований было определение загрязнения донного отложения тяжелыми металлами вокруг искусственных островов А и D, где с острова D идет добыча углеводородного сырья подсолевой

толщи, а с острова А добыча не начата. Исследования производились для сравнения содержания тяжелых металлов в донных отложениях вокруг искусственных островов.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлись донные отложения отобранные по периметру искусственных островов А и D, на равных расстояниях от островов, на содержание тяжелых металлов Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn.

Отбор проб донного отложения производился дночерпателем Петерсона с площадью захвата 0,025 м². В лабораторных условиях пробы обрабатывались стандартным методом и измерение содержания тяжелых металлов Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn производилось

на ИСП-МС спектрометре, а Pb на атомно-абсорбционном спектрометре с электрометрической атомизацией ContAA-600 с гидридной приставкой HydrEA System Batch Mode HS 55 modular, 0,02 мг/кг.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводились с четырех сторон на различных равных расстояниях островов А и D с 16 станции, т.е. от острова в одном направлении на 4 расстояниях.

Средняя концентрация всех исследованных элементов в районе островов А и D в 2017 г. по сезонам в навигационный период представлена в таблицах 2 и 3.

Как видим из таблицы 2 в районе острова А, если среднее значение содержания кадмия увеличивается от весны к лету, а к осени идет снижение, то содержание хрома, меди, железа и никеля наоборот от весны к осени уменьшается, свинец и цинк уменьшается к лету, затем начинает расти. Картина в районе острова D, выглядит следующим образом: содержание Cd, Cu и Zn растет к лету и начинает убывать к осени, то содержание остальных элементов уменьшается от весны к лету. Эти изменения отчетливо видны на рисунках 1 и 2. Полученные результаты с целью оценки влияния сравниваются с ПДК для почвы.

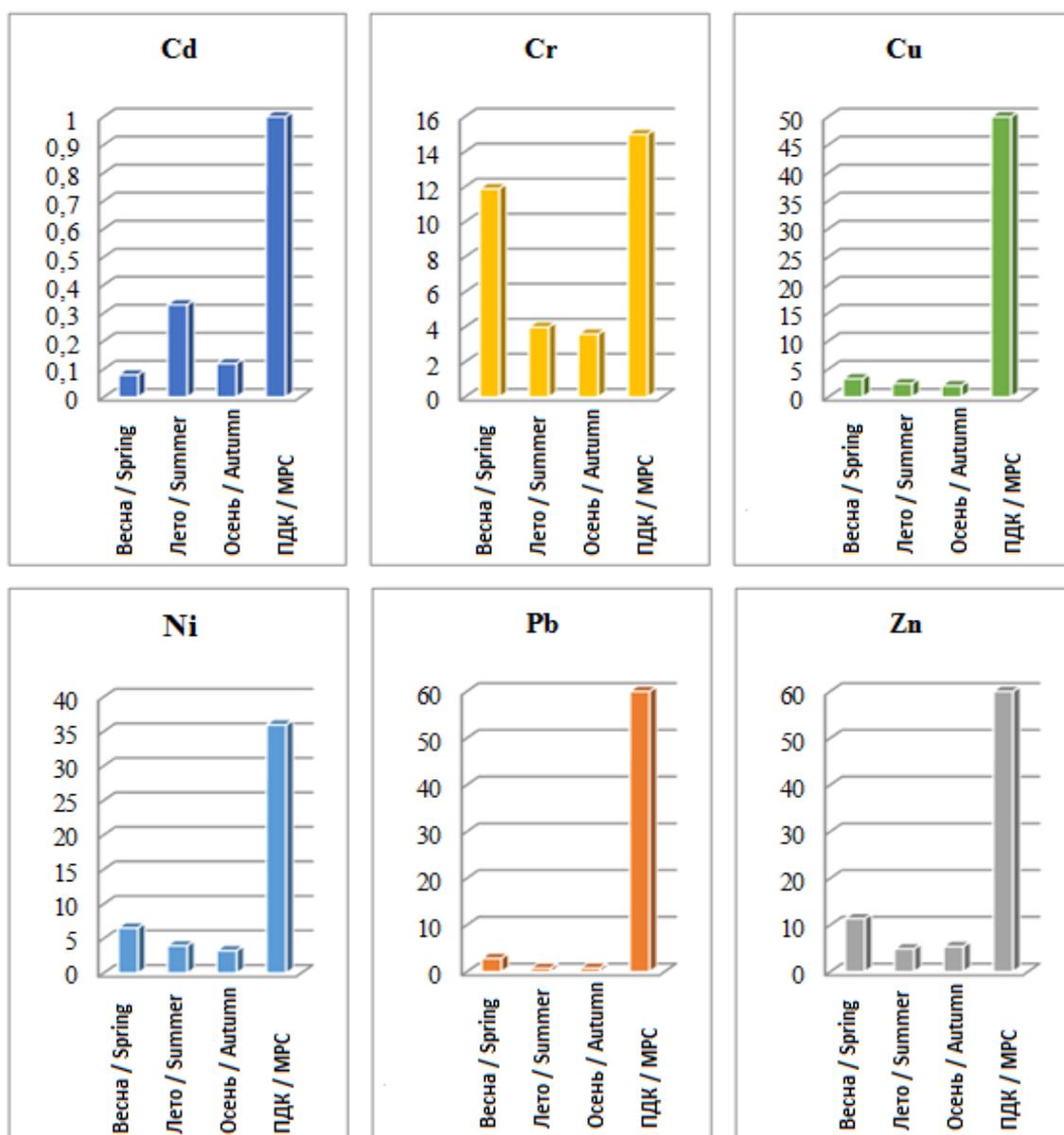


Рисунок 1. Средняя концентрация содержания тяжелых металлов по 16 станциям наблюдения по сезонам в районе острова А

Figure 1. Average concentration of heavy metals in 16 observation stations by season in the area of island A

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов по сезонам в навигационный период в районе острова А
Table 2. Content of heavy metals in the seasons during navigation period in the area of island A

№№ станции Number- of sta- tion	Cd			Cr			Cu			Fe			Ni			Pb			Zn		
	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn																		
1	0,09	0,40	0,07	14,80	5,4	3,7	3,78	3,64	1,95	2843,0	2210,0	750,0	7,32	5,7	4,3	3,11	1,23	0,98	12,7	6,85	5,17
2	0,11	0,38	0,07	13,60	4,2	3,4	4,48	2,72	1,70	4012,0	1640,0	597,0	7,81	4,4	2,9	1,57	0,85	0,70	11,0	5,13	4,93
3	0,08	0,36	0,11	8,21	4,2	2,8	2,20	2,97	0,99	3543,0	1550,0	846,0	6,93	4,1	2,3	2,94	0,76	0,56	10,7	4,97	2,52
4	0,06	0,24	0,22	5,44	3,2	4,8	3,15	2,03	2,46	5874,0	1170,0	862,0	5,37	3,2	4,4	2,97	0,55	1,02	6,3	3,65	6,42
5	0,06	0,21	<0,05	13,90	2,9	2,3	3,21	1,92	1,44	4640,0	1170,0	443,0	3,17	3,0	2,3	3,91	0,68	0,67	15,6	3,43	3,85
6	0,09	0,32	<0,05	15,20	3,7	2,3	4,21	2,14	1,16	5112,0	1350,0	424,0	6,11	3,6	2,0	3,40	0,79	0,58	9,5	4,07	4,06
7	0,07	0,30	0,08	9,01	3,4	3,2	3,46	2,02	4,21	4545,0	1280,0	587,0	4,28	3,4	2,8	2,93	0,66	0,65	12,5	3,78	4,78
8	0,11	0,20	0,16	13,30	2,7	3,8	3,72	1,79	2,31	3764,0	1030,0	702,0	5,08	2,7	3,4	3,55	0,65	0,90	14,9	2,93	5,39
9	0,09	0,27	<0,05	14,00	3,3	3,2	3,64	1,90	1,70	3454,0	1190,0	621,0	5,67	3,2	3,6	2,02	0,63	0,72	8,7	3,70	4,69
10	0,05	0,39	<0,05	12,20	4,7	3,0	3,21	2,87	1,57	5822,0	1820,0	555,0	9,16	4,8	2,6	2,54	0,80	0,70	7,7	10,30	4,74
11	0,13	0,41	0,07	7,82	4,8	3,2	2,04	2,93	1,68	5412,0	1860,0	595,0	6,08	4,8	2,8	3,75	0,92	0,89	10,5	5,66	4,53
12	0,05	0,40	0,21	12,40	4,5	4,3	3,58	2,70	2,37	3086,0	1790,0	765,0	7,73	4,5	3,9	2,88	0,85	0,92	11,4	5,29	6,13
13	0,06	0,34	0,07	14,60	4,0	3,2	3,41	2,49	1,69	3184,0	1510,0	570,0	8,20	4,0	2,7	3,02	0,82	0,78	9,1	4,92	5,05
14	0,09	0,35	0,27	12,60	4,2	5,9	3,10	2,54	2,90	6452,0	1490,0	1030,0	7,22	4,1	5,6	3,47	0,81	1,15	14,1	4,93	11,30
15	0,09	0,29	0,19	13,70	3,6	4,5	3,54	2,10	2,45	6501,0	1360,0	799,0	8,13	3,6	4,0	2,14	0,80	0,97	10,6	4,15	7,25
16	0,07	0,38	0,22	9,62	4,7	4,4	2,17	2,49	2,28	3698,0	1750,0	794,0	7,02	4,4	3,9	2,05	0,96	0,99	17,4	5,42	6,26
Среднее Average	0,08	0,33	0,12	11,90	4,0	3,6	3,31	2,45	2,05	4496,4	1511	683,8	6,58	4,0	3,3	2,89	0,80	0,82	11,4	4,95	5,44

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов по сезонам в навигационный период в районе острова D
Table 3. Content of heavy metals in the seasons during navigation period in the area of island D

№№ станции Numbers of sta- tion	Cd				Cr				Cu				Fe				Ni				Pb				Zn			
	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn																									
1	0,08	0,76	0,97	14,60	8,2	10,5	4,36	7,82	5,12	5258,0	2990,0	4010,0	4,06	10,6	9,6	3,45	2,30	1,44	11,2	24,20	11,2	11,2	24,20	11,2	11,2	24,20	11,2	
2	0,13	0,50	0,17	9,27	5,7	2,8	3,47	4,87	1,53	3961,0	2270,0	1340,0	4,83	6,7	2,6	2,40	1,19	0,72	7,4	18,10	7,4	7,4	18,10	7,4	7,4	18,10	7,4	
3	0,12	0,42	0,32	10,40	5,3	4,2	2,15	3,95	1,97	3730,0	2120,0	1760,0	6,28	6,1	3,8	3,09	1,15	0,77	10,9	12,60	10,9	10,9	12,60	10,9	10,9	12,60	10,9	
4	0,04	0,30	<0,05	14,30	3,5	0,4	5,01	2,93	0,58	4124,0	1560,0	509,0	7,71	4,3	0,5	2,51	0,63	0,49	8,3	21,00	8,3	8,3	21,00	8,3	8,3	21,00	8,3	
5	0,06	0,06	<0,05	9,05	1,2	0,6	4,23	2,03	0,70	3605,0	509,0	1170,0	5,50	2,2	0,7	1,28	0,63	0,67	17,3	32,60	17,3	17,3	32,60	17,3	17,3	32,60	17,3	
6	0,09	0,17	<0,05	10,60	0,9	0,9	2,84	0,83	0,62	7310,0	1010,0	926,0	3,94	1,3	0,9	3,76	0,29	0,58	11,7	3,34	11,7	11,7	3,34	11,7	11,7	3,34	11,7	
7	0,10	0,16	<0,05	7,34	1,1	0,5	3,56	1,24	0,66	4121,0	973,0	1230,0	6,93	1,7	0,8	3,47	0,51	0,52	14,3	20,00	14,3	14,3	20,00	14,3	14,3	20,00	14,3	
8	0,06	<0,05	0,16	12,90	0,3	0,7	3,05	<0,50	0,85	4657,0	355,0	628,0	4,64	1,6	0,9	2,06	0,78	0,68	7,5	5,39	7,5	7,5	5,39	7,5	7,5	5,39	7,5	
9	0,11	0,65	0,74	11,00	7,5	8,2	2,17	8,38	4,03	5752,0	2810,0	2960,0	6,83	11,0	7,5	3,11	2,29	1,33	8,3	17,50	8,3	8,3	17,50	8,3	8,3	17,50	8,3	
10	0,15	0,53	0,73	29,80	7,0	8,1	13,10	7,39	3,80	13579,0	2510,0	2980,0	26,50	9,8	7,4	7,65	2,22	1,62	26,1	15,50	26,1	26,1	15,50	26,1	26,1	15,50	26,1	
11	0,06	0,67	0,15	12,10	8,4	3,0	3,15	8,82	1,30	6482,0	2930,0	1300,0	6,21	12,2	2,8	3,34	2,38	0,70	13,5	17,90	13,5	13,5	17,90	13,5	13,5	17,90	13,5	
12	0,10	0,40	0,10	15,40	5,1	5,6	3,65	4,13	2,93	4028,0	1980,0	1000,0	5,95	6,2	6,2	3,10	1,18	1,17	9,1	10,70	9,1	9,1	10,70	9,1	9,1	10,70	9,1	
13	0,07	0,15	<0,05	9,24	2,7	0,8	4,29	1,96	0,57	3979,0	980,0	369,0	6,74	2,9	<0,5	2,74	0,69	0,46	14,7	17,80	14,7	14,7	17,80	14,7	14,7	17,80	14,7	
14	0,09	0,10	<0,05	12,70	2,0	1,4	2,10	1,31	0,88	3604,0	707,0	612,0	5,80	2,0	1,1	2,23	0,41	0,60	16,6	5,35	16,6	16,6	5,35	16,6	16,6	5,35	16,6	
15	0,09	0,12	<0,05	11,80	2,2	1,8	4,25	1,53	0,52	5014,0	807,0	720,0	7,37	2,3	1,3	3,01	0,81	0,57	14,5	19,90	14,5	14,5	19,90	14,5	14,5	19,90	14,5	
16	0,12	0,36	<0,05	7,13	5,0	2,2	3,65	5,50	1,26	5622,0	1750,0	423,0	5,91	8,1	2,3	2,65	2,01	0,66	14,9	11,40	14,9	14,9	11,40	14,9	14,9	11,40	14,9	
Среднее Average	0,09	0,53	0,42	14,23	4,1	3,2	4,06	4,18	1,71	5301,6	1641	1371	7,20	5,6	3,2	3,12	1,22	0,81	12,9	15,83	12,9	12,9	15,83	12,9	12,9	15,83	12,9	
																												4,75

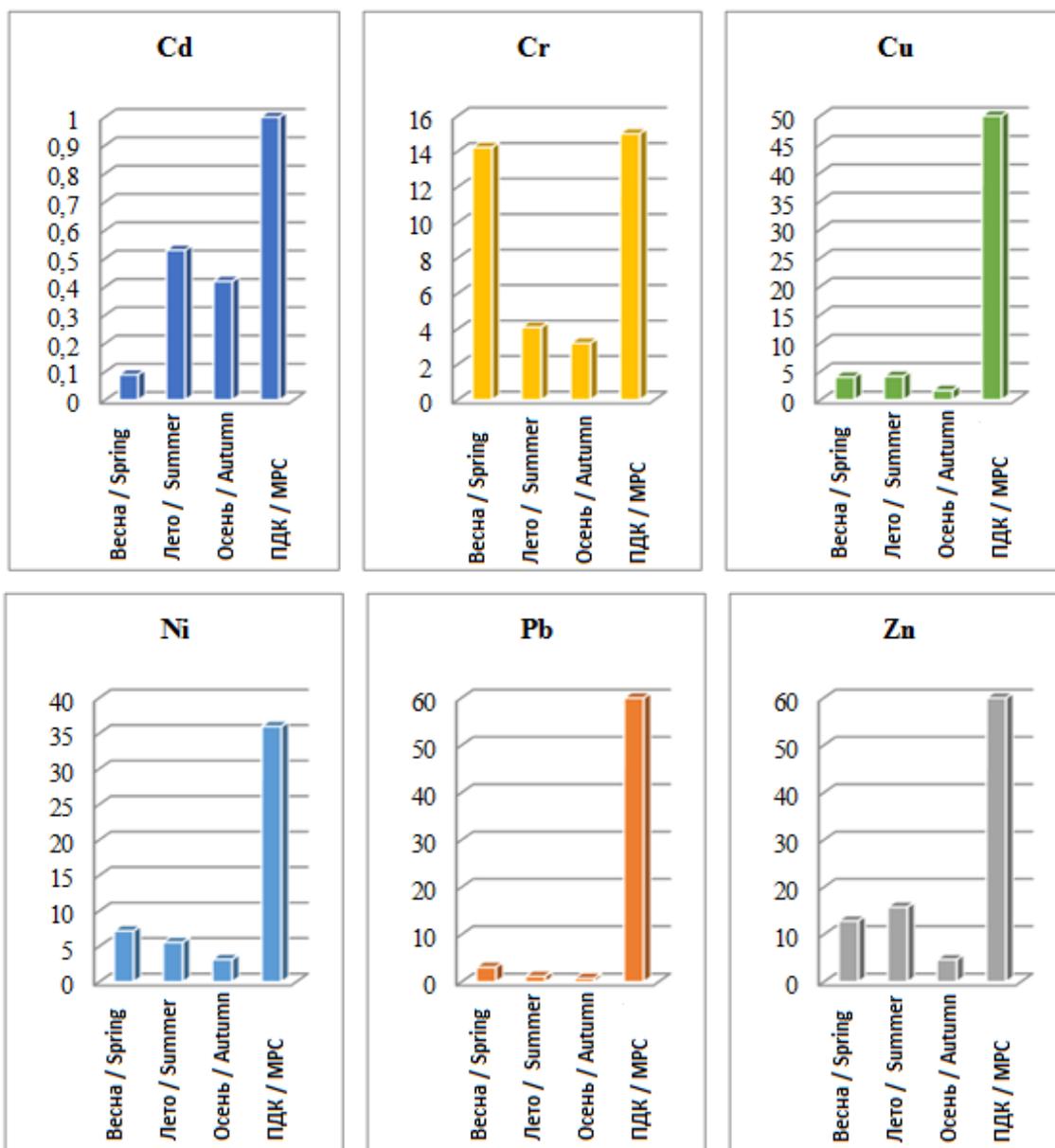


Рисунок 2. Средняя концентрация содержания тяжелых металлов по 16 станциям наблюдения по сезонам в районе острова D

Figure 2. Average concentration of heavy metals in 16 observation stations by season in the area of island D

Результаты значения средних концентраций всех исследованных элементов в районе островов А и D представлены в таблице 4. Из таблицы четко видно, что средняя концентрация всех металлов в районе острова

D выше, чем в районе острова А. Сравнения с ПДК для почвы представлены на рисунке 3. Из рисунка видно, что превышение допустимой нормы не выявлено.

Таблица 4. Средняя концентрация тяжелых металлов в районе искусственных островов за 2017 г., мг/кг [9]
Table 4. Average concentration of heavy metals in the area of artificial islands for 2017, mg/kg [9]

Номера станции numbers of station	Cd		Cr		Cu		Fe		Ni		Pb		Zn	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1	0,19	0,60	7,97	11,1	3,12	5,77	1934,3	4086,0	5,77	8,09	4,97	2,40	8,24	15,9
2	0,19	0,27	7,07	5,92	2,97	3,30	2083,0	2523,7	5,04	4,71	1,04	1,44	7,02	9,85
3	0,18	2,29	5,07	6,63	2,05	2,70	1979,7	2536,7	4,44	5,39	1,42	1,67	6,06	9,72
4	0,17	0,13	4,48	6,07	3,33	2,84	2635,3	2064,3	4,32	4,17	1,51	1,21	5,46	11,01
5	0,11	0,06	2,80	3,62	2,19	2,32	2084,3	1761,3	2,82	2,80	1,75	0,86	7,63	17,16
6	0,15	0,10	7,07	4,13	2,50	1,43	2295,3	3082,0	3,90	2,05	1,59	1,54	5,88	5,57
7	0,15	0,10	5,20	2,98	3,23	1,82	2137,3	2108,0	3,49	3,14	1,41	1,50	7,02	12,17
8	0,16	0,09	6,60	4,63	2,61	1,47	1832,0	1880,0	3,73	2,30	1,70	1,17	7,74	4,99
9	0,14	0,50	6,83	8,90	2,41	4,86	1755,0	3840,7	4,16	8,44	1,12	2,24	5,70	12,03
10	0,16	0,47	6,57	14,97	2,55	9,10	2732,3	6356,3	5,52	14,57	1,35	3,83	7,58	17,3
11	0,20	0,29	5,27	7,83	2,22	4,42	2622,3	3570,7	4,56	7,07	1,85	2,14	6,90	11,63
12	0,22	0,20	7,07	8,70	2,88	3,57	1880,3	2336,0	5,38	6,12	1,55	1,82	7,61	6,29
13	0,16	0,09	7,27	4,25	2,53	2,27	1754,7	1776,0	4,97	3,38	1,54	1,30	6,36	11,36
14	0,24	0,08	7,57	5,37	2,85	1,43	2990,7	1641,0	5,64	2,97	1,81	1,08	10,11	8,19
15	0,19	0,09	7,27	5,27	2,70	2,10	2886,7	2180,3	5,24	3,66	1,30	1,46	7,33	12,28
16	0,22	0,18	6,24	4,80	2,31	3,47	2080,7	2598,3	5,11	5,44	1,33	1,77	9,69	10,07
Среднее the average	0,18	0,35	6,27	6,57	2,65	3,30	2232,1	2771,3	4,63	5,27	1,70	1,71	7,27	10,97
ПДК	1,0*					50				36				60
МРС				15										

Примечание: * подвижная форма
 Note: * promotion form

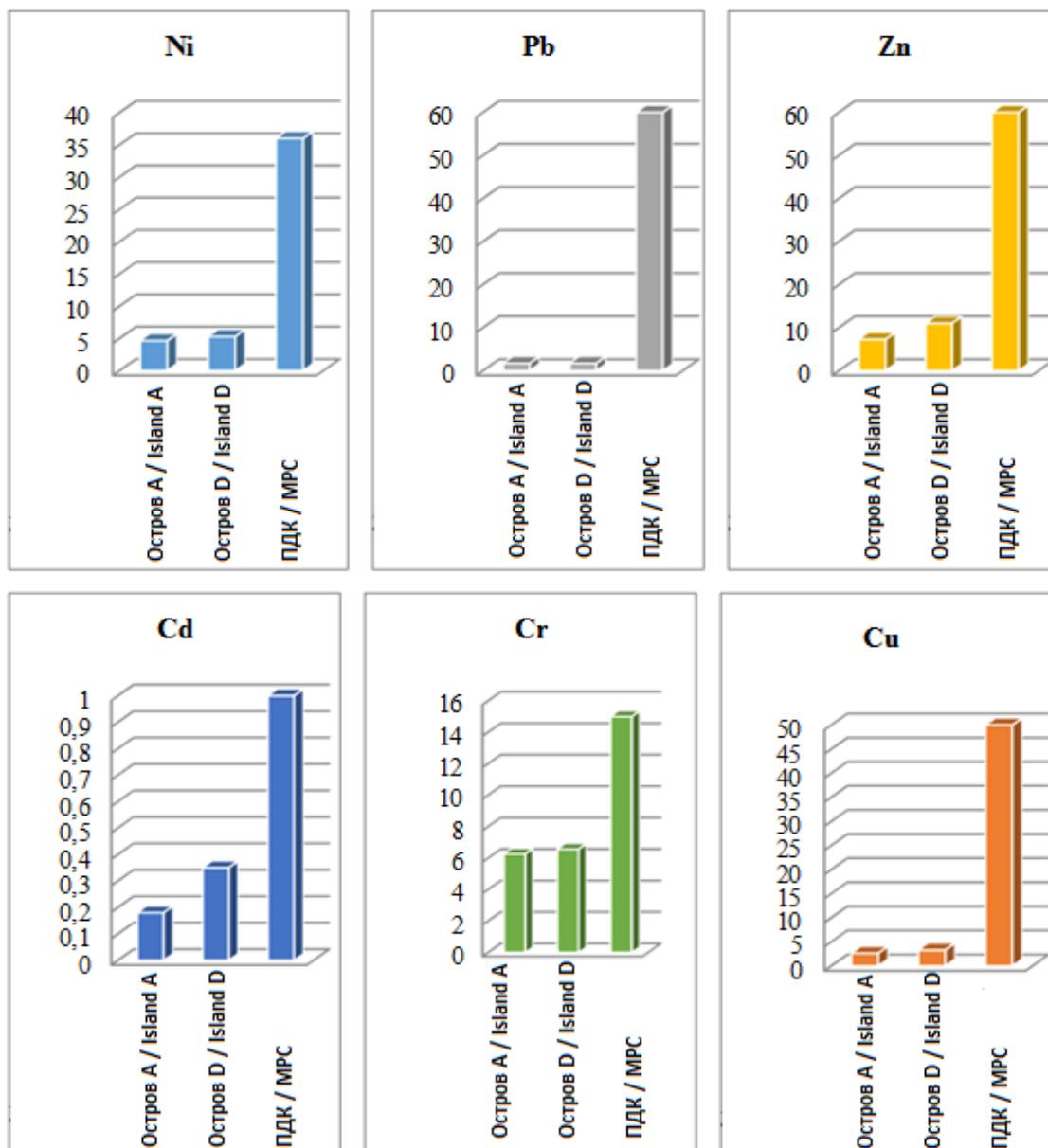


Рисунок 3. Диаграмма средних значений содержания по 16 станциям тяжелых металлов в районе искусственных островов А и D

Figure 3. Diagram of average values of the content of heavy metals at 16 stations in the area of artificial islands A and D

Как видно из таблицы 4 и рисунка 3 почти все исследованные загрязнители в районе острова D выше, чем в районе острова А. На рисунках не представлена криптограмма для железа, т.к. ПДК для него не установлена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды, особенно донных отложений северо-восточной части уникального водоема, как Каспийское море ТМ является одним из важнейших экологических проблем. Так как данный исследуемый район относится к мелководной зоне моря, при штормовых ветрах она превращается источником вторичного загрязнения.

Средняя концентрация всех металлов в районе острова D выше, чем в районе острова А. Во всех сезонах исследования превышение ПДК всех загрязнителей

не обнаружено, кроме одного случая фиксирования на станции содержания хрома на уровне одного ПДК.

Как и в ранних исследованиях, содержание ТМ к осени уменьшается, чем в летний период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куракина Н.И., Шлыгина Н.С. Оценка состояния донных отложений по результатам контрольных измерений концентраций загрязняющих веществ в восточной части Финского залива // Известия СПб ГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. N 4. С. 72-78.
2. Мирошниченко Е.П. Оценка влияния загрязнения донных отложений на качество воды в реках // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. N 4-2(11). С. 108-110.
3. Кенжегалиев А., Сарсенов К.К., Кенжегалиева Д.А. Состояние фитопланктона на структуре Жамбай //

Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. N 1. С. 19-22.

4. Кенжегалиев А., Калиманова Д.Ж., Муханалиева С.М. Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях восточной части Северного Каспия // Вестник МАНЭБ. 2009. N 2. С. 50-52.

5. Жариков В.В. Влияние дампинга на геоэкологическое состояние залива Находки // География и природные ресурсы. 2013. N 4. С. 37-45.

6. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001. Lelystad: RIZA report, 2002. 77 p.

7. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. 5 p.

8. Кенжегалиев А., Чердабаев М.Т., Орекешов С.С., Суесинов Т.М., Кенжегариев С.Е. Исследование донного отложения в районе залива Тюб-Караган // Вестник Международной Академии наук Экологии и Безопасности жизнедеятельности. 2018. Т. 23. N 10. С. 58-62.

9. Экологические мониторинговые исследования окружающей среды Северо-Восточного Каспия при освоении нефтяных месторождений компанией НКОК Н.В. в период с 2006 по 2016 годы. Алматы: НКОК Н.В., КАПЭ, 2018. 400 с.

10. Производственный экологический контроль. Морской мониторинг воздействия. Годовой отчет по данным 2017 г. 1231 с.

REFERENCES

1. Kurakina N.I., Shlygina N.S. Assessment of a condition of ground deposits by results of control measurements the concentration of pollutants in east part of the Gulf of Finland. *Izvestiya SPb GETU «LETI»* [Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University]. 2017, no. 4, pp. 72-78. (In Russian)
2. Miroshnichenko E.P. Assessment of influence of bottom sediments contamination on quality of rivers [International

Research Journal]. 2013, no. 4-2 (11), pp. 108-110. (In Russian)

3. Kenzhegaliev A., Sarsenov K.K., Kenzhegalieva D.A. Phytoplankton state on the Zhambay structure. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas complex]. 2015, no. 1, pp. 19-22. (In Russian)

4. Kenzhegaliev A., Kalimanova D.Zh., Mukhanaliev S.M. The content of heavy metals and petroleum products in the bottom sediments of the eastern part of the Northern Caspian. *Vestnik MANEB* [Bulletin MANEB]. 2009, no. 2, pp. 50-52. (In Kazakhstan)

5. Zharikov V.V. Influence of dumping on the geoecological state of Nakhodka Bay. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources]. 2013, no. 4, pp. 37-45. (In Russian)

6. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice. 2001. Lelystad, RIZA report, 2002, 77 p.

7. Canadian sediment quality tables. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001, 5 p.

8. Kenzhegaliev A., Cherdobaev M.T., Orekeshev S.S., Suesinov T.M., Kenzhegariev S.E. Study of bottom sediments in the area of the Tub-Karagan Bay. *Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii nauk Ekologii i Bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti* [Herald of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety]. 2018, vol. 23, no. 10, pp. 58-62. (In Russian)

9. *Ekologicheskie monitoringovye issledovaniya okruzhayushchei sredy Severo-Vostochnogo Kaspiya pri osvoenii neftyanykh mestorozhdenii kompaniei NKOK N.V. v period s 2006 po 2016 gody* [Ecological monitoring studies of the environment of the North-Eastern Caspian Sea during the development of oil fields by NCOC N.V., from 2006 to 2016]. Алматы, NCOC N.V., KAPE Publ., 2018, 400 p. (In Kazakhstan)

10. [Industrial ecological control. Nautical Monitoring of Impact]. In: *Godovoi otchet po dannym 2017 g.* [Annual report on the data of 2017]. 2018, 1231 p. (In Kazakhstan)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Акмигали Кенжегалиев проанализировал собранные данные, обработал их и написал рукопись. Айнагул А. Абилгазиева собрала материал последнего года по загрязнению тяжелыми металлами района искусственных островов месторождения Кашаган. Айаужан К. Шахманова собрала материал последнего года по загрязнению тяжелыми металлами района искусственных островов месторождения Кашаган. Асылбек Ш. Канбетов собрал ранее опубликованные материалы по северо-восточной части Каспийского моря, проанализировал, оформил рукопись. Даурен К. Кулбатыров собрал ранее опубликованные материалы по северо-восточной части Каспийского моря, проанализировал, оформил рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Akimigali Kenzhegaliev analyzed the collected data, processed them and wrote the text. Ainagul A. Abylgazieva collected materials for testing in last year related to pollution with heavy metals in the area of artificial islands of the Kashagan field. Ayauzhan K. Shakhmanova collected material for testing in last year related to pollution with heavy metals in the area of artificial islands of the Kashagan field. Asylbek Sh. Kanbetov collected previously published materials on the north-eastern part of the Caspian Sea, conducted analyses and composed the text. Dauren K. Kulbatyrov collected previously published materials on the north-eastern part of the Caspian Sea, conducted analyses and composed the text. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.



С ПРАВИЛАМИ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ»

можете ознакомиться на сайте <http://ecodag.elpub.ru>

По всем интересующим Вас вопросам обращаться в редакцию журнала по контактам:

Гусейнова Надира Орджоникидзева, к.б.н., доцент, e-mail: dagecolog@mail.ru ,
моб. тел. +79285375323

Иванушенко Юлия Юрьевна, магистр экологии, e-mail: dagecolog@mail.ru ,
моб. тел. +79894778519

Адрес редакции: 367001, Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21, ООО «Институт прикладной экологии»,
тел./факс: +7(8722) 56-21-40

Учредитель журнала:

ООО Издательский Дом «КАМЕРТОН»

Соучредители журнала:

ООО «Институт прикладной экологии», ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

CONTACT INFORMATION: SCIENTIFIC JOURNAL "SOUTH RUSSIA: ECOLOGY, DEVELOPMENT"

If you have any questions, please contact the editorial office:

Nadira Guseynova Ordzhonikidzeva, Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor, e-mail: dagecolog@mail.ru, tel. +79285375323

Yuliya Ivanushenko Yuryevna, master of ecology, e-mail: dagecolog@mail.ru,
tel. +79894778519

Editorial address: 367001, Russia, Makhachkala, 21 Dakhadaeva st.,
tel. / fax: +7 (8722) 56-21-40

Founder of journal: The limited liability company Publishing House «Kamerton»

Cofounder of journal: State Institute of Applied Ecology and Dagestan State University

Издание зарегистрировано Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и
средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-25929 от 06.10.2006 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.

Adress: 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 27.08.2019.
Объем 19,05. Тираж 100. Заказ № 49.
Формат 70x90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии ИПЭ РД
г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21