

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 № 1 2019

ISSN 1992-1098
e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ:

ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.14 no. 1 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), ВИНИТИ, 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, Open Archives Initiative.



**ЮГ РОССИИ:
ЭКОЛОГИЯ,
РАЗВИТИЕ**

Учредитель журнала:
ООО Издательский Дом «КАМЕРТОН»
Соучредители журнала:
ООО «Институт прикладной экологии»,
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Асадулаев Загирбег Магомедович, доктор биологических наук, профессор, директор Горного ботанического сада Дагестанского научного центра РАН, академик РЭА (Махачкала, Россия)

Гаджиев Алимурад Ахмедович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, директор Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, член-корреспондент РЭА (Махачкала, Россия)

Кочуров Борис Иванович, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института географии РАН (Москва, Россия)

Рабазанов Нухади Ибрагимович, доктор биологических наук, профессор, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН, академик РЭА (Махачкала, Россия)

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Чибилёв Александр Александрович, доктор географических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель Института степи Уральского отделения Российской академии наук (Оренбург, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЕ СЕКРЕТАРИ:

Гасангаджиева Азиза Гусейновна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и биоразнообразия, начальник Учебно-методического управления Дагестанского государственного университета, академик РЭА (Махачкала, Россия)

Гусейнова Надира Орджоникидзевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия Дагестанского государственного университета, член-корреспондент РЭА (Махачкала, Россия)

Иванушенко Юлия Юрьевна, магистр экологии, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Теймуров Абдулгамид Абулкасумович, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия Дагестанского государственного университета, член-корреспондент РЭА (Махачкала, Россия)

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР:

Юсупов Юсуп Газимагомедович, магистр экологии, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)



**SOUTH OF
RUSSIA:
ECOLOGY,
DEVELOPMENT**

Founder of journal:

The limited liability company Publishing House «Kamerton»

Editor-in-chief of the Publishing House «Kamerton»

professor Boris I. Kochurov

Cofounder of journal:

State Institute of Applied Ecology

Dagestan State University

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF:

Alexander M. Shestopalov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Acting Director of the Research Institute of Experimental and Clinical Medicine (Novosibirsk, Russia)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Zagirbeg M. Asadulaev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of Mountain Botanical Garden of the Dagestan scientific center of the RAS, Academician of the Russian Ecological Academy (Makhachkala, Russia)

Alimurad A. Gadzhiev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the department of ecology, Director of the Institute Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University, Corresponding member of the Russian Ecological Academy (Makhachkala, Russia)

Boris I. Kochurov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading researcher of the Institute of Geography of the RAS (Moscow, Russia)

Nukhkadi I. Rabazanov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Caspian Institute of biological resources of the Dagestan Scientific Center of the RAS, Academician of the Russian Ecological Academy (Makhachkala, Russia)

SCIENTIFIC EDITOR

Aleksander A. Chibilev, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science,

Scientific Director of the Steppe Institute of the Ural Branch of the RAS (Orenburg, Russia)

EDITORIAL EXECUTIVE SECRETARY:

Aziza G. Gasangadzhieva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and Biodiversity, Head of the Educational-methodical Department of the Dagestan State University, Academician of the Russian Ecological Academy (Makhachkala, Russia)

Nadira O. Guseynova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Biodiversity of the Dagestan State University, Corresponding member of the Russian ecological academy (Makhachkala, Russia)

Yuliya Yu. Ivanushenko, Master of Ecology, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Abdulgamid A. Teymurov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Biodiversity of the Dagestan State University, Corresponding member of the Russian ecological academy (Makhachkala, Russia)

TECHNICAL EDITOR:

Yusup G. Yusupov, Master of Ecology, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

Грачёв В.А., д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, Президент Российской экологической академии, Президент экологического Фонда имени В.И. Вернадского (Москва, Россия)

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ

Гутенев В.В., д.т.н., профессор Российской академии государственной службы при Президенте РФ (Москва, Россия)

Залиханов М.Ч., д.г.н., профессор, академик РАН (Москва, Россия)

Магомедов М.Д., д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник лаборатории животных Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (Махачкала, Россия)

Матишов Г.Г., д.г.н., профессор, академик РАН, председатель Президиума Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону, Россия)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Алекперов И.Х., д.б.н., профессор, член-корреспондент Национальной Академии наук Азербайджана, заведующий лабораторией Института Зоологии НАН Республики Азербайджан (Баку, Азербайджан)

Алексеев А.Ю., к.б.н., старший научный сотрудник, и.о. руководителя лаборатории разработки и испытаний фармакологических средств, Федеральный исследовательский центр Фундаментальной и трансляционной медицины (Новосибирск, Россия)

Асхабов А.М., д.г.-м.н., профессор, академик РАН, Коми научный центр РАН (Сыктывкар, Россия)

Амиров Р.А., к.э.н., доцент кафедры менеджмента Дагестанского государственного университета (Махачкала, Россия)

Зайцев В.Ф., д.с.-х.н., профессор Астраханского государственного технического университета (Астрахань, Россия)

Замотайлов А.С., д.б.н., профессор кафедры фитопатологии, энтомологии и защиты растений Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

Канбетов А.Ш., к.б.н., директор Каспийского исследовательского института НАО «Атырауский университет нефти и газа» (Атырау, Казахстан)

Касимов Н.С., д.г.н., профессор, академик РАН, Президент географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Клюшин П.В., д.с.-х.н., профессор, Государственный университет по землеустройству, член РАЕН (Москва, Россия)

Крооненберг С.Б., профессор Дельфтского технологического университета (Нидерланды), Почетный профессор Московского Государственного Университета (Дельфт, Нидерланды)

Миноранский В.А., д.с.-х.н., профессор кафедры зоологии Южного Федерального университета (Ростов-на-Дону, Россия)

Онипченко В.Г., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой геоботаники биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Пименов Ю.Т., д.х.н., профессор, Президент Астраханского государственного технического университета (Астрахань, Россия)

Рабаданов М.Х., д.ф.-м.н., профессор, ректор Дагестанского государственного университета (Махачкала, Россия)

Салманов М.А., д.б.н., профессор, директор Института Микробиологии НАН Республики Азербайджан, академик НАН Азербайджана (Баку, Азербайджан)

Трифонов Т.А., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой экологии, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (Владимир, Россия)

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

Шхагапсоев С.Х., д.б.н., профессор кафедры ботаники Кабардино-Балкарского государственного университета (Нальчик, Россия)

EDITORIAL COUNCIL

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL COUNCIL:

Vladimir A. Grachev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, President of the Russian ecological academy, President of V.I. Vernadsky Non-Governmental Ecological Foundation (Moscow, Russia)

THE CO-CHAIRS OF THE EDITORIAL COUNCIL:

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

Mikhail Ch. Zalikhanov, Doctor of Geographical sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science (Moscow, Russia)

Magomedrasul D. Magomedov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding member of the RAS, Chief Researcher of laboratory animals of the Caspian Institute of biological resources of the Dagestan Scientific Center of the RAS (Makhachkala, Russia)

Gennady G. Matishov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Presidium of the Southern Scientific Center RAS (Rostov-on-Don, Russia)

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Ilham Kh. Alakbarov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Correspondent Member of the NAS of the Republic of Azerbaijan, Head of laboratory of Institute of Zoology of the NAS of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

Alexander Yu. Alekseev, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Acting Head of the Laboratory for the Development and Testing of Pharmacological Agents, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine (Novosibirsk, Russia)

Askhab M. Askhabov, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science, Chairman of the Presidium of the Komi Scientific Center of the RAS (Syktyvkar, Russia)

Rasul A. Amirov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Department of Management, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Vyacheslav F. Zaitsev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

Aleksandr S. Zamotailov, Doctor of Biological Sciences, Professor of Department of Phytopathology, Entomology and Plant protection, Kuban State Agrarian University (Astrakhan, Russia)

Assylbek Sh. Kanbetov, Candidate of Biological Sciences, Director of the Caspian Research Institute of the Atyrau University of Oil and Gas (Atyrau, Kazakhstan)

Nikolay S. Kasimov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, President of the Faculty of Geography of the Moscow State University M.V. Lomonosov (Moscow, Russia)

Pavel V. Klyushin, Doctor of Agricultural Science, Professor, State University of Land Use Planning, member of the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow, Russia)

Salomon B. Kroonenberg, Professor of the Delft University of Technology (Netherlands), Honorary Professor of Moscow State University (Delft, Netherlands)

Victor A. Minoranskii, Doctor of Agriculture Science, Professor of the Department of Zoology of the Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

Vladimir G. Onipchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Geobotany of the Moscow State University M.V. Lomonosov (Moscow, Russia)

Yuriy T. Pimenov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, President of the Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

Murtazali Kh. Rabadanov, Doctor of Physical-Mathematical Sciences, Professor, Rector of the Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Mamed A. Salmanov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

Tatyana A. Trifonova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Vladimir State University (Vladimir, Russia)

Falk Huettmann, Associate Professor of Wildlife Ecology Institute of Arctic Biology, University of Alaska Fairbanks (Alaska, USA)

Safarbi Kh. Shkhagapsoev, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Botany of the Kabardino-Balkaria State University (Nalchik, Russia)



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Жигалин А.В., Гаджиев А.А., Даудова М.Г., Салимханов Н.Г., Шестопалов А.М.*
ЭКОЛОГИЯ РУКОКРЫЛЫХ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ ЮГА СИБИРИ.....9-25
- Лебедев Е.Б., Левенец И.Р.*
ФАУНА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: GASTROPODA, BIVALVIA) НА ЛИТОРАЛИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ).....26-41
- Селионова М.И., Михайленко А.К., Чижова Л.Н., Чотчаева Ч.Б., Суржикова Е.С.*
МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ОВЕЦ И ИХ КОРРЕКЦИЯ
В УСЛОВИЯХ ЙОДОДЕФИЦИТА.....42-53

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Ахмедова Л.Ш., Гусейнова Н.О.*
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ
ОДНОРОДНОСТИ (НЕОДНОРОДНОСТИ) В ЦЕЛЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОСФЕРНОЙ
МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОСИСТЕМ ДАГЕСТАНА.....54-66
- Куропан С.А., Яковенко Н.В., Федотов В.И., Михно В.Б., Костылева Л.Н.*
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СУБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ЧЕРНОЗЕМЬЯ.....67-80
- Воробьев Е.В., Усова Е.В., Орехова Ю.В.*
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ ИОНОВ
МАРГАНЦА, МЕДИ, НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНУЮ
РЕКУ МИУС В ПЕРИОД С 2003 ПО 2017 ГОДЫ.....81-93

ЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Несветаев М.Ю.,
Верин А.Ю., Мищенко Н.В.*
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ИНДИКАТОРЫ.....94-104

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Лошаков А.В., Ключин П.В., Широкова В.А., Хуторова А.О., Савинова С.В.*
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПЕРВОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ.....105-116

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Чибилёв А.А. (мл.), Чибилёв А.А.*
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ
ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ
ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ.....117-125
- Тамахина А.Я., Ахжубекова А.А., Иттиев А.Б.*
ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АЛЛАНТОИНА В ПОДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЕ
ВИДОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ
РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ.....126-136



<i>Алексеев А.Ю., Мурашкина Т.А., Джамалутдинов Дж.М., Абдуллаев С.С., Ахмедрабаданов Х.А., Шаршов К.А.</i> АНАЛИЗ МИГРАЦИЙ ПТИЦ ВОДНОГО И ОКОЛОВОДНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК МОНИТОРИНГА ГРИППА ТИПА А.....	137-149
<i>Дзюба Е.В., Кондратов И.Г., Кирильчик С.В., Ханаев И.В., Деникина Н.Н., Небесных И.А., Богданов Б.Э., Полюнов В.А., Кулакова Н.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СПЕКТРОВ РЫБ.....	150-158
<i>Макаров Д.В., Кантор Е.А., Красулина Н.А., Греб А.В., Бережнова З.З.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ ПИТЬЕВЫХ И ИСХОДНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ARIMA-МОДЕЛИ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	159-168
<i>Мишвелов Е.Г., Бакуменко И.А.</i> ВИДОВАЯ СТРУКТУРА УЛОВОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ В ВОДОЕМАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПЕРИОДА КОНЦА XX – НАЧАЛА XXI ВЕКОВ.....	169-177

ЮБИЛЕИ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

ПРЕЗИДЕНТУ ФГБОУ ВО «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», ЗАСЛУЖЕННОМУ РАБОТНИКУ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПИМЕНОВУ ЮРИЮ ТИМОФЕЕВИЧУ – 75 ЛЕТ!.....	178-180
--	---------

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....181

CONTENTS

ECOLOGY OF ANIMALS

<i>Zhigalin A.V., Gadzhiev A.A., Daudova M.G., Salimkhanov N.G., Shestopalov A.M.</i> ECOLOGY OF CHIROPTERA BATS IN ALTAI-SAYAN REGION OF SOUTHERN SIBERIA.....	9-25
<i>Lebedev E.B., Levenets I.R.</i> FAUNA AND DISTRIBUTION OF GASTROPOD AND BIVALVE MOLLUSKS (MOLLUSCA: GASTROPODA, BIVALVIA) IN THE LITTORAL ZONE OF THE FAR EAST MARINE BIOSPHERE RESERVE (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN).....	26-41
<i>Selionova M.I., Mikhailenko A.K., Chizhova L.N., Chotchaeva Ch.B., Surzhikova E.S.</i> MORPHOBIOCHEMICAL FUNCTIONS OF THE SHEEP ORGANISM AND THEIR ADJUSTMENT IN THE CONDITIONS OF IODINE DEFICIENCY.....	42-53

GEOECOLOGY

<i>Akhmedova L.Sh., Guseynova N.O.</i> STATISTICAL ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE HYPSONETRIC UNIFORMITY (NON-UNIFORMITY) FOR THE REALIZATION OF THE GEOSPHERE MODEL OF STABILITY OF GEOSYSTEMS IN DAGHESTAN.....	54-66
<i>Kurolap S.A., Yakovenko N.V., Fedotov V.I., Mikhno V.B., Kostyleva L.N.</i> GEOECOLOGICAL DIAGNOSTICS OF THE REGIONS IN THE CENTRAL BLACK SOIL REGION.....	67-80
<i>Vorobyov E.V., Usova E.V., Orekhova Yu.V.</i> ANALYSIS OF DYNAMICS AND SOURCES OF MANGANESE, COPPER, NICKEL AND ALUMINUM IONS FOUND IN THE TRANS-BORDER MIUS RIVER DURING THE PERIOD FROM 2003 TO 2017.....	81-93



LANDSCAPE ECOLOGY

*Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Nesvetaev M.Yu.,
Verin A.Yu., Mishchenko N.V.*

DIFFERENTIATION OF STRUCTURE LANDSCAPE AND ENVIRONMENTAL
INDICATORS.....94-104

AGROCULTURAL ECOLOGY

Loshakov A.V., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TREATMENT OF SALINE LANDS FOR
AGRICULTURAL NEEDS IN THE FIRST AGRO-CLIMATIC ZONE
OF THE STAVROPOL TERRITORY.....105-116

BRIEF REPORTS

Chibilyov A.A. (jr.), Chibilyov A.A.

CURRENT STATE AND PROBLEMS OF MODERNIZATION OF ECOLOGICAL
FRAMEWORK OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF EUROPEAN RUSSIA.....117-125

Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A., Ittiev A.B.

ACCUMULATION BEHAVIOUR OF ALLANTOIN IN THE UNDERGROUND
PHYTOMASS OF THE BORAGINACEAE FAMILY AND ITS ROLE IN ADAPTING
THE PLANTS TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS.....126-136

Alekseev A.Yu., Murashkina T.A., Jamalutdinov J.M., Abdullaev S.S.,

Akhmedrabadanov Kh.A., Sharshov K.A.

ANALYSIS OF MIGRATION OF AQUATIC AND SEMIAQUATIC BIRDS
ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN AND JUSTIFICATION
OF THE CHOICE OF KEY POINTS OF MONITORING OF INFLUENZA A VIRUS.....137-149

Dzyuba E.V., Kondratov I.G., Kirilchik S.V., Khanaev I.V., Denikina N.N.,

Nebesnykh I.A., Bogdanov B.E., Polynov V.A., Kulakova N.V.

PROBLEMS OF USING MOLECULAR-GENETIC METHODS FOR THE STUDY
OF FISH FEEDING.....150-158

Makarov D.V., Kantor E.A., Krasulina N.A., Greb A.V., Berezhnova Z.Z.

FORECASTING VALUES OF CHROMATICITY OF DRINKING AND SOURCE
WATERS USING ARIMA-MODEL AND NEURAL NETWORK.....159-168

Mishvelov E.G., Bakumenko I.A.

SPECIES COMPOSITION OF COMMERCIAL FISH CATCHES IN WATER
BODIES OF THE STAVROPOL TERRITORY FOR THE PERIOD
OF THE LATE XX – EARLY XXI CENTURIES.....169-177

ANNIVERSARIES AND MEMORABLE DATES

YURI TIMOFEEVICH PIMENOV, PRESIDENT OF THE ASTRAKHAN STATE
TECHNICAL UNIVERSITY, HONORARY FIGURE OF RUSSIAN HIGHER
EDUCATION, CELEBRATES HIS 75TH BIRTHDAY!.....178-180

CONTACT INFORMATION.....181



ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Обзорная статья / Review article

УДК: 599.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-9-25

ЭКОЛОГИЯ РУКОКРЫЛЫХ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ ЮГА СИБИРИ

¹Александр В. Жигалин*, ^{2,3}Алимурад А. Гаджиев, ²Мадина Г. Даудова,

²Нажмудин Г. Салимханов, ^{4,5}Александр М. Шестопалов

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия, alex-zhigalin@mail.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Махачкала, Россия

⁴Научно-исследовательский институт экспериментальной и клинической медицины,
Новосибирск, Россия

⁵Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
Новосибирск, Россия

Резюме. Целью настоящей работы стало обобщение имеющихся данных по фауне рукокрылых Алтай-Саянского региона и их зоогеографический анализ. **Обсуждение.** Хироптерофауна Алтай-Саянской горной страны включает представителей 13 видов. Полученные данные по распространению летучих мышей региона позволили впервые провести зоогеографический анализ Хироптерофауна Алтай-Саянской горной страны. Фаунистический комплекс рукокрылых района исследований и прилежащих к нему территорий представлен бореальными, европейскими и центральноазиатскими видами. Кластерный анализ, выполненный на основе расчета коэффициента Жаккара, позволил выделить два основных хироптерологических комплекса: Алтай-Саянский и Убсунурский. Проведенная нами граница между этими комплексами совпадает или находится вблизи биогеографических границ, проводимых для различных групп позвоночных и беспозвоночных животных, а также растений. **Заключение.** На территории Алтай-Саянской горной страны обитают 13 видов летучих мышей из 6 родов, относящихся к семейству Гладконосых. Наиболее распространенными видами являются: ночница восточная – *Myotis petax* Hollister, 1912; ночница сибирская – *Myotis sibiricus* Kastschenko, 1905; ночница Иконникова – *Myotis ikonnikovi* Ognev, 1912; северный кожанок – *Eptesicus nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839; двухцветный кожан – *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758; ушан Огнева – *Plecotus ognevi* Kishida, 1927. В фауне региона граница между двумя хироптерологическими комплексами (Алтай-Саянский и Убсунурский) проходит по Куртушибинско-Усинской провинции.

Ключевые слова: хироптерофауна, Алтай-Саянская горная страна, хироптерологические комплексы, Гладконосые летучие мыши, ночница.

Формат цитирования: Жигалин А.В., Гаджиев А.А., Даудова М.Г., Салимханов Н.Г., Шестопалов А.М. Экология рукокрылых Алтай-Саянской горной страны юга Сибири // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.9-25. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-9-25



ECOLOGY OF CHIROPTERA BATS IN ALTAI-SAYAN REGION OF SOUTHERN SIBERIA

¹Alexander V. Zhigalin*, ^{2,3}Alimurad A. Gadzhiev, ²Madina G. Daudova,

²Nazhmudin G. Salimkhanov, ^{4,5}Alexander M. Shestopalov

¹Tomsk National Research State University, Tomsk, Russia, alex-zhigalin@mail.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Makhachkala, Russia

⁴Scientific Center for Clinical and Experimental Medicine, Novosibirsk, Russia

⁵Novosibirsk State University (National Research University), Novosibirsk, Russia

Abstract. *Aim.* The aim of this work is to summarize the available data on zoogeographic analysis and fauna of the bats of the Altai-Sayan region. *Discussion.* The chiropterofauna of the Altai-Sayan highlands includes the representatives of 13 species. The obtained data on the distribution of bats in the region made it possible for the first time to carry out a zoogeographic analysis of the chiropterofauna of the Altai-Sayan highland. The faunal complex of bats in the study area and adjacent territories is represented by boreal, European and Central Asian species. The cluster analysis by Jaccard coefficient allowed us to distinguish two main chiropterological complexes: Altai-Sayan and Ubsunur. Our boundary between these complexes coincides or is close to the biogeographic boundaries drawn for various groups of vertebrates and invertebrates, as well as plants. *Conclusion.* Altai-Sayan territory is inhabited by 13 bat species of six genera belonging to Vespertilionidae family. The most common species are the following: eastern water bat – *Myotis petax* Hollister, 1912; Siberian bat – *Myotis sibiricus* Kastschenko, 1905; Ikonnikov's bat – *Myotis ikonnikov* Ognev, 1912; Northern bat – *Eptesicus nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839; Parti-coloured bat – *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758; Ognev's long-eared bat – *Plecotus ognevi* Kishida, 1927. In the fauna of the region, the boundary between two chiropterological complexes (Altai-Sayan and Ubsunur) runs through Kurtushibinsk-Usinsk province.

Keywords: chiropterofauna, Altai-Sayan region, chiropterological complexes, Vesper bats, mouse-eared bat.

For citation: Zhigalin A.V., Gadzhiev A.A., Daudova M.G., Salimkhanov N.G., Shestopalov A.M. Ecology of chiroptera bats in Altai-Sayan region of Southern Siberia. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 9-25. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-9-25

ВВЕДЕНИЕ

Изучение биоразнообразия, как свойства живых систем, является необходимым условием решения ряда фундаментальных проблем современной биологии [1-3]. Познавание различных аспектов биоразнообразия обусловлено как необходимостью систематизации разнообразия, так и пониманием функционирования живых систем на всех уровнях организации. При этом полнота научных данных о разнообразии организмов, их взаимодействиях между собой и окружающей средой обязательны для разработки эффективных природоохранных мероприятий. Биоразнообразие различных групп живых организмов исследовано в разной степени. К числу мало изученных групп относятся животные отряда рукокрылые.

Интерес к этой группе животных высок не только у зоологов и экологов, но и у специалистов смежных специальностей (вирусологов, инфекционистов, эпидемиологов). Это обусловлено тем, что как оказалось рукокрылые являются природным резервуаром



многих новых, том числе и особо опасных, вирусных патогенов. В настоящее время установлено, что животные семейства рукокрылые являются резервуаром филовирсов (Эбола, Рестон), вирусов, относящихся к пара- и ортовирсам (в том числе гриппа), коронавирусов и возможно многих других. В связи с этим знание видового состава и экологии семейства рукокрылых является не только фундаментальной научной задачей, но имеет и практический интерес [4].

Для ряда регионов до настоящего времени остаются неизвестны не только особенности экологии летучих мышей, но и их фауна. Последнее обстоятельство объясняется пересмотром систематики рукокрылых в последние десятилетия [5-8]. Среди рукокрылых Алтае-Саянской горной страны подобные изменения коснулись двух родов: *Myotis* и *Plecotus*, для ряда представителей которых не установлены границы распространения [9-11].

Алтае-Саянская горная страна, расположенная в западной части гор Южной Сибири, относится к числу центров биоразнообразия (hotspots of biodiversity). Алтае-Саянская горная страна является важным для сохранения регионом и включена в международные программы «Global 200» [12], «Frontier forests» [13], «Last of the wild» [14].

Интерес к изучению биоразнообразия этого региона обусловлен рядом причин:

- 1) представлен широкий спектр условий обитания;
- 2) имеются как практически не тронутые человеком территории, так и подвергшиеся интенсивной антропогенной нагрузке;
- 3) многие группы живых организмов, в том числе и летучие мыши, изучены недостаточно [15; 16].

Целью настоящей работы стало обобщение имеющихся данных по фауне рукокрылых Алтае-Саянского региона и их зоогеографический анализ.

ОБСУЖДЕНИЕ

История изучения летучих мышей Алтае-Саянской горной страны достаточно продолжительная. Одним из первых исследователей, представивших данные по этой группе в регионе, стал П.С. Паллас [17]. Н.Ф. Кащенко [18] приведены данные по фауне рукокрылых Алтае-Кузнецко-Салаирской части региона, составлен видовой состав. Им же описаны подвид сибирский трубконос *Murina hilgendorfi sibirica* Kastschenko, 1905 и вид ночница сибирская *M. sibiricus* Kastschenko, 1905. Недавно вновь доказана их видовая самостоятельность [11]. Информация по летучим мышам региона также была представлена в работах С.И. Огнева [19] и А.П. Кузякина [20].

Целенаправленные исследования рукокрылых отдельных территорий региона, чаще всего Кузнецкого Алатау и сопредельных с ним территорий, начались во второй половине прошлого века [21-24]. Самые продолжительные и многосторонние работы по изучению фауны, экологии и палеонтологии летучих мышей проводились и продолжают проводиться в государственном природном заповеднике «Столбы» [25-29]. В последние десятилетия детально изучена фауна рукокрылых и некоторые аспекты экологии отдельных видов на Алтае, Кузнецком Алатау и Салаире [30-33]. Есть немногочисленные данные по летучим мышам Тывы [34; 35]. Обобщающие работы по фауне и экологии рукокрылых региона до настоящего времени отсутствовали.

Ночница восточная – *Myotis petax* Hollister, 1912. Ранее восточная ночница рассматривалась как группа подвидов ночницы водяной *M. daubentonii* s. l. Использование данных генетического и морфологического анализа позволили установить ее видовую самостоятельность [36]. Распространена в лесной, лесостепной и степной зонах от восточного Казахстана и Западной Сибири до Сахалина, Курильских островов и Японии, на юг до Тывы, Монголии, северной части Китая, Корея [7; 36].

В горной стране обнаружена на Алтае, Салаире, Кузнецком Алатау, Западном и Восточном Саяне, хр. Танну-Ола, Восточно-Тувинском плато, Минусинской, Убсунурской, Тувинской, Турано-Уюкской и Усинской котловинах [15; 26; 29].



Усатая ночница – *Myotis mystacinus* Kuhl, 1817. Состав вида значительно пересмотрен во второй половине прошлого века [37]. Вид включен в Красную книгу Республики Алтай. Восточнее Урала вид не обитает [7].

Ночница Брандта – *Myotis brandtii* Eversmann, 1845. До недавнего времени рассматривалась в комплексе с ночницей сибирской. Вид включен в Красную книгу Республики Алтай. Восточнее р. Обь вид не обитает [11].

Ночница непальская – *Myotis nipalensis* Dobson, 1871. Ранее входила в состав *M. mystacinus* s. l., видовой статус получен на основании морфологических данных [37]. Обитание вида в Туве и Хакасии не нашло подтверждения при проведении фаунистических и генетических исследований [7; 38].

Ночница сибирская – *Myotis sibiricus* Kastschenko, 1905. Ранее рассматривалась как подвид ночницы Брандта *M. brandtii* s. l. Последние данные, полученные в ходе использования молекулярно-генетических методов, позволили установить видовую самостоятельность сибирской ночницы [11]. Показана также генетическая идентичность *M. sibiricus* Kastschenko, 1905 и *M. gracilis* Ognev, 1927 [11]. Опираясь на правила международного кодекса зоологической номенклатуры валидным названием необходимо признать – *Myotis sibiricus* Kastschenko, 1905 [11]. В целом, по имеющимся в литературе данным о регистрации *Myotis mystacinus*, *Myotis brandtii* и *Myotis nipalensis*, их в регионе стоит относить в большинстве случаев к *M. sibiricus*. Исключением может служить территория Тувы, где обитает близкая по морфологии *M. davidii*.

Ареал *Myotis sibiricus* охватывает лесную зону от р. Обь и Алтая до Приморья, Сахалина, Курил, Камчатки, Японии и Кореи [39]. Вид отмечен повсеместно на равнинных участках рассматриваемого региона, в лесной и лесостепной зоне горных хребтов присутствует до верхней границы леса [15; 28; 29].

Ночница степная – *Myotis davidii* Peters, 1869. Ранее рассматривалась в качестве подвидов ночницы усатой *M. mystacinus* s. l., однако использование молекулярно-генетических методов и детальный анализ морфологии черепа и зубной системы позволил установить ее видовую самостоятельность [37; 40]. Валидным названием сначала признано *M. auraszens* Kuzyakin, 1935, в настоящее время – *M. davidii* Peters, 1869 [41].

Распространена от Малой Азии и Крыма до Тывы, Забайкалья, северо-востока Китая и Кореи [7; 37]. В регионе вид известен из Убсунурской котловины, хребта Монгун-Тайга и Западного Саяна [42].

Ночница Иконникова – *Myotis ikonnikovi* Ognev, 1912. Не конспецифична *M. muricola* Gray, 1846 [43]. Встречается на юге Средней и Восточной Сибири, Дальнего Востока, в Монголии, Северо-Восточном Китае, Кореи, Японии [7; 19; 20].

В исследуемом районе *Myotis ikonnikovi* зарегистрирована на Салаире, Кузнецком Алатау, Северо-Восточном, Северном и Северно-Западном Алтае, Западном Саяне и в Турано-Уюкской котловине [15; 31; 42]. В Средней Сибири отмечена на Восточном Саяне [26; 29]. Наша находка вида на р. Кия в Кузнецком Алатау позволяет отодвинуть ранее известную границу ареала на северо-запад.

Ночница длиннохвостая – *Myotis frater* G. Allen, 1923. В регионе представлена подвидом *M. frater eniseensis* Tsytsulina, Strelkov, 2001 [43]. Регистрируется в Южной Сибири, Северо-Восточном Китае и Японии. На территории России – юг Сибири и Дальнего Востока от Алтая до Приморья. Ареал сильно фрагментирован [7; 20].

Вид отмечен в Восточном Саяне [26], Алтае, Кузнецком Алатау и Салаире [15; 31], юго-востоке Южно-Минусинской котловины и в Западном Саяне [42].

Ночница прудовая – *Myotis dasycneme* Boie, 1825. Обитает в лесной и лесостепной зонах Северной и Восточной Европы, Западной Сибири и Казахстана. Встречается по поймам рек [7; 19; 20]. Ранее восточную границу ареала прудовой ночницы проводили от г. Красноярск по р. Енисей до Абакана, а далее на запад к г. Горно-Алтайск [22; 25], однако находка данного вида близ поселка Шушенское и в Туве [42] позволяет отодвинуть границу на юго-восток до оз. Убсу-Нур.



Ночница остроухая – *Myotis blythii* Tomes, 1857. Форма остроухой ночницы, обитающая на северо-западном Алтае, описана как новый подвид – *M. b. altaicus* [44; 45]. Краниологическое своеобразие *M. b. altaicus ssp. n.* позволяет предполагать возможность повышения таксономического ранга до самостоятельного вида [45]. В то же время генетический анализ не показал значимых различий между особями из Алтая и Средней Азии [11; 38].

Распространена от Средиземноморья через Кавказ, Переднюю и Центральную Азию до Южного Казахстана, Алтай, возможно – Северный Китай [7; 20].

На территории Алтае-Саянской горной страны обнаружена единственная, хотя и многочисленная, выводковая колония данного вида в пещере Летучих мышей у села Усть-Чагырка в Чарышском районе Алтайского края [46]. Немногочисленные группировки отмечаются в нескольких пещерах Северо-Западного Алтая [47].

Ушан Огнева – *Plecotus ognevi* Kishida, 1927. Кризис политипической концепции вида, зародившейся еще в начале XX столетия, назрел с появлением набора новых таксономических методов исследования [36; 48]. Этот кризис задел и такой вид, как ушан бурый *Plecotus auritus* Linnaeus, 1758 [48]. На основании генетических и морфометрических отличий из его состава, среди прочих, был выделен ушан Огнева [49].

Установленными территориями обитания ушана Огнева являются: Южная, Средняя и Восточная Сибирь, Дальний Восток (включая Сахалин и Курилы), северная Монголия, Маньчжурия [48; 49]. В горной стране вид отмечается повсеместно [15; 34; 38; 42; 47].

Вечерница рыжая – *Nyctalus noctula* Schreber, 1774. В регионе представлена подвидом *N. n. mecklenburcevi* Kuziakin, 1934.

Обитает в Европе, Северной Африке, Азии на север до Казахстана, Алтая, на восток до Гималаев. В России населяет умеренные и южные регионы Европейской части, Заволжья, юг Западной Сибири, Западный Алтай [7]. Вечерница отмечена на территории равнинной части Юго-Востока Западной Сибири [23], Салаире, Кулунде, Северо-Западном Алтае [15].

На территории Средней Сибири рыжая вечерница была обнаружена в 70-80-х годах Н.Д. Оводовым, который нашел остатки 6 особей при раскопках в одной из пещер Бирюсинского карстового участка [50]. В последующий период вид отмечался на юго-востоке минусинской котловины (п. Шушенское), Западном Саяне (п. Большая речка, Саяно-Шушенский природный биосферный заповедник) [51]. В Туве вид отмечался единожды на хребте Монгун-Тайга [34].

Кожанок северный – *Eptesicus nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839. В России представлен подвидом *E. n. nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839 [7].

Распространен на севере Евразии, на юге до Франции, Швейцарии, Кавказа, Гималаев, Тибета, Монголии, Кореи и Японии. Вид дальше других продвигается на север Евразии, где отмечается вплоть до границы леса [7; 19; 20].

В регионе вид отмечается повсеместно [15; 23; 42].

Кожанок гобийский – *Eptesicus gobiensis* Bobrinskoy, 1926. Выделен из состава северного кожанка [52], включает в себя кожанка Бобринского *E. bobrinskoi* Kuzyakin, 1935 [6].

Ареал охватывает Казахстан, Монголию, Иран, Афганистан, Таджикистан, Северо-Восточный Китай [52; 53]. В России отмечен в южной части Тывы [54]. Нами вид отмечен на южном макросклоне Западного Танну-Ола на р. Ирбитей и в Убсунурской котловине на р. Тес-Хем у деревни Ак-Эрик.

Двухцветный кожан – *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758. Видовое единство не подвергается сомнению. Подвидовая структура не определена [7]. Обитает в умеренном и субтропическом поясе Евразии от Европы через Переднюю и Центральную Азию, Южную Сибирь и Монголию до Дальнего Востока и Северо-Восточного Китая [7; 20].



В летний период вид отмечен на Салаире, Северо-Восточном Алтае, Кызальской котловине [15; 34], юго-востоке Минусинской котловины, в Убсунурской котловине, Западном Саяне [42].

Трубнонос сибирский – *Murina hilgendorfi* Peters, 1880. Ранее рассматривался в составе *M. leucogaster* Milne-Edwards, 1872, в регионе представлен подвидом *M. h. sibirica* Kastschenko, 1905 [7].

Распространен в Южной и Юго-восточной Сибири, Северном Китае, Приамурье, Приморье, на Сахалине, в Японии и возможно в Корее [7; 20].

В горной стране вид отмечен на Салаире, Кузнецком Алатау, Алтае, Западном и Восточной Саяне, Восточно-Тувинском нагорье [15; 26; 28; 54].

Таким образом, хироптерофауна Алтае-Саянской горной страны включает представителей 13 видов из 6 родов:

Род *Myotis* Каур, 1829 – Ночницы

1. *M. dasycneme* Boie, 1825 – ночница прудовая
2. *M. blythii* Tomes, 1857 – ночница остроухая
3. *M. petax* Hollister, 1912 – ночница восточная
4. *M. sibiricus* Kastschenko, 1905 – ночница сибирская
5. *M. ikonnikovi* Ognev, 1912 – ночница Иконникова
6. *M. davidii* Peters, 1869 – ночница степная
7. *M. frater* G. Allen, 1923 – ночница длиннохвостая

Род *Plecotus* E. Geoffroy, 1818 – Ушаны

1. *P. ognevi* Kishida, 1927 – ушан Огнева

Род *Nyctalus* Bowdich, 1825 – Вечерницы

1. *N. noctula* Schreber, 1774 – вечерница рыжая

Род *Eptesicus* Rafinesque, 1820 – Кожаны

1. *E. nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839 – кожанок северный
2. *E. gobiensis* Bobrinskoy, 1926 – кожанок гобийский

Род *Vespertilio* Linnaeus, 1758 – Двухцветные кожаны

1. *V. murinus* Linnaeus, 1758 – двухцветный кожан

Род *Murina* Gray, 1842 – Трубноносы

1. *M. hilgendorfi* Peters, 1880 – трубнонос сибирский

Фаунистический комплекс рукокрылых горной страны и прилежащих к ней территорий представлен бореальными, европейскими и центральноазиатскими видами.

К бореальной группе отнесены виды, места летнего обитания и места зимовок которых, расположены в средней и северной полосе восточной части Палеарктики. Группа включает в себя восточную, сибирскую, длиннохвостую ночниц, а также ночницу Иконникова, ушана Огнева, северного кожанка и трубноноса сибирского. В регионе это наиболее представительная группа по числу видов и обилию, составляющая основное ядро фауны. Алтае-Саянская горная страна, как и Урал [55], представляет собой крупнейшее место локализации этих видов в стране.

К европейским видам отнесены те представители хироптерофауны, которые обитают в исследуемом регионе в летнее время, а на зимовку в основной массе улетают в западную часть Палеарктики. Причина этого заключается в ярко выраженной бореальности региона и отсутствием мест для зимовок, которые бы удовлетворяли потребности этих видов [55]. К их числу относятся ночница прудовая, двухцветный кожан, остроухая ночница и вечерница рыжая.

К центральноазиатским видам отнесены виды аридной фауны, а именно ночница степная и гобийский кожанок, которые обитают в регионе на северной периферии своего ареала.

Полученные нами данные по распространению летучих мышей региона в совокупности с литературными данными [7; 15; 36; 42; 49; 56], позволили впервые провести зоогеографический анализ хироптерофауны Алтае-Саянской горной страны. В анализ включены материалы по физико-географическим провинциям, информация о фауне рукокры-



лых которых наиболее полная. Ввиду неполноты информации о распространении рукокрылых на территории Монгольского Алтая и невозможности ее трактовки в контексте современных представлений о систематике группы, данная область была полностью исключена из анализа.

В основу анализа положены данные о распространении видов в физико-географических провинциях, выделение которых основано, в том числе, и на ландшафтных характеристиках [57]. Последнее обстоятельство имеет большую значимость, так как ландшафт, с одной стороны, формируется в свойственных только для него условиях [58], с другой стороны, сам оказывает комплексное влияние на обитающих в его пределах живых организмов.

Кластерный анализ, выполненный на основе расчета коэффициента Жаккара, позволяет выделить два основных комплекса (рис. 1):

1. «Алтае-Саянский» – включает в себя провинции Алтая, Кузнецкого Алатау, Салаира, Восточного и Западного Саяна, Восточно-Тувинского нагорья и Южно-Минусинскую;

2. «Убсунурский» – представлен Убсунурской и Центрально-Тывинской провинциями.

В Алтае-Саянском комплексе, в свою очередь, можно выделить три кластера. Первый включает все горные провинции, за исключением Куртушибинско-Усинской, которая не была сгруппирована с другими провинциями. Южно-Минусинская провинция также представляет собой самостоятельную ветвь.

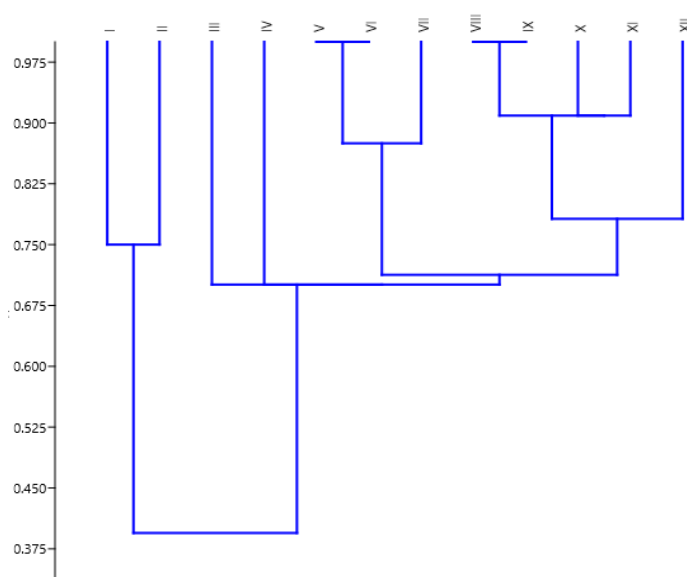


Рис.1. Кладограмма сходства между фаунами физико-географических провинций, построенная на основе коэффициента Жаккара методом UPGMA

Fig.1. Cladogram of similarity between the faunas of physiographic provinces based on Jaccard coefficient and the UPGMA method

Примечание: I – Убсунурская, II – Центрально-Тывинская, III – Куртушибинско-Усинская; IV – Южно-Минусинская, V – Араданская, VI – Амыльская, VII – Тоджинская, VIII – Манско-Казыкская, IX – Прителецкая, X – Чарышско-Бащелакская, XI – Кузнецко-Алатаусская и XII – Салаирская провинции.

Note: I – Ubsunurskaya, II – Centralno-Tyvinskaya, III – Kurtushibinsko-Usinskaya, IV – Yuzhno-Minusinskaya, V – Aradanskaya, VI – Amylskaya, VII – Todzhinskaya, VIII – Mansko-Kazykrskaya, IX – Priteletsкая, X – Charyshsko-Baschelakskaya, XI – Kuznetsko-Alatausskaya and XII – Salairskaya provinces.

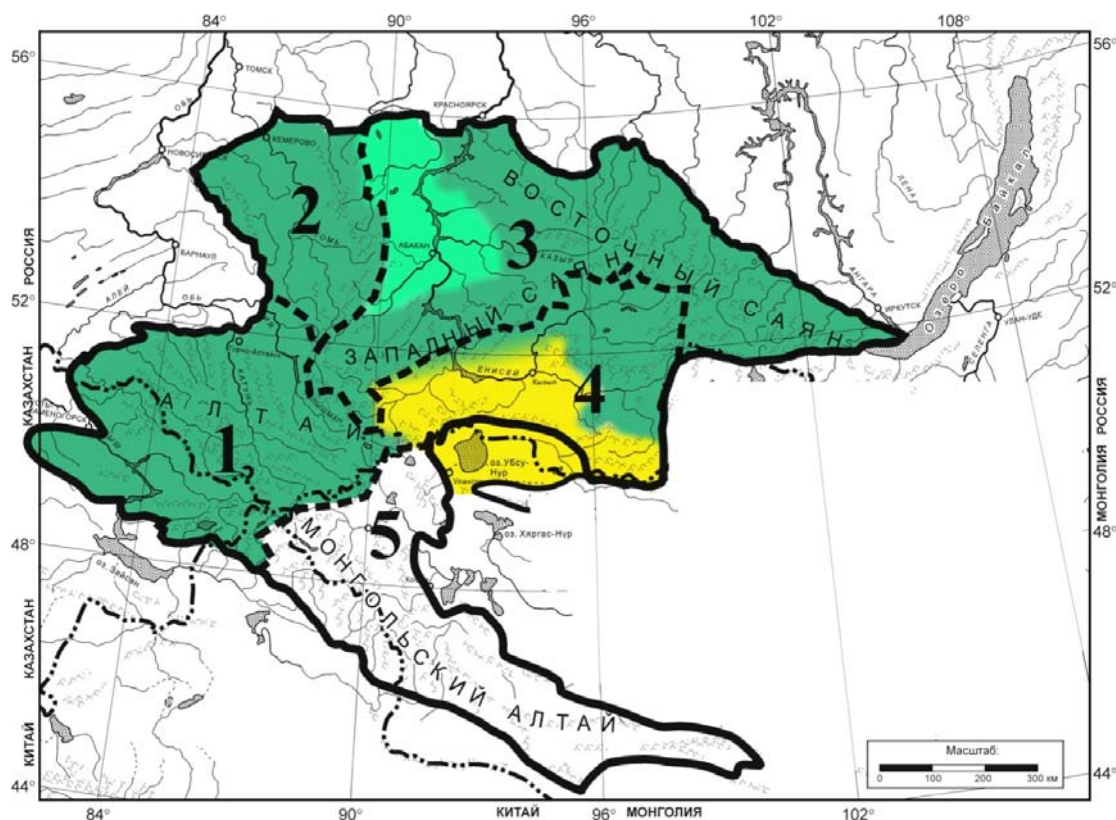


Таким образом, фауна рукокрылых региона представлена Алтае-Саянским и Убсунурским хироптерологическими комплексами (рис. 2).

Алтае-Саянский комплекс представлен Алтае-Саянским и Южно-Минусинским подкомплексом. Алтае-Саянский подкомплекс включает все бореальные и европейские виды, но характеризуется полным отсутствием центрально-азиатских представителей. В Южно-Минусинском подкомплексе не регистрируются центральноазиатские виды, а из бореальных видов отмечены только трубконос сибирский и ночница Иконникова.

Убсунурский комплекс сформирован восемью видами, среди которых большая часть европейских, четыре – бореальных и три – центрально-азиатских.

Максимальное перекрытие ареалов видов, формирующих хироптерологические комплексы, наблюдается в Куртушибинско-Усинской провинции, то есть от Западного Саяна до Тувинской котловины, что указывает на пограничность данной территории.



**Рис.2. Хироптерофаунистическое районирование территории
Алтае-Саянской горной страны**

Fig.2. Chiroptero-faunistic zoning of the Altai-Sayan highland region

Примечание: Границы Алтае-Саянской горной страны (сплошная линия) и ее ландшафтных областей (пунктирная линия): 1 – Алтайской, 2 – Кузнецко-Салаирской, 3 – Саянской, 4 – Тувинской, 5 – Монгольского Алтая [57]. Темно-зеленый цвет – Алтае-Саянский подкомплекс Алтае-Саянского хироптерологического комплекса, светло-зеленый цвет – Южно-Минусинский подкомплекс Алтае-Саянского хироптерологического комплекса, желтый цвет – Убсунурский хироптерологический комплекс.

Note: Borders of the Altai-Sayan highland (solid line) and its landscape areas (dashed line): 1 – Altai, 2 – Kuznetsko-Salairskaya, 3 – Sayan, 4 – Tuvinskaya, 5 – Mongolian Altai [57]. Dark green color – Altai-Sayan subcomplex of the Altai-Sayan Chiropterological Complex, light green color – Yuzhno-Minusinski subcomplex of the Altai-Sayan Chiropterological Complex, yellow color – Ubsunursky chiropterological complex.



В целом, проведенная нами граница между хироптероологический комплексами совпадает или находится вблизи биогеографических границ, проводимых для различных групп позвоночных и беспозвоночных животных, а также растений [59-64].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на территории Алтае-Саянской горной страны обитает 13 видов из 6 родов семейства Гладконосых летучих мышей. Наиболее распространенные из них ночница восточная, сибирская, Иконникова, северный кожанок, двухцветный кожан и ушан Огнева. Данная территория приходится на восточную периферию ареала вечерницы рыжей и ночницы прудовой и северную периферию кожанка гобийского и ночницы степной.

В фауне региона можно выделить два хироптероологических комплекса: Алтае-Саянский и Убсунурский. Граница между ними проходит по Куртушибинско-Усинской провинции. Наличие такого большого разнообразия видов рукокрылых на этой территории создает реальные предпосылки для выявления множества вирусных патогенов способных циркулировать у этих животных.

Огромная территория Юга Западной Сибири, в которую входит Алтай и Саяны находится практически в центре Евразийского континента на границе многих стран включая – Россию, Китай, Монголию, Казахстан, Киргизию. Учитывая, что миграции рукокрылых мало изучены и этот отряд животных является природным резервуаром многих уже выявленных патогенов изучение циркуляции различных вирусов у них представляет большой научный и практический интерес.

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

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивантер Э.В. Основы зоогеографии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. 500 с.
2. Cristescu M.E. From barcoding single individuals to metabarcoding biological communities: towards an integrative approach to the study of global biodiversity // Trends in Ecology and Evolution. 2014. V. 29. Iss. 10. P. 566-571. Doi: 10.1016/j.tree.2014.08.001
3. Theobald E.J., Ettinger A.K., Burgess H.K., DeBey L.B., Schmidt N.R., Froehlich H.E., Wagner C., HilleRisLambers J., Tewksbury J., Harsch M.A., Parrish J.K. Global change and local solutions: tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research // Biological Conservation. 2015. V. 181, P. 236-244. Doi: 10.1016/j.biocon.2014.10.021
4. Жигалин А.В. Фауна и экология рукокрылых (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) Алтае-Саянской горной страны и сопредельных территорий: автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук. Томск. 2018. 20 с.
5. Стрелков П.П. Кризис политипической концепции вида на примере рода *Plecotus* // *Plecotus et al.* 2006. N 9. С. 3-7.
6. Artyushin I.V., Lebedev V.S., Smirnov D.G., Krusko S.V. Taxonomic position of the Bobrinski's serotine (*Eptesicus bobrański*, Vespertilionidae, Chiroptera) // *Acta Chiropterologica*. 2012. V. 14. Iss. 2. P. 291-303. Doi: 10.3161/150811012X661620
7. Крусков С.В. Отряд Chiroptera. В кн.: Млекопитающие России: систематико-географический справочник // Павлинов И.Я., Лисовский А.А., ред. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2012. С. 73-126.



8. Крускоп С.В. Проблема вида и видовых границ у рукокрылых (Chiroptera; Mammalia). В кн.: Аспекты биоразнообразия. Сборник трудов Зоологического музея МГУ, И.Я. Павлинов сост. Т. 54. Москва: КМК, 2016. С. 161-190.
9. Matveev V.A., Krusko S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera) // Acta Chiropterologica. 2005. V. 7. N 1. P. 23-37.
10. Spitzenberger F.A., Haring E., Strelkov P.P., Winkler H. Preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results // Zoologica Scripta. 2006. V. 35. Iss. 3. P. 187-230. Doi: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x
11. Krusko S.V., Borisenko A.V., Ivanova N.V., Lim B.K., Eger J.L. Genetic diversity of North-eastern Palaearctic bats as revealed by DNA barcodes // Acta Chiropterologica. 2012. V. 14. N 1. P. 1-14. Doi: 10.3161/150811012X654222
12. Olson D.M., Dinerstein E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation // Annals of the Missouri Botanical garden. 2002. V. 89. N 2. P. 199-224.
13. Bryant D., Nielsen D., Tangle L., Sizer N., Miranda M., Brown P., Johnson N., Malk A., Miller K. The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge. What is the status of the world's remaining large, natural forest ecosystems? Washington: WRI, 1997. 39 p.
14. Sanderson E.W., Jaiteh M., Levy M.A., Redford K.H., Wannebo A.V., Woolmer G. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not // BioScience. 2002. V. 52. Iss. 10. P. 891-904. Doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2
15. Васеньков Д.А., Хританков А.М., Томиленко А.А., Потапов М.А. Фауна рукокрылых (Mammalia, Chiroptera) черневой тайги Кузнецкого Алатау // Научные труды Ассоциации заповедников и национальных парков Алтае-Саянского экорегиона «Мониторинг биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона», Новосибирск, 2008. Вып. 1. С. 34-38.
16. Виноградов В.В. Пространственно-временная организация сообществ мелких млекопитающих Приенисейской части Алтае-Саянской горной страны. Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2012. 284 с.
17. Pallas P.S. Zoogeographia Rosso-Asiatica. St. Petersburg: Petropolia, 1811. 658 p.
18. Кащенко Н.Ф. Обзор млекопитающих Западной Сибири и Туркестана. Томск: Типо-литография М.Н. Кононова, 1905. 102 с.
19. Огнев С.И. Звери Восточной Европы и Северной Азии. Л.: ГИЗ, 1928. 631 с.
20. Кузякин А.П. Летучие мыши. М.: Советская наука, 1950. 442 с.
21. Стуканова Т.Е. К экологии рукокрылых Западной Сибири // Проблемы экологии. 1976. Т. 4. С. 183-190.
22. Стуканова Т.Е. Места находок прудовой, водяной и усатой ночниц в Западной и Средней Сибири // Рукокрылые. М., 1980. С. 98-103.
23. Шубин Н.Г. Экология млекопитающих юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1991. 236 с.
24. Орлова Н.Г., Дмитриев В.Е., Рыбаков С.А. Условия и места зимовок рукокрылых на восточном склоне Кузнецкого Алатау // Экология наземных позвоночных Сибири. Томск: ТГУ, 1983. С. 53-59.
25. Оводов Н.Д. Пещерные зимовки летучих мышей в южных районах Сибири // Материалы IV совещания зоологов Сибири «Зоологические проблемы Сибири». Новосибирск: «Наука» Сибирское отделение, 1972. С. 439-440.
26. Хританков А.М., Мельникова В.И. Новая находка длиннохвостой ночницы в Сибири // Редкие наземные позвоночные Сибири. Шушенское, 1986. С. 17-21.



27. Хританков А.М., Оводов Н.Д. О долгожительстве ночниц Брандта (*Myotis brandtii* Eversmann) в Средней Сибири // *Plecotus et al.* 2001. N 4. С. 20-24.
28. Хританков А.М., Шишкин А.С. Естественные враги рукокрылых в Средней Сибири // *Труды государственного заповедника «Столбы»*. 2001. Вып. 17. С. 95-102.
29. Хританков А.М., Жигалин А.В. Немного истории и некоторые итоги изучения рукокрылых в заповеднике «Столбы» // *Труды государственного заповедника «Столбы»*. 2016. Вып. 20. С. 179-205
30. Агаджанян А.К., Росина В.В. Летучие мыши из плейстоценовых отложений Денисовой пещеры // *Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий*. 2001. Т. 7. С. 33-36.
31. Росина В.В. Летнее население летучих мышей (*Chiroptera*) пещер северо-западного Алтая // *Plecotus et al.* 2004. N 7. С. 63-71.
32. Васеньков Д.А., Томиленко А.А. Рукокрылые (*Chiroptera*) Тигирекского заповедника // *Труды Тигирекского заповедника*. 2005. N 1. С. 55-56.
33. Васеньков Д.А., Томиленко А.А., Потапова М.А. Некоторые аспекты пространственно-временного распределения рукокрылых (*Chiroptera*, *Mammalia*) в зимовочных пещерах юго-востока Западной Сибири // *Материалы конференции молодых ученых «Экология от генов до экосистем»*, Екатеринбург, 25-29 апреля 2005. Екатеринбург: Академкнига, 2005. С. 24-28.
34. Путинцев Н.И., Аракчаа Л.К. К фауне рукокрылых Тувы // *Рукокрылые (Chiroptera)*. М.: Наука, 1980. С. 104-105.
35. Красная книга Республики Тыва: Животные / науч. ред. Н. И. Путинцев. Новосибирск: СО РАН, 2002. 167 с.
36. Matveev V.A., Kruskop S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (*Vespertilionidae*, *Chiroptera*) // *Acta Chiropterologica*. 2005. V. 7. N 1. P. 23-37.
37. Benda P., Tsytsulina K.A. Taxonomic revision of *Myotis mystacinus* group (*Mammalia: Chiroptera*) in the western Palaearctic // *Acta Soc. Zool. Bohem.* 2000. V. 64. P. 331-398.
38. Жигалин А.В., Коробицын И.Г., Харинг Э. Видовой состав и современное распространение ночниц (*Myotis*, *Chiroptera*) Алтае-Саянской горной страны и Южного Урала по данным молекулярно-генетического анализа // *Принципы экологии*. 2016. Т. 5. N 3. С. 49.
39. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. Млекопитающие России: систематико-географический справочник. М.: Т-во научных изданий КМК, 2012. 707 с.
40. Tsytsulina K.A., Dick M.H., Maeda K., Masuda R. Systematics and phylogeography of the steppe whiskered bat *Myotis aurascens* Kuzyakin, 1935 (*Chiroptera*, *Vespertilionidae*) // *Russian Journal of Theriology*. 2012. V. 11. N 1. P. 1-20. Doi: 10.15298/rusjtheriol.11.1.01
41. Benda P., Faizolâhi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P., Ashrafi S. Bats (*Mammalia: Chiroptera*) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran // *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. 2012. N 76. P. 163-582.
42. Жигалин А.В., Хританков А.М. Рукокрылые ООПТ Алтае-Саянской горной страны // *Plecotus et al.* 2014. N 17. С. 85-95.
43. Tsytsulina K.A. *Myotis ikonnikovi* (*Chiroptera*, *Vespertilionidae*) and its relationships with similar species // *Acta chiropterologica*. 2001. V. 3. N 1. P. 11-19.
44. Стрелков П.П. Остроухие ночницы: распространение, географическая изменчивость, отличия от больших ночниц // *Acta Theriologica*. 1972. V. 17. Iss. 28. P. 355-380.
45. Дзевеин И.И., Стрелков П.П. Таксономический статус остроухих ночниц (*Myotis blythii*, *Chiroptera*, *Vespertilionidae*) с Алтая // *Зоологический журнал*. 2008. Т. 87. N 8. С. 973-982.
46. Стрелков П.П. Остроухие ночницы на Алтае // *Природа*. 1968. N 2. С. 59-61.



47. Кожурина Е.И. Конспект фауны рукокрылых России: систематика и распространение // *Plecotus et al.* 2009. N 11-12. С. 71-105.
48. Стрелков П.П. Кризис политипической концепции вида на примере рода *Plecotus* // *Plecotus et al.* 2006. N 9. С. 3-7.
49. Spitzenberger F.A., Strelkov P.P., Winkler H., Haring E. A preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results // *Zoologica Scripta*. 2006. V. 35. Iss. 3. P. 187-230. DOI: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x
50. Оводов Н.Д., Стрелков П.П. О находке рыжей вечерницы (*Nyctalus noctula*) в Средней Сибири // *Plecotus et al.* 2002. N 5. С. 81-85.
51. Жигалин А.В., Хританков А.М. Об изменении границы распространения вечерницы рыжей *Nyctalus noctula* Schreber, 1775 (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) в Сибири // *Российский журнал биологических инвазий*. 2016. Т. 9. N 1. С. 76-82.
52. Стрелков П.П. Гобийский кожанок (*Eptesicus gobiensis* Bobrinskoy, 1926) – новый вид рукокрылых фауны Палеарктики // *Зоологический журнал*. 1986. Т. 65. Вып. 7. С. 1103-1107.
53. Horáček I., Hanák V., Gaisler J. Bats of the Palearctic region: a taxonomic and biogeographic review // *Proceedings of the VIIIth EBRs*. 2000. V. 1. P. 11-157.
54. Хританков А.М., Путинцев Н.И. Новые находки рукокрылых в Сибири // *Plecotus et al.* 2004. Т. 7. С. 72-76.
55. Большаков В.Н., Орлов О.А., Снитко В.П. Летучие мыши Урала. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 175 с.
56. Ботвинкин А.Д. Летучие мыши в Прибайкалье (биология, методы наблюдения, охрана). Иркутск: Время странствий, 2002. 208 с.
57. Самойлова Г.С., Авессаломова И.А., Снитко В.А. Концепция физико-географического районирования как обоснование региональной дифференциации трансграничных территорий гор Южной Сибири // *Мир науки, культуры, образования*. 2008. N 5. С. 20-25.
58. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
59. Семенов-Тянь-Шанский А.П. Пределы и зоогеографические подразделения Палеарктической области для наземных сухопутных животных на основании географического распределения жесткокрылых насекомых. М.; Л., 1936. 16 с.
60. Пузанов И.И. Зоогеография. М.: Изд-во Наркомпроса РСФСР, 1938. 359 с.
61. Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. Л.: Наука, 1970. 372 с.
62. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. М.: Наука, 1978. 246 с.
63. Воронов А.Г., Дроздов Н.Н., Мяло Е.Г. Биogeография мира. М.: Высшая школа, 1985. 271 с.
64. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Наука, 1990. 638 с.

REFERENCES

1. Ivanter E.V. *Osnovy zoogeografii* [Basics of zoogeography]. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2012. 500 p. (In Russian)
2. Cristescu M.E. From barcoding single individuals to metabarcoding biological communities: towards an integrative approach to the study of global biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 2014, vol. 29, iss. 10, pp. 566-571. Doi: 10.1016/j.tree.2014.08.001
3. Theobald E.J., Ettinger A.K., Burgess H.K., DeBey L.B., Schmidt N.R., Froehlich H.E., Wagner C., HilleRisLambers J., Tewksbury J., Harsch M.A., Parrish J.K. Global change and local solutions: tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 2015. vol. 181, pp. 236-244. Doi: 10.1016/j.biocon.2014.10.021



4. Zhigalin A.V. *Fauna i ekologiya rukokrylykh (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) Altae-Sayanskoi gornoj strany i sopredel'nykh territorii*. Avtoref. Diss. na soisk. uch. step. kand. biol. nauk [Zhigalin A.V. The fauna and ecology of bats (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) of the Altai-Sayan mountainous country and adjacent territories. Abstract of thesis for the degree of Candidate biol. of science]. Tomsk, 2018, 20 p. (In Russian)
5. Strelkov P.P. The crisis of the polytypic species concept as illustrated by the genus *Plecotus*. *Plecotus et al.* 2006, no. 9, pp. 3-7. (In Russian)
6. Artyushin I.V., Lebedev V.S., Smirnov D.G., Krusko S.V. Taxonomic position of the Bobrinski's serotine (*Eptesicus bobrański*, Vespertilionidae, Chiroptera). *Acta Chiropterologica*, 2012, vol. 14, iss. 2, pp. 291-303. Doi: 10.3161/150811012X661620
7. Krusko S.V. Detachment of Chiroptera. In: *Mlekopitayushchie Rossii: sistematiko-geograficheskii spravochnik* [Mammals of Russia: systematic and geographical reference]. Moscow, KMK Publ., 2012, pp. 73-126. (In Russian)
8. Krusko S.V. The problem of species and species borders in bats (Chiroptera; Mammalia). In: *Sbornik trudov Zoologicheskogo muzeya MGU* [Aspects of biodiversity. Collection of works of the Zoological Museum of Moscow State University]. Moscow, KMK Publ., 2016, vol. 54, pp. 161-190. (In Russian)
9. Matveev V.A., Krusko S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera). *Acta Chiropterologica*, 2005, vol. 7, iss. 1, pp. 23-37.
10. Spitzenberger F.A., Haring E., Strelkov P.P., Winkler H. Preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results. *Zoologica Scripta*, 2006, vol. 35, iss. 3, pp. 187-230. Doi: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x
11. Krusko S.V., Borisenko A.V., Ivanova N.V., Lim B.K., Eger J.L. Genetic diversity of North-eastern Palaearctic bats as revealed by DNA barcodes. *Acta Chiropterologica*, 2012, vol. 14, no. 1, pp. 1-14. Doi: 10.3161/150811012X654222
12. Olson D.M., Dinerstein E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical garden*, 2002, vol. 89, no. 2, pp. 199-224.
13. Bryant D., Nielsen D., Tangle L., Sizer N., Miranda M., Brown P., Johnson N., Malk A., Miller K. The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge. What is the status of the world's remaining large, natural forest ecosystems? Washington, WRI, 1997, 39 p.
14. Sanderson E.W., Jaiteh M., Levy M.A., Redford K.H., Wannebo A.V., Woolmer G. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience*, 2002, vol. 52, iss. 10, pp. 891-904. Doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2
15. Vasen'kov D.A., Khritankov A.M., Tomilenko A.A., Potapov M.A. Bats fauna (Mammalia, Chiroptera) of the black taiga of the Kuznetsk Alatau. In: *Nauchnye trudy Assotsiatsii zapovednikov i natsional'nykh parkov Altae-Sayanskogo ekoregiona «Monitoring bioraznoobraziya na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh Altae-Sayanskogo ekoregiona»* [Scientific works of the Association of nature reserves and national parks of the Altai-Sayan Ecoregion "Monitoring of biodiversity in specially protected natural areas of the Altai-Sayan Ecoregion"]. Novosibirsk, 2008, iss. 1, pp. 34-38. (In Russian)
16. Vinogradov V.V. *Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya soobshchestv melkikh mlekopitayushchikh Prieniseiskoi chasti Altae-Sayanskoi gornoj strany* [Spatio-temporal organization of small mammal communities in the Yeniseysk part of the Altai-Sayan highland country]. Krasnoyarsk, KSPU named after V.P. Astaf'ev Publ., 2012, 284 p. (In Russian)
17. Pallas P.S. *Zoogeographia Rosso-Asiatica*. St. Petersburg, Petropolia Publ., 1811, 658 p.



18. Kashchenko N.F. *Obzor mlekopitayushchikh Zapadnoi Sibiri i Turkestana* [Overview mammals of Western Siberia and Turkestan]. Tomsk, Tipo-litografiya M.N. Kononova Publ., 1905, 102 p. (In Russian)
19. Ognev S.I. *Zveri Vostochnoi Evropy i Severnoi Azii* [Animals of Eastern Europe and North Asia]. Leningrad, GIZ Publ., 1928, 631 p. (In Russian)
20. Kuzyakin A.P. *Letuchie myshi* [The bats]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1950, 442 p. (In Russian)
21. Stukanova T.E. To the ecology of bats of Western Siberia. In: *Problemy ekologii* [Ecological problems]. 1976, vol. 4, pp. 183-190. (In Russian)
22. Stukanova T.E. Places of pond, water and whiskered nights in Western and Central Siberia. In: *Rukokrylye* [Cheiroptera]. Moscow, 1980, pp. 98-103. (In Russian)
23. Shubin N.G. *Ekologiya mlekopitayushchikh yugo-vostoka Zapadnoi Sibiri* [Ecology of mammals of the southeast of Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, 236 p. (In Russian)
24. Orlova N.G., Dmitriev V.E., Rybakov S.A. Terms and wintering bats in the eastern slope of Kuznetsky Alatau. In: *Ekologiya nazemnykh pozvonochnykh Sibiri* [Ecology of terrestrial vertebrates in Siberia]. Tomsk, TSU Publ., 1983, pp. 53-59. (In Russian)
25. Ovodov N.D. Cave wintering bat in the southern regions of Siberia. In: *Zoologicheskie problemy Sibiri* [Zoological problems of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1972, pp. 439-440. (In Russian)
26. Khritankov A.M., Mel'nikova V.I. New find long tails in Siberia. In: *Redkie nazemnye pozvonochnye Sibiri* [Rare terrestrial vertebrates of Siberia]. Shushenskoe, 1986, pp. 17-21. (In Russian)
27. Khritankov A.M., Ovodov N.D. Longevity of Brandt's bats (*Myotis brandtii* Eversmann) in Central Siberia. *Plecotus* et al. 2001, no. 4, pp. 20-24. (In Russian)
28. Khritankov A.M., Shishikin A.S. Natural enemies of the bats in Central Siberia. In: *Trudy gosudarstvennogo zapovednika «Stolby»* [Proceedings of the state reserve "Stolby"]. 2001, iss. 17, pp. 95-102. (In Russian)
29. Khritankov A.M., Zhigalin A.V. A bit of history and some results of studying bats in the Stolby reserve. In: *Trudy gosudarstvennogo zapovednika «Stolby»* [Proceedings of the state reserve "Stolby"]. 2016, iss. 20, pp. 179-205. (In Russian)
30. Agadzhanian A.K., Rosina V.V. Bats from Pleistocene Deposits of the Denis Cave. In: *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territorii* [Problems of archeology, ethnography, anthropology of Siberia and adjacent territories]. 2001, vol. 7, pp. 33-36. (In Russian)
31. Rosina V.V. Summer population of bat (Chiroptera) caves of the Northwestern Altai. *Plecotus* et al. 2004, no. 7, pp. 63-71. (In Russian)
32. Vasen'kov D.A., Tomilenko A.A. Bats (Chiroptera) Tigireksky reserve. *Trudy Tigirekskogo zapovednika* [Proceedings Tigireksky reserve]. 2005, no. 1, pp. 55-56. (In Russian)
33. Vasen'kov D.A., Tomilenko A.A., Potapova M.A. Nekotorye aspekty prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya rukokrylykh (Chiroptera, Mammalia) v zimovochnykh peshcherakh yugo-vostoka Zapadnoi Sibiri [Some aspects of the space-time distribution of bats (Chiroptera, Mammalia) in wintering caves in the south-east of Western Siberia]. *Materialy konferentsii molodykh uchenykh «Ekologiya ot genov do ekosistem»*, Ekaterinburg, 25-29 aprelya 2005 [Materials of the conference of young scientists "Ecology from genes to ecosystems", Ekaterinburg, 25-29 April, 2005]. Ekaterinburg, Akademkniga Publ., 2005, pp. 24-28. (In Russian)
34. Putintsev N.I., Arakchaa L.K. To the fauna of bats of Tuva. In: *Rukokrylye (Chiroptera)* [Bats (Chiroptera)]. Moscow, Nauka Publ., 1980, pp. 104-105. (In Russian)
35. Putintsev N.I., ed. *Krasnaya kniga Respubliki Tyva: Zhivotnye* [The Red Book of the Republic of Tyva: Animals]. Novosibirsk, Siberian Branch of the RAS Publ, 2002, 167 p. (In Russian)



36. Matveev V.A., Krusko S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera). *Acta Chiropterologica*, 2005. vol. 7, no. 1, pp. 23-37.
37. Benda P., Tsytsulina K.A. Taxonomic revision of *Myotis mystacinus* group (Mammalia: Chiroptera) in the western Palearctic. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 2000, vol. 64, pp. 331-398.
38. Zhigalin A.V., Korobitsyn I.G., Kharing E. Species composition and modern distribution of the night-spawns (*Myotis*, Chiroptera) of the Altai-Sayan mountainous country and the Southern Urals according to molecular genetic analysis. *Printsipy ekologii* [Principles of the Ecology]. 2016, vol. 5, no. 3, pp. 49. (In Russian)
39. Pavlinov I.Ya., Lisovskii A.A. *Mlekopitayushchie Rossii: sistematiko-geograficheskii spravochnik* [Mammals of Russia: systematic and geographical reference]. Moscow, KMK Publ., 2012, 707 p. (In Russian)
40. Tsytsulina K.A., Dick M.H., Maeda K., Masuda R. Systematics and phylogeography of the steppe whiskered bat *Myotis auraszens* Kuzyakin, 1935 (Chiroptera, Vespertilionidae). *Russian Journal of Theriology*, 2012, vol. 11, no. 1, pp. 1-20. Doi: 10.15298/rusjtheriol.11.1.01
41. Benda P., Faizolâhi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P., Ashrafi S. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 2012, no. 76, pp. 163-582.
42. Zhigalin A.V., Khritankov A.M. Bats of SPNAs of the Altai-Sayan mountain country. *Plecotus et al.* 2014, no. 17, pp. 85-95. (In Russian)
43. Tsytsulina K.A. *Myotis ikonnikovi* (Chiroptera, Vespertilionidae) and its relationships with similar species. *Acta chiropterologica*, 2001, vol. 3, no. 1, pp. 11-19.
44. Strelkov P.P. Eagle animals: spread, geographical variation, differences from large ones. *Acta Theriologica*. 1972, vol. 17, iss. 28, pp. 355-380. (In Russian)
45. Dzeverin I.I., Strelkov P.P. Taxonomic status of *Myotis blythii* (Chiroptera, Vespertilionidae) from the Altai. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 2008, vol. 87, no. 8, pp. 973-982. (In Russian)
46. Strelkov P.P. Eagle animals in Altai. *Priroda* [Nature]. 1968, no. 2, pp. 59-61. (In Russian)
47. Kozhurina E.I. Synopsis of bats of Russia: systematics and distribution. *Plecotus et al.* 2009, no. 11-12, pp. 71-105. (In Russian)
48. Strelkov P.P. The crisis of the polytypic concept of the species on the example of the genus *Plecotus*. *Plecotus et al.* 2006, no. 9, pp. 3-7. (In Russian)
49. Spitzenberger F.A., Strelkov P.P., Winkler H., Haring E. A preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results. *Zoologica Scripta*, 2006, vol. 35, iss. 3, pp. 187-230. DOI: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x
50. Ovodov N.D., Strelkov P.P. On the discovery of a red evening party (*Nyctalus noctula*) in Central Siberia. *Plecotus et al.* 2002, no. 5, pp. 81-85. (In Russian)
51. Zhigalin A.V., Khritankov A.M. Change in distribution area boundary of common noctule *Nyctalus noctula* Schreber, 1775 in Siberia. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii* [Russian Journal of Biological Invasions]. 2016, vol. 9, no. 1, pp. 76-82. (In Russian)
52. Strelkov P.P. *Eptesicus gobiensis* Bobrinskoy, 1926 - a new species of bats of the Palearctic fauna. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 1986, vol. 65, iss. 7, pp. 1103-1107. (In Russian)
53. Horáček I., Hanák V., Gaisler J. Bats of the Palearctic region: a taxonomic and biogeographic review. *Proceedings of the VIIIth EBRs*, 2000, vol. 1, pp. 11-157.
54. Khritankov A.M., Putintsev N.I. New finds of bats in Siberia. *Plecotus et al.* 2004, vol. 7, pp. 72-76. (In Russian)
55. Bol'shakov V.N., Orlov O.L., Snit'ko V.P. *Letuchie myshi Urala* [Ural bats]. Ekaterinburg, Akademkniga Publ., 2005, 175 p. (In Russian)



56. Botvinkin A.D. *Letuchie myshi v Pribaikal'e (biologiya, metody nablyudeniya, okhrana)* [Bats in the Baikal area (biology, methods of surveillance, security)]. Irkutsk, Vremya stranstvii Publ., 2002, 208 p. (In Russian)
57. Samoilova G.S., Avessalomova I.A., Snytko V.A. The concept of physical-geographic zoning as the grounds for regional differentiation of transboundary territories in the mountains of South Siberia. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture and education]. 2008, no. 5, pp. 20-25. (In Russian)
58. Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Landscape science and physiographic zoning]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1991, 366 p. (In Russian)
59. Semenov-Tyan-Shanskii A.P. *Predely i zoogeograficheskie podrazdeleniya Palearkticheskoi oblasti dlya nazemnykh sukhoputnykh zhivotnykh na osnovanii geograficheskogo raspredeleniya zhestkokrylykh nasekomykh* [Limits and zoogeographical subdivisions of the Palaearctic region for land animals based on the geographical distribution of Coleoptera]. Moscow, Leningrad, 1936, 16 p. (In Russian)
60. Puzanov I.I. *Zoogeografiya* [Zoogeography]. Moscow, Narkompros RSFSR Publ., 1938, 359 p. (In Russian)
61. Starobogatov Ya.I. *Fauna mollyuskov i zoogeograficheskoe raionirovanie kontinental'nykh vodoe-mov zemnogo shara* [The fauna of molluscs and zoogeographical zoning of the continental waters of the globe]. Leningrad, Nauka Publ., 1970, 372 p. (In Russian)
62. Takhtadzhyan A.L. *Floristicheskie oblasti Zemli* [Floristic areas of the Earth]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 246 p. (In Russian)
63. Voronov A.G., Drozdov N.N., Myalo E.G. *Biogeografiya mira* [World biogeography]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1985, 271 p. (In Russian)
64. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie* [Nature use]. Moscow, Nauka Publ., 1990, 638 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Александр В. Жигалин*, старший преподаватель, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, 634050, пр. Ленина, 36, e-mail: alex-zhigalin@mail.ru

Алимурад А. Гаджиев, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия.

Мадина Г. Даудова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, Россия.

Назмудин Г. Салимханов, магистрант, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, Россия.

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Alexander V. Zhigalin*, senior lecturer, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, 634050, pr. Lenina, 36, e-mail: alex-zhigalin@mail.ru

Alimurad A. Gadzhiev, Ph.D., Associate Professor of the department of ecology of the Dagestan State University, Caspian Institute of Biological Resources DSC RAS, Makhachkala, Russia Makhachkala, Russia.

Madina G. Daudova, Ph.D., Associate professor of the department of biology and biodiversity of Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

Nazhmudin G. Salimkhanov, master, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia



Александр М. Шестопалов, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель отдела моделирования и патогенеза инфекционных заболеваний, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, г. Новосибирск, Россия.

Критерии авторства

Александр В. Жигалин выполнял сбор, определение и систематизацию материала; Алимурад А. Гаджиев проанализировали данные; Мадина Г. Даудова, Нажмудин Г. Салимханов подготовили рукопись к опубликованию в соответствии с правилами журнала; Александр М. Шестопалов осуществлял общее руководство по написанию статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.12.2018

Принята в печать 23.01.2019

Alexander M. Shestopalov, Dr., Professor, Chief Researcher, Head of the Department for Modeling and Pathogenesis of Infectious Diseases, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia.

Contribution

Alexander V. Zhigalin collected, defined and systematized the material; Alimurad A. Gadzhiev analyzed the data; Madina G. Daudova, Nazhmudin G. Salimkhanov prepared a manuscript for publication in accordance with the rules of the journal; Alexander M. Shestopalov provided general guidance for writing the article. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other unethical problems.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 17.12.2018

Accepted for publication 23.01.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК594. 1/3+574.5 (265.54)

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-26-41

ФАУНА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: GASTROPODA, BIVALVIA) НА ЛИТОРАЛИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

¹Евгений Б. Лебедев, ²Ирина Р. Левенец*

¹Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник,
филиал Национального научного центра морской биологии Дальневосточного
отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр
морской биологии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Владивосток, Россия, iralevenetz@rambler.ru

Резюме. Цель. Литоральная фауна Дальневосточного морского заповедника изучалась в конце прошлого века, однако мониторинговые исследования малакофауны актуальны из-за усиления рекреационной нагрузки и угрозы вселения новых видов. Цель работы – установить современный видовой состав и распространение брюхоногих и двустворчатых моллюсков на литорали заповедника. **Методы.** Материал собран в ходе мониторинговых исследований 2012-2014 гг. Составление коллекций и определение видов выполнено по стандартным методикам. При определении использованы общепринятые определители и атласы. **Результаты.** В результате исследований найдено 49 видов и таксонов моллюсков, в том числе 33 – брюхоногих, 15 видов и 1 гибрид – двустворчатых. Новыми для литоральной фауны заповедника являются 13 видов Gastropoda, 3 вида и 1 гибрид Bivalvia. Установлено, что происходит интродукция атлантической мидии *Mytilus galloprovincialis* в бентосные сообщества путем ее гибридизации с аборигенными видами. **Выводы.** Полученные данные позволяют представить более полную картину о биоразнообразии и распространении литоральной малакофауны заповедника как составной части залива Петра Великого.

Ключевые слова: моллюски, Gastropoda, Bivalvia, брюхоногие, двустворчатые, малакофауна, литоральная зона, ДВГМЗ, залив Петра Великого.

Формат цитирования: Лебедев Е.Б., Левенец И.Р. Фауна и распространение брюхоногих и двустворчатых моллюсков (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia) на литорали Дальневосточного морского биосферного заповедника (залив Петра Великого, Японское море) // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.26-41. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-26-41

FAUNA AND DISTRIBUTION OF GASTROPOD AND BIVALVE MOLLUSKS (MOLLUSCA: GASTROPODA, BIVALVIA) IN THE LITTORAL ZONE OF THE FAR EAST MARINE BIOSPHERE RESERVE (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)

¹Evgeny B. Lebedev, ²Irina R. Levenets*

¹Far East Marine Biosphere State Nature Reserve, National Scientific Center



for Marine Biology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
²A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, National Research Center
for Marine Biology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russia, iralevenetz@rambler.ru

Abstract. Aim. The littoral fauna of the Far East Marine Reserve was studied at the end of the last century; however, the monitoring studies of the malacofauna are relevant because of the increased recreational load and the threat of new species introduction. The aim of the work is to update the data on species composition and distribution of gastropods and bivalves on the littoral zone of the reserve. **Methods.** The material was collected during the monitoring studies in 2012-2014. The compilation of the collections and identification of the species were carried out according to standard methods. For the definition, conventional determinants and atlases were used. **Results.** As a result of the research, 49 species and taxa of mollusks were found, including 33 gastropods and 15 species and 1 hybrid of bivalves. New for the littoral fauna of the reserve were 13 species of Gastropoda, 3 species and 1 hybrid Bivalvia. It was established that the introduction of Atlantic mussel *Mytilus galloprovincialis* into benthic communities occurs through its hybridization with native species. **Conclusion.** The data obtained allows us to present a more complete picture of the biodiversity and distribution of the littoral malacofauna of the reserve, an integral part of Peter the Great Bay.

Keywords: mollusks, Gastropoda, Bivalvia, malacofauna, littoral zone, Far East Marine State Biosphere Reserve, Peter the Great Bay.

For citation: Lebedev E.B., Levenets I.R. Fauna and distribution of gastropod and bivalve mollusks (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia) in the littoral zone of the Far East Marine Biosphere Reserve (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 26-41. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-26-41

ВВЕДЕНИЕ

Дальневосточные моря, особенно южные, отличаются высоким уровнем видового богатства и разнообразия населяющей их малакофауны [1-3]. Двустворчатые (Bivalvia) и брюхоногие (Gastropoda) моллюски являются одними из наиболее распространенных групп морского бентоса. Особенно велика их роль в литоральной и сублиторальной зоне, где они образуют собственные или смешанные с другими гидробионтами сообщества. Среди Gastropoda и Bivalvia много промысловых и ценных культивируемых видов. Их изучение важно для успешного ведения хозяйственной деятельности, рационального природопользования, освоения и охраны водных биоресурсов страны.

В заливе Петра Великого, самом крупном в российской части Японского моря, имеются многочисленные и разнообразные биотопы, которые пригодны для обитания, как моллюсков, так и других беспозвоночных животных. Значительная часть малакофауны залива, в том числе литоральная как наиболее уязвимая к рекреационной нагрузке, сохраняется в Дальневосточном морском биосферном заповеднике ДВО РАН (ДВГМЗ). Инвентаризационные исследования моллюсков ДВГМЗ, занимающего западную и юго-западную часть залива Петра Великого, проводились в основном в 1970-1990-е гг. [4]. Мониторинговые исследования фауны актуальны в связи с усилением антропогенного пресса, а также из-за угрозы вселения новых видов [5]. Поэтому *цель* данной работы – установление современного видового состава и анализ распределения брюхоногих и двустворчатых моллюсков в литоральной зоне Дальневосточного морского заповедника.



МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом послужили летние сборы макробентоса, выполненные на литорали трех участков ДВГМЗ в 2012 и 2014 г. (рис. 1). На Восточном участке в июне 2012 г. исследовали бухту Средняя на материковом побережье (район I) и бухту Молчанского на острове Большой Пелис (район II). На материковом побережье Южного участка в 2012 г. были изучены бухты Пемзовая (район III, июль-август), Калевала (район IV, август) и мыс Островок Фальшивый (район VI, июль-август), а на острове Фуругельма – бухта Западная (район V, июль). В июле-августе 2014 г. были выполнены сборы на литорали Западного (б. Миносок) и Южного (м. Островок Фальшивый) участков.

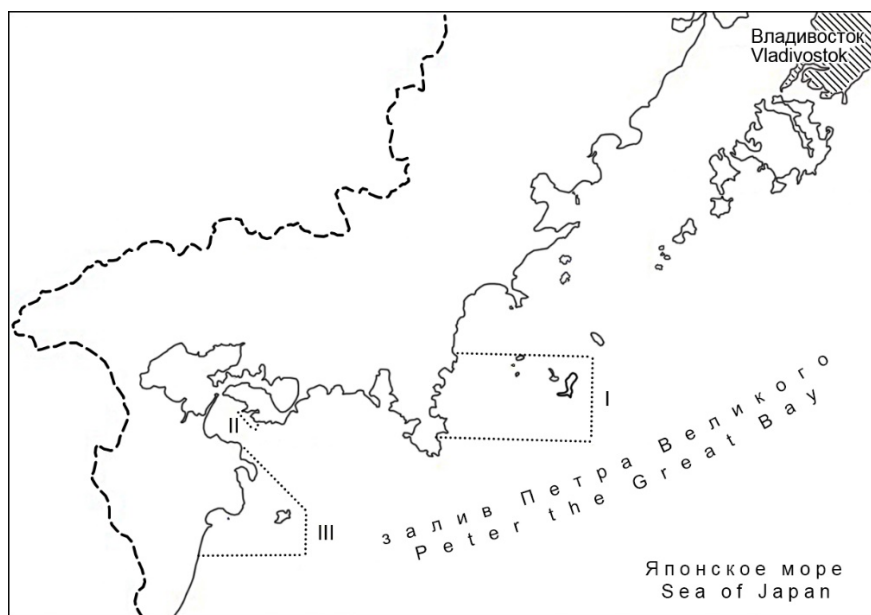


Рис.1. Карта-схема Дальневосточного морского биосферного заповедника.

Участки: I – Восточный, II – Западный, III – Южный

Fig.1. Schematic map of the Far East Marine Biosphere Reserve.

Sites: I – East, II – West, III – South

При выполнении настоящей работы использованы общепринятые методы сбора и обработки гидробиологического материала. Сбор организмов проводили по стандартной хронологической методике на литорали [6]. Также были проанализированы литературные данные о литоральных находках Gastropoda и Bivalvia из инвентаризационной сводки [4].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В литоральной зоне заповедника класс двустворчатых моллюсков представлен 33 видами из 28 родов и 16 семейств. Класс брюхоногих моллюсков представлен 58 видами из 41 рода и 31 семейства. Наибольшим видовым богатством характеризуются семейства Littorinidae – 10 видов, Littorinidae и Mytilidae – 6; Veneridae – 5; Trochidae и Tellinidae – по 4 вида; Muricidae, Mactridae, Myidae и Tergipedidae – по 3 вида; семейства Turbinidae, Rissoiidae, Assimineidae, Falsicingulidae, Nassariidae, Cylichnidae, Psammobiidae – по 2 вида; все остальные (20 семейств Gastropoda и 10 семейств Bivalvia) включают по 1 виду.

Ниже приведен аннотированный список брюхоногих и двустворчатых моллюсков литорали ДВГМЗ. Идентификация видов проведена по определителям А.Н. Голикова, Г.Н. Воловой, О.А. Скарлато и атласам А.В. Мартынова и К.А. Лутаенко [1; 2; 7-9]. Моллюски хранятся в коллекции ДВГМЗ (г. Владивосток). Названия таксонов даны в современной трактовке [3]. Новые для литоральной фауны виды отмечены звездочкой.



Класс GASTROPODA – Брюхоногие моллюски

Клад PATELLOGASTROPODA

Надсемейство ACMAEOIDEA

Семейство LOTTIIDAE

***Lottia angusta* Moskaliev in Golikov et Scarlato, 1967**

Редкий вид, внесен в Красную книгу Приморья. В 2012-2014 гг. не встречен. Обитает на мягких грунтах от литорали до глубины 15-20 м, часто на морских травах [4]. Приазиатский низкобореальный вид.

***L. dorsuosa* Gould, 1859**

В 2012-2014 гг. не найден. Ранее указывался как массовый литоральный вид [4]. Обитает по всей литорали и в литоральных ваннах. Приазиатский низкобореальный вид.

***L. kogamogai* Sasaki et Okutani, 1994**

Отмечен на материковом побережье и островах Южного и Восточного участков. Ранее указывался лишь для островов [4]. Обитает во всех горизонтах литорали и в ваннах на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***L. ochracea* Dall, 1871**

Отмечен только в б. Средняя (Восточный участок) и б. Западная (Южный). Ранее обычный литоральный вид [4]. Обитает в нижнем, среднем горизонтах литорали и в ваннах, на твердых грунтах среди водорослей. Тихоокеанский широкобореальный вид.

***L. pelta* Rathke, 1833**

Встречен только в б. Молчанского (о. Большой Пелис, Восточный участок). Ранее указывался как обычный литоральный вид [4]. Обитает в нижнем горизонте, иногда в литоральных ваннах, на твердых грунтах. Тихоокеанский широкобореальный вид.

***L. persona* Rathke, 1833**

Встречен на Восточном участке (в б. Молчанского) и на Южном – в бухтах Пемзоя, Калевала, Западная и у мыса Островок Фальшивый. Ранее указывался как массовый литоральный вид [4]. Обитает по всей литорали и в литоральных ваннах, на твердых грунтах, часто среди водорослей. Тихоокеанский широкобореальный вид.

****L. tenuisculpta* Sasaki et Okutani, 1994**

Встречен на Южном участке в бухтах Пемзоя и Западная (о. Фуругельма). Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***L. versicolor* Moskaliev in Golikov et Scarlato, 1967**

Встречен во всех районах, кроме бухты Калевала. Ранее указывался как обычный литоральный вид [4]. Обитает во всех горизонтах литорали на твердых грунтах, часто среди водорослей. Приазиатский низкобореальный вид, заходит в субтропические воды.

***Nipponoacmaea moskalevi* Chernyshev et Chernova, 2002**

Встречен во всех районах, кроме бухты Средняя. Ранее указывался как редкий вид под названиями *Tectura concinna* Lischke, 1870 и *T. schrenkii* Lischke, 1870 [4]. Обитает в среднем и нижнем горизонтах литорали, а также в литоральных ваннах на твердых грунтах. Приазиатский низкобореальный вид, заходящий в субтропические воды.

***Niveotectura pallida* Gould, 1859**

В 2012-2014 гг. не найден. Редкий вид островной литорали [4]. Обитает от нижнего горизонта до глубины 12 м. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Клад VETIGASTROPODA

Надсемейство TROCHOIDEA

Семейство TROCHIDAE

***Tegula rustica* Gmelin, 1791**

Встречен в бухтах Средняя (Восточный участок) и Западная. По данным видеоследований 2012 г. [10], является массовым видом в б. Миносок (Западный участок). Ранее встречался единично только на Западном участке [4]. Обитает в нижнем горизонте на смешанных грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.



***Lirularia iridescens* Schrenck, 1863**

В 2012-2014 гг. не найден. Редкий вид островной литорали Восточного и Южного участков [4]. Обитает в нижнем и среднем горизонтах, селится на твердых грунтах среди макрофитов. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***L. minima* Golikov in Golikov et Scarlato, 1967**

В 2012-2014 гг. не отмечен. Единично встречается в нижней части литорали, преимущественно на макрофитах [4]. Приазиатский низкобореальный вид.

***Umbonium costatum* Valenciennes in Kiener, 1838-1839**

В 2012-2014 гг. не найден. Единично встречается в б. Сивучья (Южный участок) [4]. Обитает в нижнем горизонте на мягких грунтах. Приазиатский субтропический вид.

Надсемейство TURBINOIDEA

Семейство TURBINIDAE

***Homalopoma sangarens* Schrenck, 1861**

Встречен в бухтах Средняя, Молчанского, Пемзовая и Западная. Ранее указывался как массовый вид [4]. Обитает в среднем и нижнем горизонтах литорали и в ваннах, на твердых грунтах, обычно среди макрофитов. Приазиатский низкобореальный вид.

***H. amussitata* Gould, 1861**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для о. Фуругельма [4]. Селится обычно в нижнем горизонте литорали на твердых грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Клад CAENOGASTROPODA

Надсемейство CERITHIOIDEA

Семейство BATILLARIIDAE

***Batillaria cumingii* Crosse, 1862**

Солоноватоводный вид. Ранее указывался только для б. Миносок [4]. Населяет смешанные грунты. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство LITIOPIDAE

***Diffalaba picta* A. Adams, 1861**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для бухт Миносок и Сивучья [4]. Обитает на смешанных грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Клад CALYPTRAEOIDEA

Надсемейство LITTORINOIDEA

Семейство LITTORINIDAE

***Littorina brevicula* Philippi, 1844**

Встречен в бухтах Средняя, Молчанского, Пемзовая и Западная. Обычный литоральный вид [4]. Обитает в верхнем и среднем, реже нижнем горизонте литорали на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***L. mandshurica* Schrenck, 1861**

Встречен в бухтах Средняя, Молчанского, Пемзовая и Западная. Обычный литоральный вид [4]. Обитает во всех горизонтах литорали на твердых грунтах, часто среди водорослей и усоногих раков. Приазиатский низкобореальный вид.

***L. sitkana* Philippi, 1846**

Встречен во всех районах. Массовый литоральный вид [4]. Обитает на твердых грунтах, иногда среди водорослей. Тихоокеанский широкобореальный вид.

***L. squalida* Broderip et Sowerby, 1829**

Встречен во всех изученных районах. Массовый литоральный вид [4]. Обитает преимущественно в нижнем и среднем горизонтах на твердых грунтах. Часто селится среди водорослей и на листьях трав. Тихоокеанский широкобореальный вид.

***Epheria turrita* A. Adams, 1861**

Встречен только в бухте Пемзовая. Ранее указывался как обычный литоральный вид [4]. Обитает по всей литорали и в ваннах. Приазиатский низкобореальный вид.



E. decorata A. Adams, 1861

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для о. Фуругельма [4]. Обитает в нижнем горизонте на твердых грунтах среди водорослей. Приазийский низкобореальный вид.

Надсемейство NATICOIDEA

Семейство NATICIDAE

Cryptonatica janthostoma Deshayes, 1839

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для литорали Западного участка [4]. Живет на смешанных и мягких грунтах. Приазийский широкобореальный вид.

Надсемейство RISSOOIDEA

Семейство RISSOIIDAE

Pusillina plicosa Smith, 1875

Встречен в бухтах Молчанского, Средняя, Калевала и Западная. Массовый литоральный вид [4]. Обитает по всей литорали. Приазийский низкобореальный вид.

**Setia candida* A. Adams, 1861

Впервые обнаружен на литорали у м. Островок Фальшивый. Ранее указывался для мягких грунтов Южного и Восточного участков [4]. Приазийский низкобореальный вид.

Семейство ASSIMINEIDAE

Assimineea lutea A. Adams, 1861

Обнаружен на Южном участке в устье лагуны Тальми (м. Островок Фальшивый) на гл. 0.5-1 м в опресненных условиях. Редкий вид [4]. Обитает в эстуариях и лагунах, обычно среди макрофитов. Приазийский субтропическо-низкобореальный вид.

A. possietica Golikov et Kussakin in Golikov et Scarlato, 1967

Редкий вид, имеющий в ДВГМЗ второе местообитание в России. Найден в протоке лагуны Тальми на гл. 0.5-1 м в опресненных условиях [11]. Обитает в нижнем горизонте на мягком грунте среди zostеры. Приазийский низкобореальный вид.

Семейство BARLEEIDAE

Ansola angustata Pilsbry, 1901

Встречен в бухтах Средняя, Молчанского, Пемзоя и Западная. Указывался как обычный литоральный вид [4]. Обитает в нижнем и среднем горизонтах на твердых грунтах, иногда среди водорослей. Приазийский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство CAECIDAE

Caecum bucerium Golikov in Golikov et Scarlato, 1967

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для о. Фуругельма [4]. Селится на твердых грунтах в нижнем горизонте среди водорослей. Приазийский низкобореальный вид.

Семейство FALSICINGULIDAE

Falsicingula athera Bartsch in Golikov et Scarlato, 1967

Встречен в бухтах Пемзоя и Молчанского. Ранее указывался как обычный литоральный вид [4]. Обитает в нижнем и среднем горизонтах и в литоральных ваннах на твердых грунтах, иногда среди водорослей. Приазийский низкобореальный вид.

F. mundana Yokoyama, 1926

Встречен во всех исследованных районах. Массовый вид литорали Заповедника [4]. Обитает в нижнем и среднем горизонтах литорали, а также в литоральных ваннах на твердых грунтах, обычно среди водорослей. Приазийский низкобореальный вид.

Семейство IRAVADIIDAE

**Fluviocingula elegantula* A. Adams, 1861

В 2012 г. впервые обнаружен в устье лагуны Тальми [11]. Обитает в нижнем горизонте на мягких грунтах. Приазийский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство POMATIOPSIDAE

Cecina manchurica A. Adams, 1861

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался только для б. Миносок [4]. Обитает в супралиторали и в верхнем, реже среднем и нижнем горизонтах литорали на мягких грунтах среди выбросов zostеры. Приазийский низкобореальный вид.



Надсемейство VELUTINOIDEA

Семейство VELUTINIDAE

***Marsenina uchidai* Habe, 1958**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался для о. Большой Пелис [4]. Живет в верхней сублиторали и нижней литорали на камнях и скалах. Приазиатский низкобореальный вид.

Клад NEOGASTROPODA

Надсемейство MURICOIDEA

Семейство MURICIDAE

***Ceratostoma burnettii* Adams et Reeve, 1848**

Редкий вид, внесён в Красную Книгу РФ и Приморья. Указывался только в б. Миносок от литорали до глубины 5 м [10; 12]. Обитает на твердых и смешанных грунтах. Приазиатский субтропический вид, заходящий в низкобореальные воды.

****Ocenebra inornata* Recluz, 1851**

Впервые встречен на литорали б. Пемзоя. Указывался в б. Миносок [4]. Редкий вид, внесён в Красную Книгу России и Приморского края. Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***Nucella heyseana* Dunker, 1882**

Встречен во всех исследованных районах. Массовый вид литорали Заповедника [4]. Селится на твердых грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Надсемейство OLIVOIDEA

Семейство OLIVELLIDAE

***Olivella borealis* Golikov in Golikov et Scarlato, 1967**

Встречен в бухте Западная [13]. Ранее также указывался на Южном участке [4]. Обитает на песчаной литорали и до глубины 20 м. Приазиатский низкобореальный вид.

Надсемейство BUCCINOIDEA

Семейство COLUMBELLIDAE

***Mitrella burchardi* Dunker, 1877**

Встречен в бухтах Молчанского, Средняя, Пемзоя и Западная. Ранее указывался лишь на Западном участке [4]. Обитает в нижнем и, реже, среднем горизонтах и в литоральных ваннах на твердых грунтах, часто среди макрофитов, а также на листьях морских трав и слоевищах водорослей. Приазиатский низкобореальный вид.

Семейство NASSARIIDAE

***Nassarius fraterculus* Dunker, 1860**

Встречен на Южном участке в бухтах Молчанского, Калевала и Западная [11]. Ранее указывался только на Западном участке [4]. Редкий вид малакофауны дальневосточных морей России. Обитает в среднем и нижнем горизонтах литорали на твердых и смешанных грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***N. multigranosus* Dunker, 1847**

В 2012-2014 гг. не найден. Ранее единично встречался в б. Миносок [4]. Селится на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Надсемейство CONOIDEA

Семейство MANGELIIDAE

***Curtitoma neymanae* Bogdanov, 1989**

В 2012-2014 гг. не был найден. Редкий литоральный вид [4]. Обитает в литоральной зоне на различных грунтах. Приазиатский широкобореальный вид.

Клад HETEROBRANCHIA

Надсемейство PYRAMIDELLOIDEA

Семейство PYRAMIDELLIDAE

***Phasianema lirata* A. Adams, 1860**

В 2012-2014 гг. не был найден. Указывался только на Западном участке [4]. Обитает в литоральной зоне на твердых грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.



Надсемейство RISSOELLOIDEA

Семейство RISSOELLIDAE

Jeffreysina violacea Golikov et Kussakin in Golikov et Scarlato, 1971

В 2012-2014 гг. не был найден. Указывался для литорали и верхней сублиторали Восточного и Южного участков [4]. Селится в нижнем и среднем горизонтах литорали на твердых грунтах, среди водорослей. Приазиатский низкобореальный вид.

Подкласс OPISTHOBANCHIA – Заднежаберные моллюски

Семейство CYLICHNIDAE

**Acteocina matusimana* Nomura, 1939

Отмечен на Западном участке от литорали до глубины 2 м [12]. Обитает на песчаных грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Philine scalpta A. Adams, 1862

Встречается на Восточном и Западном участках от литорали до глубины 5 м [12]. Обитает на мягких грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство RETUSIDAE

Retusa instabilis Minichev, 1971

Отмечен только на Западном участке и в сопредельных районах от литорали до глубины 2 м [10]. Обитает на мягких грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Семейство APLYSIIDAE

**Aplysia parvula* Guilding in Mörch, 1863

Ранее в списках ДВГМЗ не значился [4]. В 2005 г. встречен на литорали б. Западная [13]. Обитает на твердых грунтах. Циркумтропический вид, заходит в умеренные воды.

Семейство VAYSSIÉREIDAE

Vayssiérea elegans Baba, 1930

Обитает на всех участках ДВГМЗ до глубины 5 м. На каменистой литорали является массовым видом [9]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство DORIDIDAE

**Diaulula sandiegensis* Cooper, 1863

Встречается на литорали Восточного участка [9; 12]. Обитает на твердых грунтах. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Семейство ONCHIDORIDIDAE

**Adalaria jannae* Millen, 1987

Встречается на литорали Восточного участка [9; 13]. Обитает на твердых грунтах. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Семейство EUBRANCHIDAE

**Amphorina horii* Baba, 1960

Встречается на литорали Восточного участка [9; 12]. Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство TERGIPEDIDAE

**Cuthonella soboli* Martynov, 1992

Встречается на всех участках ДВГМЗ от литорали до глубины 2 м [9]. Обитает на различных грунтах. Тихоокеанский бореальный вид.

**Trinchesia ornata* Baba, 1937

Встречается на литорали Восточного участка [9; 13]. Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

**T. viridis* Forbes, 1840 s.l.

Встречается на литорали Восточного участка [9; 13]. Обитает на твердых грунтах. Амфибореальный широкобореальный вид.

Клад PULMONATA

Надсемейство Siphonarioidea

Семейство Siphonariidae



****Siphonacmea oblongata* Yokoyama, 1926**

В 2012 г. впервые встречен в районе м. Островок Фальшивый [12]. Обитает в нижнем горизонте литорали на мягких грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Класс BIVALVIA – Двустворчатые моллюски

Подкласс AUTOBRANCHIA

Отряд MYTILIDA

Семейство MYTILIDAE

***Crenomytilus grayanus* Dunker, 1853**

Встречен в б. Средняя. Ранее указывался для литорали побережья и островов Восточного и Южного участков [4]. Населяет твердые грунты на литорали и различные грунты в верхней сублиторали до глубины 25 м. Приазиатский низкобореальный вид.

***Modiolus kurilensis* Bernard, 1983**

В 2012-2014 гг. не встречен. Обитает на различных грунтах от литорали до глубины 30 м [4; 14]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***Musculista senhousia* Benson, 1842**

Встречен в б. Пемзоя и у м. Островок Фальшивый. Обитает повсеместно от литорали до глубины 10 м [4; 14]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***Mytilus trossulus* A.A. Gould, 1850**

Встречен в б. Пемзоя и у м. Островок Фальшивый. Обитает повсеместно от литорали до глубины 33 м [4; 14]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Гибрид *M. galloprovincialis* и *M. trossulus* с признаками *M. trossulus

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее субтропическо-низкобореальный вид-вселенец *M. galloprovincialis* не образовывал гибридов с мидиями-аборигенами и отмечался на Южном участке в обрастании выброшенного плавника [4].

***M. coruscus* A.A. Gould, 1861**

Указывался на литорали Восточного и Южного участков [4]. Обитает на твердых грунтах в литоральной зоне и в верхней сублиторали. Приазиатский субтропический вид.

***Septifer keenae* Nomura, 1936**

Встречен в б. Западная. Был обычен на побережье Восточного и Южного участков [4]. Обитает на твердых и смешанных грунтах. Приазиатский субтропический вид.

Отряд ARCIDA

Семейство ARCIDAE

****Arca boucardi* Jousseaume, 1894**

Встречен на литорали б. Западная Южного участка. Указывался от литорали до гл. 10 м [4]. Живет на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Отряд OSTREIDA

Семейство OSTREIDAE

***Magallana (=Crassostrea) gigas* Thunberg, 1793**

В 2012-14 гг. не найден. Указывался для м. Островок Фальшивый и б. Миноносек [4]. Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Отряд CARDIIDA

Семейство TELLINIDAE

***Macoma incongrua* Martens, 1865**

Встречен в б. Калевала и у м. Островок Фальшивый. Ранее также указывался для литорали Южного участка [4]. Обитает на смешанных и мягких грунтах в литоральной зоне и в верхней сублиторали. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***M. contabulata* Deshayes, 1855**

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на Южном участке (лагуна Тальми) в верхней сублиторали [4]. Обитает на смешанных и мягких грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.



***M. (=Heteromacoma) irus* Hanley, 1845**

В 2012-2014 гг. не был найден. Указывался в б. Миноносек на глубине 0-1 м [4]. Обитает на литорали и в верхней сублиторали. Приазиатский субтропический вид.

***Megangulus venulosus* Schrenck, 1861**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался на Восточном и Южном участках [4]. Живет на мягких грунтах от литорали до гл. 3 м. Приазиатский низкобореальный вид.

Семейство PSAMMOBIIDAE

***Gari kazusensis* Yokoyama, 1922**

В 2012-2014 гг. не встречен. Указывался на Восточном и Южном участках [4; 14]. Редкий вид малакофауны дальневосточных морей России. Обитает на мягких грунтах от литорали до гл. 17 м. Приазиатский низкобореальный вид.

***Nuttallia obscurata* Reeve, 1857**

Встречен вблизи м. Островок Фальшивый. Указывался для б. Сивучья [4]. Обитает на смешанных и мягких грунтах. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Семейство SEMELIDAE

***Acropella isseli* H. Adams, 1871**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался на литорали м. Островок Фальшивый [4; 14]. Обитает на смешанных грунтах. Индопацифический тропическо-субтропический вид.

Семейство MACTRIDAE

****Mactra chinensis* Philippi, 1846**

Впервые встречен на литорали у м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на мягких грунтах на гл. 5-30 м [4]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***Mactromeris polynyma* Stimpson, 1860**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался на Восточном и Южном участках [4]. Населяет мягкие грунты от литорали до гл. 20 м. Тихоокеанский широкобореальный вид.

***Spisula sachalinensis* Schrenck, 1861**

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на мягких грунтах от литорали (как *S. voyi*) до гл. 22 м [4; 15]. Приазиатский низкобореальный вид.

Семейство UNGULINIDAE

***Felamiella usta* A.A. Gould, 1861**

В 2012-2014 гг. не найден. Ранее указывался для литорали Восточного и Южного участков [4]. Обитает на мягких грунтах. Приазиатский низкобореальный вид.

Семейство VENERIDAE

***Protothaca euglypta* Sowerby III, 1914**

Встречен в б. Западная и у м. Островок Фальшивый. Указывался на литорали Южного и Восточного участков [4]. Обитает на смешанных грунтах, предпочитает корневища морских трав. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***P. jedomensis* Lischke, 1874**

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался в б. Миноносек на гл. 1-11 м [4]. Населяет разные грунты на литорали и в верхней сублиторали. Приазиатский субтропический вид.

****Mercenaria stimpsoni* A.A. Gould, 1861**

Впервые встречен на литорали у м. Островок Фальшивый. В ДВГМЗ обитает в верхней сублиторали на мягких грунтах [4]. Приазиатский низкобореальный вид.

***Ruditapes philippinarum* A. Adams et Reeve, 1850**

Встречен вблизи м. Островок Фальшивый. Указывался для Южного и Восточного участков [4]. Обитает на смешанных и мягких грунтах от нижней литорали до гл. 8 м. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

***Turtonia minuta* Fabricius, 1780**

В 2012-2014 гг. не был найден. Указывался повсеместно в зарослях водорослей [4]. Обитает на литорали и в верхней сублиторали. Амфибореальный широкобореальный вид.



Семейство LASAEIDAE

Nypponomysella obesa Habe, 1960

В 2012-2014 гг. не найден. В ДВГМЗ встречается повсеместно [4]. Обитает на мягких грунтах от литорали до глубины 60 м. Приазиатский субтропический вид.

Отряд PHOLADIDA

Семейство PHOLADIDAE

Barnea manilensis Philippi, 1847

В 2012-2014 гг. не найден. Сверлит твердые грунты литорали и сублиторали [4]. Приазиатский тропическо-субтропический вид, заходит в низкобореальные воды.

Семейство MYIDAE

Cryptomya busoensis Yokoyama, 1922

В 2012-2014 гг. не был найден. Редкий вид, ранее указывался для литорали Южного участка [4]. Обитает на твердых грунтах. Приазиатский субтропический вид.

Mya japonica Jay, 1857

Встречен на литорали м. Островок Фальшивый. Обитает на мягких грунтах в литоральной зоне и в верхней сублиторали [4]. Тихоокеанский широкобореальный вид.

M. uzenensis Nomura et Zinbo, 1937

Указывался на литорали б. Калевала [4]. Обитает на мягких грунтах в литоральной зоне и в верхней сублиторали. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Семейство CORBULIDAE

Anisocorbula venusta A.A. Gould, 1861

В 2012-2014 гг. не найден. В ДВГМЗ встречается повсеместно на мягких грунтах от литорали до гл. 15 м [4; 14]. Приазиатский субтропическо-низкобореальный вид.

Отряд PANDORIDA

Семейство LATERNULIDAE

Laternula marilina Reeve, 1860

Встречен на литорали м. Островок Фальшивый. Редкий вид, указывался на Южном участке [4]. Обитает на различных грунтах. Приазиатский субтропический вид.

Семейство LYONIIDAE

Entodesma navicula A. Adams et Reeve, 1850

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался на Восточном и Южном участках [4; 14]. Обитает на литорали и в верхней сублиторали. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Отряд HIATELLIDA

Семейство HIATELLIDAE

Hiatella arctica Linnaeus, 1767

В 2012-2014 гг. не найден. Указывался в б. Миносок в верхней сублиторали. В ДВГМЗ обитает повсеместно на различных грунтах от литорали до глубины 62 м [4; 14]. Широкобореально-арктический вид.

В конце прошлого века для литоральной фауны ДВГМЗ было известно около 40 видов брюхоногих и 25 видов двустворчатых моллюсков [1]. В фауне Gastropoda из 26 родов самыми крупными являлись роды *Lottia* (6) и *Littorina* (4). За ними следовал род *Curtitoma* с 3 видами, но два из них в целом были нехарактерны для литорали. По 2 вида содержали 7 родов: *Lirularia* (= *Minolia*), *Homalopoma*, *Epheria*, *Assimineia*, *Falsicingula*, *Nassarius* (= *Tritia*), *Nipponoacmaea* (= *Tectura*). Большинство родов (16, или 61.5% от общего числа) были представлены одним видом. Массовыми и обычными в литоральной фауне являлись виды родов *Littorina*, *Lottia* и *Homalopoma*, а также предпочитающие обитать в зарослях макрофитов виды родов *Falsicingula*, *Nucella* и *Mitrella*. Редкие и единичные виды составляли 50% фауны гастропод. На долю моллюсков, поселяющихся среди макрофитов, приходилось 37.5% видов Gastropoda; на обитающих в опресненных участках – 7.5%; на долю сублиторальных видов, заходящих на литораль – 10%.

В фауне Bivalvia из 20 родов четыре (20% от общего числа): *Mytilus*, *Protothaca*, *Macoma* и *Mya* были представлены 2 видами, остальные 80% родов – одним видом. Более



половины родов (14) являлись литорально-сублиторальными, поэтому их виды только заходили на литораль. Массовыми на литорали ДВГМЗ были представители семейств Mytilidae и Ostreidae, которые отмечались обычно на ювенильных стадиях.

Во время мониторинговых малакологических исследований 2012-2014 гг. найдено 33 вида Gastropoda, а также 15 видов и 1 гибрид Bivalvia. Новыми для литоральной фауны ДВГМЗ оказались 13 видов брюхоногих – переднежаберные *Lottia tenuisculpta*, *Fluvio-ocingula elegantula*, *Setia candida* и *Ocenebra inornata*, заднежаберные *Acteocina matusimana*, *Aplysia parvula*, *Diaulula sandiegensis*, *Adalaria jannae*, *Amphorina horii*, *Cuthonella soboli*, *Trinchesia ornata* и *T. viridis*, а также легочный моллюск *Siphonostoma oblongata*. На литорали впервые были найдены 3 вида Bivalvia – *Arca boucardi*, *Macra chinensis*, *Mercenaria stimpsoni* и 1 гибрид видов *Mytilus galloprovincialis* и *M. trossulus* с признаками последнего. Большинство видов обнаружено на Южном участке, который является лидером по числу фаунистических находок в ДВГМЗ.

Инвазивный вид *Mytilus galloprovincialis* ранее встречался только в обрастании плавника, выбрасываемого на побережье Южного участка [4]. Однако, судя по нашим данным, в настоящее время типичная форма вида-аборигена *M. trossulus* встречается лишь на Восточном участке, а на Южном найдены его гибриды с *M. galloprovincialis*. Таким образом, происходит интродукция атлантического вида в бентосные сообщества Дальневосточного морского заповедника путем гибридизации с аборигенными видами.

Зонально-географический состав литоральной фауны брюхоногих и двустворчатых моллюсков различен. Среди Gastropoda доминируют приазиатские низкобореальные виды, на втором месте находятся приазиатские субтропическо-низкобореальные, а на третьем – тихоокеанские широкобореальные. Среди Bivalvia преобладают приазиатские субтропическо-низкобореальные виды, второе место занимают субтропические, третье – приазиатские низкобореальные (рис. 2). Как видно, фауна двустворчатых по сравнению с фауной брюхоногих в большей степени формируется тепловодными элементами.

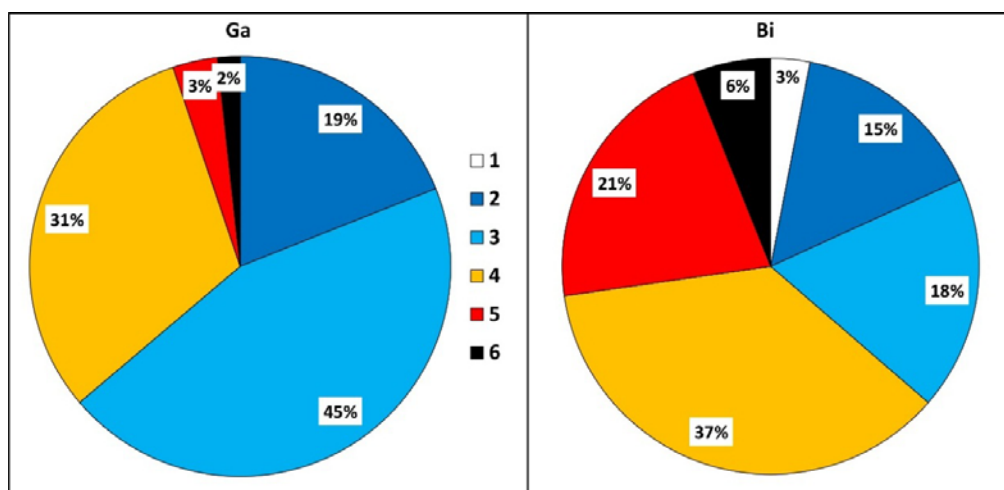


Рис.2. Зонально-географический состав литоральной малакофауны ДВГМЗ:
Ga – Gastropoda, Bi – Bivalvia; 1 – бореально-арктические, 2 – широкобореальные,
3 – низкобореальные, 4 – субтропическо-низкобореальные, 5 – субтропические,
6 – тропическо-субтропические и тропическо-бореальные

Fig.2. Zonal and geographical composition of the littoral malacofauna of the Far East Marine Biosphere Reserve:

Ga – Gastropoda, Bi – Bivalvia; 1 – boreal-arctic, 2 – wide boreal,
3 – low boreal, 4 – subtropical-low boreal, 5 – subtropical,
6 – tropical-subtropical and tropical-boreal



В литоральной фауне Gastropoda в целом доминируют виды, населяющие твердые грунты (36 видов или 62% от общего числа), на втором месте селящиеся на мягких грунтах (12 или 21%), на третьем – обитающие на смешанных или твердых и смешанных грунтах (по 3 вида или 5%). В литоральной фауне Bivalvia доминируют виды, населяющие мягкие грунты (10 или 30%), на втором месте – обитающие на твердых грунтах или различных грунтах (по 10 или 21%), на третьем – на смешанных и мягких грунтах (6 или 18%). Преобладание в фауне ДВГМЗ брюхоногих моллюсков над двустворчатыми, вероятнее всего, объясняется неблагоприятным воздействием прибоев на организмы-фильтраторы. Поэтому виды Bivalvia в основном поселяются в сублиторали, а на литорали чаще всего населяют мягкие грунты, в которые закапываются при ухудшении условий питания. Брюхоногие же, являющиеся фито-, детрито- и полифагами, осваивают твердые и смешанные грунты, преобладающие на литорали Морского заповедника, более успешно.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволяет выделить в литоральной малакофауне ДВГМЗ наиболее богато представленные в видовом разнообразии Bivalvia пять семейств: *Mytilidae*, на долю которого приходится 6 видов из 5 родов, *Veneridae* – 5 видов из 4 родов, *Macridae* – 3 вида из 3 родов, *Myidae* – 3 вида из 2 родов и *Psammobiidae* – 2 вида из 2 родов, тогда как остальные 11 семейств характеризуются наличием в своем составе всего 1 рода. Среди Gastropoda самые крупные семейства *Littorinidae* и *Lottiidae* менее разнообразны и включают всего по 2-3 рода, а 64.5% семейств представлены 1 родом и 1 видом. Среди Gastropoda 4 вида являются очень редкими, среди Bivalvia таких видов нет.

Литоральную малакофауну ДВГМЗ формируют «местные» виды тихоокеанского происхождения, ограниченные в своем распространении побережьем Азии. При этом среди Gastropoda преобладают умеренноводные (низкобореальные), а также тепловодные элементы (субтропическо-низкобореальные). В фауне Bivalvia доминируют тепловодные элементы (субтропическо-низкобореальные и субтропические).

Приведенные выше данные позволяют представить более полную картину о видовом многообразии, экологии и особенностях географического распространения литоральной малакофауны ДВГМЗ, как составной части залива Петра Великого.

Благодарности: 1. Авторы искренне признательны сотруднику ДВГМЗ А.А. Кепелю за сбор материала и старшему научному сотруднику А.В. Чернышеву (ННЦМБ ДВО РАН) за определение видов семейства *Lottiidae*.

2. Работа выполнена по теме «Биоразнообразие Мирового океана: состав и распределение биоты».

Acknowledgements: 1. The authors are sincerely grateful to A.A. Kapel, a staff member of the Far East State Museum Institute, for collecting the material; and to A.V. Chernyshev, a senior researcher at the National Center for Marine Biology FEB RAS, for determining the species of the *Lottiidae* family.

2. The research is based on the following thesis: "Biodiversity of the World Ocean: Composition and Distribution of Biota".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 1981. 480 с.
2. Lutaenko K.A., Noseworthy R.G. Catalogue of the Living Bivalvia of the Continental Coast of the Sea of Japan (East Sea). Vladivostok: Dalnauka, 2012. 247 p.



3. Список видов свободноживущих беспозвоночных дальневосточных морей России // Исследования фауны морей. Под ред. Б.И. Сиренко. Спб., 2013. Вып. 75 (83). 256 с. URL: http://oceanrep.geomar.de/32193/1/dv_list.pdf (дата обращения: 14.10.2018)
4. Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Том 2. / отв. ред. А.Н. Тюрин, ред. А.Л. Дроздов. Владивосток: Дальнаука, 2004. 848 с.
5. Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А., Бегун А.А., Городков А.Н. Чужеродные виды в Дальневосточном морском государственном морском биосферном заповеднике // Известия ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 60-81.
6. Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 5-74.
7. Волова Г.Н., Голиков А.Н., Кусакин О.Г. Раковинные брюхоногие моллюски залива Петра Великого. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. 170 с.
8. Мартынов А.В., Коршунова Т.А. Заднежаберные моллюски морей России // Атлас-определитель с обзором биологии. М.: Фитон, 2011. 232 с.
9. Левенец И.Р., Лебедев Е.Б. Изменения в бентосных сообществах бухты Миноносек (залив Посыета, Японское море) // Известия ТИНРО. 2015. Т. 183. С. 217-226. Doi: 10.26428/1606-9919-2015-183-217-226
10. Гульбин В.В. Каталог раковинных брюхоногих моллюсков российских вод Японского моря. Часть 1 // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2006. Вып. 10. С. 5-28. URL: http://rfems.dvo.ru/images/rfems/bulletin/vol_010/article_01.pdf (дата обращения: 14.10.2018)
11. Левенец И.Р., Лебедев Е.Б. Фауна литоральных Gastropoda Дальневосточного морского биосферного заповедника ДВО РАН (залив Петра Великого) // Материалы III Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана», Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. Ч. I. С. 165-169. URL: <http://conf.dalrybvtuz.ru/files/articles/21.pdf> (дата обращения: 14.10.2018)
12. Лебедев Е.Б., Мартынов А.В., Коршунова Т.А. Брюхоногие моллюски (Mollusca, Gastropoda) Дальневосточного морского заповедника // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 2015. N 1. С. 54-86. URL: http://biota-environ.com/full/N1_2015.pdf (дата обращения: 11.09.2018)
13. Chernyshev A.V., Ratnikov A.V., Chaban E.M. First finds of the "sea hare" *Aplysia parvula* (Gastropoda: Opisthobranchia) in Peter the Great Bay, Sea of Japan // Russian Journal of Marine Biology. 2006. V. 32. Iss. 6. P. 384-385. Doi: 10.1134/S1063074006060095
14. Лебедев Е.Б. Двустворчатые моллюски (Mollusca, Bivalvia) Дальневосточного морского заповедника // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 2015. N 1. URL: http://biota-environ.com/full/N1_2015.pdf (дата обращения: 11.09.2018)

REFERENCES

1. Scarlato O.A. *Dvustvorchatye mollyuski umerennykh shirot zapadnoi chasti Tikhogo okeana* [Bivalve mollusks of the temperate latitudes of the western part of the Pacific Ocean]. Leningrad, Nauka Publ., 1981, 480 p. (In Russian)
2. Lutaenko K.A., Noseworthy R.G. Catalogue of the Living Bivalvia of the Continental Coast of the Sea of Japan (East Sea). Vladivostok, Dalnauka Publ., 2012, 247 p.
3. Sirenko B.I., ed. Check-list of species of free-living invertebrates of the Russian Far Eastern seas. In: *Issledovaniya fauny morei* [Explorations of the fauna of the seas]. St. Petersburg, Zoological Institute Publ., 2013, vol. 75(83), 256 p. (In Russian). Available at: http://oceanrep.geomar.de/32193/1/dv_list.pdf (accessed 14.10.2018)



4. Drozdov A.L., ed. *Dal'nevostochnyi morskoi biosfernyy zapovednik. Biota* [Far-Eastern Marine Biospherical Reserve. Biota]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2004, vol. 2, 848 p. (In Russian)
5. Zvyagintsev A.Yu., Ivin V.V., Kashin I.A., Begun A.A., Gorodkov A.N. Nonindigenous species in the Far-Eastern Marine State Natural Biospheric Reserve. *Izvestiya TINRO* [Izvestiya TINRO]. 2012, vol. 170, pp. 60-81. (In Russian)
6. Kusakin O.G., Kudryashov V.A., Tarakanova E.F., Shornikov E.I., Belt-Forming Floral-Faunal Assemblages in Intertidal Zone of the Kuril Islands. In: *Rastitelnyi i zhivotnyi mir litorali Kurilskikh ostrovov* [Plant and Animal World of the Intertidal Zone of the Kuril Islands]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974, pp. 5-75. (In Russian)
7. Volova G.N., Golikov A.N., Kusakin O.G. *Rakovinnye bryukhonogie mollyuski zaliva Petra Velikogo* [Shell-Bearing Gastropods of Peter the Great Bay]. Vladivostok, Far Eastern Branch of the RAS of the USSR Publ., 1979, 170 p. (In Russian)
8. Martynov A.V., Korshunova T.A. Opisthobranch Molluscs of the Seas of Russia. In: *Atlas-opredelitel s obzorom biologii* [Colour guide to their taxonomy and biology]. Moscow, Fiton+ Publ., 2011, 232 p. (In Russian)
9. Levenets I.R., Lebedev E.B. Changes in benthic communities of the Minonosok Bight (Posyet Bay, Sea of Japan). *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 183, pp. 217-226. (In Russian) Doi: 10.26428/1606-9919-2015-183-217-226
10. Gulbin V.V. Catalogue of the shell-bearing gastropods in the Russian Waters of the Sea of Japan. Part 1. *Bulleten' Dalnevostochnogo Malakologicheskogo Obschestva*, 2006, vol. 10, pp. 5-28. (In Russian). Available at: http://rfems.dvo.ru/images/rfems/bulletin/vol_010/article_01.pdf (accessed 14.10.2018)
11. Levenets I.R., Lebedev E.B. Fauna littoralnykh gastropoda Dalnevostochnogo morskogo biosferного zapovednika DVO RAN (zaliv Petra Velikogo) [The littoral gastropods fauna of the Far Eastern Marine Biosphere State Natural Reserve FEB RAS (Peter the Great Bay)]. *Materialy III mezhdunarodnoi nauchno-technicheskoi konferentsii "Aktualnye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana"*, Vladivostok, 2014 [Proceedings of the 3rd International Scientific and Technical Conference "Urgent problems of the world ocean biological resources development", Vladivostok, 2014]. Vladivostok, 2014, pp. 165-169. (In Russian). Available at: <http://conf.dalrybvtuz.ru/files/articles/21.pdf> (accessed 14.10.2018)
12. Lebedev E.B., Martynov A.V., Korshunova T.A. Gastropod Mollusks (Mollusca, Gastropoda) of the Far Eastern Marine Reserve (Peter the Great Bay, Sea of Japan). In: *Biota i sreda zapovednikov Dal'nego Vostoka* [Biodiversity and Environment of Far East Reserves]. 2015, no. 1, pp. 54-86. (In Russian). Available at: http://biota-environ.com/full/N1_2015.pdf. (accessed 11.09.2018)
13. Chernyshev A.V., Ratnikov A.V., Chaban E.M. First finds of the "sea hare" *Aplysia parvula* (Gastropoda: Opisthobranchia) in Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, 2006, vol. 32, iss. 6, pp. 384-385. DOI: 10.1134/S1063074006060095
14. Lebedev E.B. Bivalve Mollusks (Mollusca, Bivalvia) of the Far Eastern Marine Reserve (Russia). In: *Biota i sreda zapovednikov Dal'nego Vostoka* [Biodiversity and Environment of Far East Reserves]. 2015, no. 1, pp. 32-53. (In Russian). Available at: http://biota-environ.com/full/N1_2015.pdf. (accessed 11.09.2018)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Евгений Б. Лебедев, младший научный сотрудник, лаборатория по исследованию биологического разнообразия и мониторингу ООПТ филиала «Дальневосточный

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Evgeny B. Lebedev, Junior research worker of the Laboratory for Biological Diversity Research and Monitoring of Protected Areas of the Branch, Far Eastern Marine Bio-



морской заповедник» – филиал ННЦМБ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия.

Ирина Р. Левенец*, кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория динамики морских экосистем, Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии Дальневосточного отделения Российской академии наук; 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Пальчевского, д. 17; тел. +7914-676-62-09; e-mail: iralevenetz@rambler.ru

Критерии авторства

Евгений Б. Лебедев проводил определение собранного малакофаунистического материала и проанализировал полученные результаты. Ирина Р. Левенец участвовала в сборе материала, в концепции и в научном дизайне статьи, несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 15.10.2018

Принята в печать 03.12.2018

sphere Reserve, National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia.

Irina R. Levenets*, Candidate of Biological Science, Researcher of the Laboratory of Dynamics of Marine Ecosystems, A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of RAS, Russia, 690041, Vladivostok, street Palchevsky, 17. Tel. +7914-676-62-09; e-mail: iralevenetz@rambler.ru

Contribution

Evgeny B. Lebedev carried out the determination of the collected malacofaunal material and made an analysis of the results. Irina R. Levenets participated in the collection of material, designing the concept and scientific structuring of the article; is also responsible for avoiding the plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.10.2018

Accepted for publication 03.12.2018



Оригинальная статья / Original article

УДК 636.32/.38:619:616.152.15

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53

МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ОВЕЦ И ИХ КОРРЕКЦИЯ В УСЛОВИЯХ ЙОДОДЕФИЦИТА

¹Марина И. Селионова, ²Антонина К. Михайленко*, ¹Людмила Н. Чижова,

³Чолпан Б. Чотчаева, ¹Евгения С. Суржикова

¹Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал
ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», Михайловск, Россия

²Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь,
Россия, taik-bio@mail.ru

³Карачаево-Черкесский государственный университет, Карачаевск, Россия

Резюме. Цель. Широко распространённый дефицит йода и связанные с ним эндемические заболевания в горной местности Северного Кавказа соотносят к йодной эпидемии. Патологические состояния животных, возникающие на фоне йодной недостаточности, наносят экономический ущерб животноводческой отрасли, в том числе и овцеводству. В связи с этим целью данной работы явилось раскрытие морфо-биохимических изменений, гормонального (тиреоидного) фона, иммунной реактивности у овец карачаевской породы в онтогенезе, выращиваемых в разных экологических зонах, с неодинаковой обеспеченностью йодом, а также рассмотрение влияния экзогенно введенного гормона (тироксина) на иммунный статус молодняка в условиях йододефицита, для определения перспективных путей разработки эффективного метода профилактики и лечения. **Методы.** Биоматериалом служила кровь ягнят в возрасте 1-го, 2-х, 3-х, 4-х, 8-ми месяцев, содержащихся в условиях неодинаковой обеспеченностью йодом. Об уровне концентрации тиреоидных гормонов (Т₃, Т₄) в сыворотке крови судили по результатам иммуноферментного анализа, морфо-биохимического статуса, иммунной реактивности – методами гематологического, биохимического анализа, коррекция йододефицита – внутримышечными инъекциями тироксина в дозе 1 мг/кг, с интервалом в 2-3 месяца. **Результаты.** Установлены онтогенетические особенности формирования морфо-биохимических систем, гормонального фона, иммунного статуса у овец, содержащихся в разных природно-климатических зонах, с различной йодной обеспеченностью. **Заключение.** Выявлены нарушения гемопоэтической функции, различия в гематологических параметрах, гипопроотеинемия, изменения гормонального фона, низкий уровень иммунокомпетентных Т-, В-клеток в крови овец из разных зон. Установлено, что метаболический ответ на экзогенный тироксин проявился в нормализации обменных процессов, активации клеточного иммунитета.

Ключевые слова: йододефицит, тиреоидные гормоны, метаболизм, иммунная реактивность, овцы.

Формат цитирования: Селионова М.И., Михайленко А.К., Чижова Л.Н., Чотчаева Ч.Б., Суржикова Е.С. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.42-53. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53



MORPHOBIOCHEMICAL FUNCTIONS OF THE SHEEP ORGANISM AND THEIR ADJUSTMENT IN THE CONDITIONS OF IODINE DEFICIENCY

¹Marina I. Selionova, ²Antonina K. Mikhailenko*, ¹Lyudmila N. Chizhova,
³Cholpan B. Chotchaeva, ¹Evgenia S. Surzhikova

¹All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the
North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhailovsk, Russia

²Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia, mak-bio@mail.ru

³Karachay-Cherkessia State University, Karachaevsk, Russia

Abstract. Aim. Widespread iodine deficiency causing endemic diseases in the highlands of the North Caucasus relate to the iodine epidemic. This type of pathology causes economic damage to the livestock industry, including sheep. In this regard, the aim of this work was to study morphobiochemical changes, hormonal (thyroid) background, immune reactivity in Karachai sheep during ontogenesis in different ecological zones with different iodine availability levels as well as to consider the effect of exogenous hormone (thyroxine) on the immune status of young stock under conditions of iodine deficiency and determine promising ways of developing an effective method of prevention and treatment against the pathology. **Methods.** We conducted an analysis of the blood of lambs aged 1, 2, 3, 4 and 8 months kept in conditions of unequal iodine provision. The serum concentration of thyroid hormones (T₃, T₄) was evaluated by the results of an enzyme immunoassay, morphobiochemical status and immune reactivity by hematological, biochemical analysis, correction of iodine deficiency by intramuscular injections of thyroxine at a dose of 1 mg/kg with an interval of 2-3 months. **Results.** The ontogenetic features of the formation of morphobiochemical systems, hormonal background, immune status in sheep kept in different climatic zones with different iodine provision were established. **Conclusion.** Disorders of hematopoietic function, differences in hematological parameters, hypoproteinemia, changes in hormonal levels, low levels of immunocompetent T and B cells in the blood of sheep from different zones were detected. It was established that the metabolic response to exogenous thyroxine contributed to the normalization of metabolic processes and activation of cellular immunity.

Keywords: iodine deficiency, thyroid hormones, metabolism, immune reactivity, sheep.

For citation: 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

ВВЕДЕНИЕ

Проблема баланса йода в системе «окружающая среда – организм – последствия йододефицита» является одной из острых проблем современного животноводства. Мониторинг научной литературы свидетельствует о том, что йододефицитное состояние, в большей или меньшей степени, характерно почти для всей Российской Федерации. По мнению исследователей, в горных, предгорных регионах нашей страны, в том числе и на Северном Кавказе, сложившаяся ситуация в настоящее время соотносится к йодной эпидемии [1; 2]. Поскольку йододефицитные условия содержания сельскохозяйственных животных не только отрицательно сказываются на здоровье животных, но и на качестве получаемой животноводческой продукции, то эта проблема имеет как народно-



хозяйственное, так и социальное значение. Изучение особенностей индивидуального развития овец карачаевской породы, выращиваемых в разных природно-климатических зонах КЧР (низина, горы) с неодинаковой обеспеченностью йодом позволит выявить те особенности морфо-биохимических функций в их организме, те механизмы адаптации к специфическим условиям, которые обеспечивают способность к выживанию. Тиреоидным гормоном, вырабатываемым щитовидной железой, принадлежит важная роль в процессе адаптации [3; 4]. Функциональная активность щитовидной железы полностью зависит от количества поступающего йода. Йод, соединения которого являются сложной системой химических, биологических регуляций межклеточного обмена, постоянно содержится в организме. Механизм образования тиреоидных гормонов заключается в том, что поступивший в организм йод с кормом или водой, всасывается в желудочно-кишечном тракте и в виде иодидов попадает в кровь. В щитовидной железе молекулярный (элементарный) йод включается в аминокислоту тирозин. При присоединении одного атома йода к этой аминокислоте образуется монойодтирозин, двух – дийодтирозин, не обладающие свойствами гормона. После слияния двух молекул дийодтирозина образуется тироксин (T_4), а при конденсации ди- и монойодтирозина – трийодтиронин (T_3) [5]. При этом тироксин (T_4) содержит около 70% йода, потому как в организме его синтезируется значительно больше (в 10-20 раз), чем трийодтиронина (T_3). Тиреоидные гормоны активно включаются в обменные процессы: связываясь с белками плазмы крови, образует метаболически активные, состоящие на 90,0-95,0% из тироксина, белковосвязывающие комплексы. В митохондриях клеток активизируются окислительно-восстановительные процессы путем увеличения потребления кислорода и выделения углекислоты, что способствует образованию энергетического материала (углеводов, липидов) и аминокислот, активно включающихся в общий обмен веществ [6-8]. В условиях йодной недостаточности разведение овец сопровождается задержкой роста и развития, приводит к снижению мясной и шерстной продуктивности. У овцематок при йододефиците появляются аборт, ягнята рождаются слабыми и зачастую нежизнеспособными. Разработанные в настоящее время различные способы восполнения йододефицита, главным образом, используются в виде подкормок (стабилизированные йодированные соли калия и натрия) в сухой форме или в виде растворов. Известно, что элементарный йод и его соединения неустойчивы. Они быстро превращаются в организме животного в неусвояемые формы и контролировать количество йода, поступающего в организм животного затрудняется. Наиболее эффективным способом, на наш взгляд, является коррекция йодной недостаточности путем внутримышечных инъекций гормона тироксина (T_4).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская работа выполнялась на овцах карачаевской породы, разводимых в разных природно-климатических зонах: низина (I гр.), горная зона (2,0-2,5 тысячи метров над уровнем моря) с достаточным содержанием йода в кормах (II гр.), горная – с его дефицитом в 2,4-4,0 раза (III гр.). Экспериментальные группы формировались с учетом пола (ярочки), живой массы, возраста (1-го, 2-х, 3-х, 4-х, 8-ми месяцев). О концентрации тироксина – T_4 , трийодтироксина – T_3 в сыворотке крови опытных животных судили по результатам иммуноферментного анализа с использованием спектрофотометра «Униплан» фирмы «Ricon»; об уровне Т-, В-лимфоцитов – методом спонтанного розеткообразования по рекомендациям И.П. Кондрахина; о нормализации морфо-биохимических функций, гормонального фона, иммунной реактивности судили на фоне внутримышечной инъекции тироксина в щелочном растворе (1 мг/мл) в течение 15 дней с суточным интервалом. Полученный в результате эксперимента цифровой материал обрабатывался методами вариационной статистики по А.А. Плохинскому, Е.С. Меркурьевой с применением программ Start; разница между показателями считалась достоверной при $P < 0,05$.



ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительным анализом морфологического состава крови установлена общая для всех изучаемых групп животных закономерность, сводившаяся к тому, что для раннего периода онтогенеза (1 мес.) характерно низкое количество эритроцитов, меньший уровень в них гемоглобина с постепенным повышением в следующие возрастные периоды (табл. 1).

Таблица 1

Показатели морфологического состава крови овец в разных условиях содержания

Table 1

Indicators of the morphological composition of the blood of sheep under different farming conditions

Возраст, мес. Age, in months	Эритроциты, $10^{12}/л$ Erythrocytes, $10^{12}/l$			Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocytes, $10^9/l$			Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	7,52 $\pm 0,23$	7,79 $\pm 0,34$	7,06 $\pm 0,29$	9,00 $\pm 0,55$	8,84 $\pm 0,81$	8,13 $\pm 0,42$	116,1 $\pm 2,09$	119,8 $\pm 1,78$	108,5 $\pm 1,24$
2	9,09 $\pm 0,42$	9,18 $\pm 0,51$	8,02 $\pm 0,23$	9,24 0,78	9,11 $\pm 0,59$	8,49 $\pm 0,47$	124,7 $\pm 2,07$	128,3 $\pm 1,24$	117,0 $\pm 1,68$
3	8,95 $\pm 0,78$	9,09 $\pm 0,60$	8,29 $\pm 0,14$	9,32 $\pm 0,70$	9,21 $\pm 0,49$	8,77 $\pm 0,79$	120,6 $\pm 2,12$	122,7 $\pm 1,39$	114,5 $\pm 2,02$
4	9,01 $\pm 0,57$	9,19 $\pm 0,69$	8,42 $\pm 0,21$	9,59 $\pm 0,82$	9,41 $\pm 0,58$	9,02 $\pm 0,72$	120,4 $\pm 2,29$	123,3 $\pm 1,87$	111,7 $\pm 1,81$

Так, у молодняка овец (I и II группа), не испытывающих дефицит йода, показатели красной крови (количество эритроцитов, уровень гемоглобина) во все наблюдаемые периоды онтогенеза были достоверно выше, чем у сверстников (III гр.), испытывающих его дефицит: в одномесечном возрасте – на 6,2 и 9,4; 6,6 и 9,4%, в 2-х – на 11,8 и 12,6; 8,8 и 6,2%, в 3-х – на 8,8 и 7,4; 5,4 и 6,7%, в 4-х – на 6,6 и 8,4; 7,2 и 9,4%, соответственно ($P < 0,05$; $P < 0,01$). Одна из важных функций крови – окислительно-восстановительная – перенос кислорода от легочных альвеол к тканям отводится эритроцитам и гемоглобину, а участие в формировании защитного потенциала, как известно, принимают лейкоциты. В крови овец независимо от зоны их разведения количество лейкоцитов с возрастом увеличивалось, достигнув максимальных величин к 4-х месячному возрасту. Это свидетельствует, в определенной мере, становлению иммунного статуса к этому возрастному периоду. Однако в периферической крови молодняка овец, не испытывающих йододефицит (I, II гр.), циркулировало достоверно большее количество лейкоцитов: в одномесечном возрасте – на 9,7 и 8,0%, в 2-х – на 8,3 и 6,8%, в 3-х – на 5,9 и 4,8%, в 4-х – на 5,9 и 4,1%, соответственно ($P < 0,05$). Можно предположить, что незрелость гемопоэтической системы и произошедшая замена фетального гемоглобина на гемоглобин взрослого животного, обусловила меньшее количество форменных элементов и более низкий уровень гемоглобина в первый месяц жизни ягнят. Кроме того, выявленные различия гематологического профиля могут быть обусловлены климатическими, природными факторами – гипоксией и дефицитом йода, что, вероятно, сказывается на функциональной активности щитовидной железы. Исследованиями ряда авторов [9-11] доказано, что тиреоидные гормоны (тироксин – T_4 , трийодтиронин – T_3) оказывают влияние на эритропоэз, усиливая пролиферативные процессы в эритроидных колониях. Что, в свою очередь обеспечивает потребности организма в кислороде при гипоксии в условиях гор, то есть активация выработки эритропоэтина создает условия для образования большего количества эритроцитов с более высоким содержанием в них гемоглобина в крови овец, содержащихся в горных условиях.



Анализ полученных данных крови овец, содержащихся в разных экологических зонах, с неодинаковой йодной обеспеченностью профиля тиреоидных гормонов свидетельствует о неоднозначной вариабельности уровня тироксина – T_4 и трийодтиронина – T_3 у животных как с возрастом, так и с зоной их обитания. При этом в характере возрастных изменений установлена схожесть уровня тиреоидных гормонов в крови молодняка овец, не зависимо от зоны их содержания, сводившаяся к постепенному снижению уровня T_3 и T_4 . Так, у ягнят I группы в 3-х месячном возрасте: T_3 составляет 2,81 и T_4 – 94,79; II группы: T_3 – 2,44 и T_4 – 79,93; III группы: T_3 – 2,06 и T_4 – 62,84 нмоль/л (табл. 2).

Таблица 2
Возрастная динамика уровня тиреоидных гормонов в крови овец, нмоль/л

Table 2

Age dynamics of thyroid hormone levels in the blood of sheep, nmol/l

Возраст, мес. Age, in months	Группы животных / Animal groups								
	I			II			III		
	Трийодтироксин (T_3) Triiodothyroxine (T_3)	Тироксин, (T_4) Thyroxine (T_4)	T_3/T_4 , %	Трийодтироксин (T_3) Triiodothyroxine (T_3)	Тироксин, (T_4) Thyroxine (T_4)	T_3/T_4 , %	Трийодтироксин (T_3) Triiodothyroxine (T_3)	Тироксин (T_4) Thyroxine (T_4)	T_3/T_4 , %
1	5,03 ±0,59	133,18 ±5,79	3,78 ±0,12	4,78 ±0,13	120,11 ±4,73	3,98 ±0,40	3,92 ±0,30	94,09 ±6,03	4,17 ±0,39
2	3,10 ±0,25	103,59 ±6,10	2,99 ±0,14	2,71 ±0,17	86,69 ±4,12	3,13 ±0,11	2,32 ±0,15	77,11 ±5,00	3,01 ±0,13
3	2,81 ±0,20	94,79 ±3,93	2,96 ±0,09	2,44 ±0,13	79,93 ±5,09	3,05 ±0,11	2,06 ±0,12	69,84 ±4,03	2,95 ±0,13
4	3,35 ±0,25	109,70 ±7,09	3,05 ±0,12	2,94 ±0,12	87,77 ±6,23	3,35 ±0,22	2,43 ±0,05	72,92 ±4,79	3,33 ±0,17
8	3,61 ±0,34	111,32 ±3,88	3,24 ±0,19	3,42 ±0,15	98,81 ±3,29	3,46 ±0,36	2,96 ±0,21	86,23 ±4,35	3,43 ±0,24

Для последующих возрастных периодов (4-х, 8-ми месяцев) характерно повышение концентрации T_3 и T_4 у животных I группы – до 3,35 и 3,61; 109,7 и 111,32 нмоль/л; II группы – до 2,94 и 3,42; 87,77 и 98,81 нмоль/л и III группы – до 2,43 и 2,96; 72,92 и 86,23 нмоль/л, соответственно ($P < 0,01$). Однако в крови молодняка овец во все периоды онтогенеза, не испытывающих йододефицит (I и II гр.), в сравнение со сверстниками, содержащимися в зоне с йодной недостаточностью (III гр.), уровень тиреоидных гормонов (T_3 и T_4) был достоверно выше с превосходством в 1 месячном возрасте – на 22,1 и 18,0; 29,4 и 21,7%, в 2-х – на 25,2 и 14,4; 25,6 и 11,1%, в 3-х – на 26,7 и 15,6; 26,3 и 12,6%, в 4-х – на 27,5 и 17,4; 27,1 и 16,9%, в 8-ми – на 18,0 и 13,5; 22,5 и 12,7%, соответственно ($P < 0,01$; $P < 0,05$). Интересно отметить, что величина коэффициента тиреоидной конверсии (отношение трийодтиронина – T_3 к тироксину – T_4 ($T_3/T_4 \times 100$)) во все изучаемые периоды онтогенеза у овец, выращиваемых в условиях гор, была, как правило, выше ($P < 0,05$). Анализ полученных данных свидетельствует о более интенсивном превращении тироксина в организме животных на более активный трийодтиронин. Активный трийодтиронин, необходим для активации метаболизма и обеспечения жизнедеятельности организма.

Анализом и сопоставлением показателей белкового обмена выявлена значительная вариабельность уровня сывороточного белка, его фракций, обусловленная как возрастом, так и условиями содержания ягнят [15] (табл. 3).



Таблица 3
Уровень сывороточного белка и его фракций у овец в разных условиях содержания
Table 3

The level of serum protein and its fractions in sheep under different farming conditions

Возраст, мес. Age, in months	Общий белок, г/л Total protein, g/l			Белковые фракции, % / Protein fractions, %					
				Альбумины Albumins			Глобулины Globulins		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	67,77 ±1,22	63,36 ±1,27	59,88 ±1,88	34,29 ±1,19	32,49 ±1,43	30,15 ±2,04	33,48 ±1,24	30,82 ±1,51	29,73 ±1,31
2	76,37 ±1,96	71,56 ±1,41	63,38 ±1,45	40,31 ±1,18	37,32 ±1,29	32,51 ±1,39	36,06 ±1,35	34,24 ±1,31	30,87 ±1,45
3	71,81 ±2,02	69,02 ±0,94	61,04 ±1,21	34,71 ±1,03	33,81 ±1,78	28,52 ±1,02	37,12 ±1,82	35,21 ±1,15	32,52 ±1,03
4	68,84 ±1,73	66,74 ±1,95	57,15 ±1,66	33,53 ±1,19	30,09 ±1,31	26,52 ±1,12	35,31 ±1,29	36,65 ±1,45	30,53 ±1,25
8	74,30 ±1,94	70,15 ±1,92	60,04 ±1,73	31,46 ±1,24	30,13 ±1,27	24,33 ±1,07	42,84 ±1,36	40,02 ±1,31	35,71 ±1,46

Наименьший уровень сывороточного белка, независимо от условий содержания, был характерен для ягнят в ранний период (1 мес.) онтогенеза, составивший соответственно: 67,77; 63,36; 59,88 г/л. К 2-х месячному возрасту произошло значительное увеличение этого показателя, составившее соответственно: 76,37; 71,56; 63,38 г/л ($P < 0,01$). При этом у молодняка овец, содержащегося в низине и в горных условиях с достаточной йодной обеспеченностью (I; II гр.), увеличение показателя общего белка было более интенсивным с превосходством на 14,3%, в среднем по группе ($P < 0,01$). В последующие возрастные периоды выявленная закономерность сохранилась. Так, в 3-х месячном возрасте у ягнят это превосходство составило в среднем – на 13,3%, в 4-х – на 15,7%, в 8-ми – на 16,9% ($P < 0,01$). Возрастные характеристики качественного состава сывороточного белка крови, то есть, его фракционного состава у молодняка овец из разных зон обитания, свидетельствуют о наименьшей концентрации альбуминов, глобулинов в первый месяц жизни наблюдаемых ягнят и значительному их увеличению к 2-х месячному возрасту. Так, у ягнят I группы до 40,31 и 36,06%, II – до 37,32 и 34,24%; III – до 32,51 и 30,87%, соответственно ($P < 0,01$). Для последующих возрастных периодов характерным являлось постепенное снижение альбуминовой фракции и увеличение глобулиновой. При явном преимуществе концентрации как альбуминов, так и глобулинов в сывороточном белке овец, выращиваемых в низинной и горной зонах с достаточной обеспеченностью йодом (I; II гр.) по сравнению с животными (III гр.), испытывающими его недостаток. У ягнят к 8-ми месячному возрасту уровень альбуминов и глобулинов, не испытывающих йодный недостаток (I; II гр.), составил 31,46 и 42,84; 30,13 и 42,02%, в то время как у сверстников, испытывающих его недостаток (III гр.), – 24,33 и 35,71% ($P < 0,01$). Об общности количественных изменений сывороточного белка и его фракций у ягнят, выращиваемых в разных условиях, свидетельствуют полученные данные, сводившиеся к общебиологическим возрастным закономерностям. Однако степень увеличения изучаемых показателей зависела как от зоны выращивания ягнят, так и от обеспеченности их йодом.

Способность вырабатывать естественные адаптационные реакции является одним из важнейших условий в окружающей среде для успешного существования животного организма. Поскольку иммунная система организма является самой динамичной и лабильной. Благодаря адаптационным механизмам организм животного при незначительной силе стрессового воздействия способен с ним справиться без видимых нарушений физиологических функций. К срыву адаптационных механизмов, сопровождающихся снижением иммунной реактивности, повышению восприимчивости к заболеваниям и да-



же гибели животных приводят, значительные по силе действия и продолжительные по времени стресс-факторы, в том числе природно-климатические, экологические, физиологические (дефицит микро-, макроэлементов и др.) [12-14].

О становлении иммунного статуса судили по уровню Т-, В-клеток и их субпопуляции в периферической крови растущего молодняка. Так, был выявлен ряд особенностей при сравнительном анализе уровня иммунокомпетентных Т-, В-клеток, обусловленных не только зрелостью организма ягнят на разных этапах онтогенеза, но и условиями их содержания [15]. Прежде всего обращает на себя внимание однотипичность возрастных изменений уровня Т-, В-лимфоцитов в крови ягнят по мере их роста и развития независимо от условий их выращивания (табл. 4).

Таблица 4

Уровень Т-, В-лимфоцитов и их субпопуляций в крови овец в разных условиях содержания, $10^9/\text{л}$ [15]

Table 4

The level of T and B-lymphocytes and their subpopulations in the blood of sheep under different farming conditions, $10^9/\text{l}$ [15]

Возраст, мес. Age, in months	Группы животных / Animal groups											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Т-лимфоциты T-lymphocytes			В-лимфоциты B-lymphocytes			Т-супрессоры T-suppressors			Т-хелперы TH-lymphocytes		
1	0,67 $\pm 0,16$	0,61 $\pm 0,18$	0,60 $\pm 0,14$	0,21 $\pm 0,09$	0,19 $\pm 0,04$	0,17 $\pm 0,07$	0,28 $\pm 0,14$	0,31 $\pm 0,12$	0,34 $\pm 0,15$	0,19 $\pm 0,13$	0,17 $\pm 0,11$	0,15 $\pm 0,08$
2	0,73 $\pm 0,17$	0,69 $\pm 0,15$	0,64 $\pm 0,16$	0,23 $\pm 0,09$	0,21 $\pm 0,06$	0,19 $\pm 0,09$	0,26 $\pm 0,13$	0,27 $\pm 0,15$	0,32 $\pm 0,16$	0,23 $\pm 0,18$	0,24 $\pm 0,18$	0,20 $\pm 0,11$
3	0,86 $\pm 0,19$	0,72 $\pm 0,19$	0,67 $\pm 0,18$	0,27 $\pm 0,10$	0,24 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,10$	0,24 $\pm 0,12$	0,26 $\pm 0,13$	0,25 $\pm 0,14$	0,26 $\pm 0,17$	0,24 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,14$
4	0,91 $\pm 0,19$	0,78 $\pm 0,20$	0,72 $\pm 0,19$	0,46 $\pm 0,03$	0,39 $\pm 0,12$	0,33 $\pm 0,20$	0,17 $\pm 0,10$	0,22 $\pm 0,15$	0,22 $\pm 0,18$	0,28 $\pm 0,22$	0,26 $\pm 0,17$	0,23 $\pm 0,16$
8	1,07 $\pm 0,21$	0,94 $\pm 0,20$	0,88 $\pm 0,20$	0,51 $\pm 0,19$	0,48 $\pm 0,16$	0,44 $\pm 0,19$	0,16 $\pm 0,09$	0,18 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,15$	0,35 $\pm 0,27$	0,33 $\pm 0,13$	0,28 $\pm 0,19$

Наименьший уровень иммунных Т- и В-клеток был характерен для одномесечных ягнят – I, II группы составивший: 0,67 и 0,21; 0,61 и 0,19 $10^9/\text{л}$ и III группы – 0,60 и 0,17 $10^9/\text{л}$. Низкий уровень иммунокомпетентных клеток в ранний период онтогенеза, вероятно, связан с несовершенством иммунной системы. С 2-х месячного возраста и в последующие возрастные периоды, отмечено увеличения количества Т- и В-клеток у всех изучаемых групп ягнят, составившее к 8-ми месячному возрасту у ягнят I группы – 1,07 и 0,51; II гр. – 0,94 и 0,48; III гр. – 0,88 и 0,44 $10^9/\text{л}$ ($P < 0,01$). Как правило, во все наблюдаемые периоды уровень Т-, В-лимфоцитов в периферической крови молодняка овец, не испытывающих йододефицит (I; II гр.), был достоверно выше по сравнению со сверстниками, испытывающими недостаток этого микроэлемента (III гр.): в 1 месячном возрасте – на 6,3 и 15,0%; в 2-х месячном – на 9,9 и 13,6%; 3-х месячном – на 15,2 и 19,2%; в 4-х месячном – на 14,8 и 22,3%; в 8-ми месячном – на 12,4 и 11,1% ($P < 0,01$). Особую роль в постоянстве внутренней среды играют субпопуляции, выполняющие супрессорную и хелперную функции. Результаты сопоставления уровней Т-супрессоров и Т-хелперов свидетельствуют о том, что во все наблюдаемые периоды роста и развития у молодняка овец (I; II гр.), не испытывающих йодный дефицит, интенсивность синтеза Т-хелперов была выше, чем у сверстников, испытывающих его недостаток (III гр.). Что касается синтеза Т-супрессоров, то их количество на протяжении исследуемого периода постнатального он-



тогенеза (1-8 мес.) в крови ягнят всех групп (I, II, III) уменьшалось: от 0,28 до 0,16; от 0,31 до 0,18; от 0,34 до 0,21 $10^9/\text{л}$, соответственно ($P < 0,01$). Изменения, выявленные в уровне Т-, В-лимфоцитов в периферической крови исследуемых ягнят, не выходят за пределы физиологической нормы, но интенсивность их синтеза, вероятно, зависела от условий содержания животных. Изменчивость уровня Т-хелперов и Т-супрессоров, можно предположить, обусловлена активацией тех механизмов иммунного ответа, которые обеспечивают постоянство состава и свойств внутренней среды организма животных, обеспечивающих их жизнедеятельность.

Анализом результатов гормональной терапии (внутримышечного введения тироксина) установлено, что иммунный ответ на экзогенный тирозин проявился на величине показателей, характеризующих защитный потенциал (табл. 5).

Таблица 5

Показатели иммунитета на фоне инъекции тироксина

Table 5

Immunity indicators affected by thyroxine injection

Показатели Indicators	до before	инъекция тироксина (Т ₄), дни thyroxin injection (T ₄), days				до before	инъекция физ. раствора, дни saline injection, days			
		5	10	15	30		5	10	15	30
	Опыт / Experiment						Контроль / Control			
Т-лимфоциты, 10 ⁹ /л T-lymphocytes, 10 ⁹ /l	0,62 ±0,18	0,67 ±0,20	0,70 ±0,28	0,74 ±0,26	0,86 ±0,24	0,63 ±0,18	0,62 ±0,13	0,61 ±0,21	0,61 ±0,13	0,62 ±0,121
В-лимфоциты, 10 ⁹ /л B-lymphocytes, 10 ⁹ /l	0,28 ±0,09	0,33 ±0,22	0,34 ±0,05	0,33 ±0,11	0,35 ±0,09	0,31 ±0,05	0,28 ±0,10	0,32 ±0,04	0,31 ±0,05	0,28 ±0,12
Т-хелперы, 10 ⁹ /л TH-lymphocytes, 10 ⁹ /l	0,23 ±0,08	0,25 ±0,06	0,24 ±0,06	0,28 ±0,09	0,29 ±0,08	0,22 ±0,06	0,22 ±0,05	0,22 ±0,05	0,22 ±0,09	0,21 ±0,10
Т-супрессоры, 10 ⁹ /л T-suppressors, 10 ⁹ /l	0,22 ±0,09	0,21 ±0,07	0,18 ±0,07	0,19 ±0,06	0,18 ±0,03	0,21 ±0,10	0,21 ±0,07	0,21 ±0,08	0,21 ±0,04	0,22 ±0,05
Иммунорегуляторный индекс Immunoregulatory index	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,04	1,05	1,04	1,05	0,95
Циркулирующие иммунные комплексы, ед Circulating immune complex, units	3,01 ±0,21	3,03 ±0,22	3,00 ±0,20	2,54 ±0,18	2,36 ±0,12	3,03 ±0,24	3,02 ±0,07	3,01 ±0,20	3,00 ±0,18	3,02 ±0,21

Сопоставление показателей клеточной защиты 4-х месячных ярок до гормональной коррекции и после нее, свидетельствует об увеличении интенсивности синтеза Т-лимфоцитов на 5 день после инъекции гормона, продолжавшееся до конца эксперимента (30-й день). К 5 дню произошла стабилизация уровня В-лимфоцитов, оставаясь почти неизменной до 30 дня эксперимента. Не менее контрастны показатели, характеризующие интенсивность синтеза субпопуляций, выполняющих хелперную и супрессорные функции. Экзогенный гормон уже на 5 день после инъекции способствовал активации синтеза Т-хелперов, продолжавшуюся до конца эксперимента: $0,23 \times 10^9/\text{л}$ – в начале и $0,29 \times 10^9/\text{л}$ – к 30 дню ($P < 0,01$; $P < 0,05$). Что касается Т-супрессоров, то введение тироксина способствовало снижению синтеза этих клеток с $0,22 \times 10^9/\text{л}$ в начале эксперимента до $0,18 \times 10^9/\text{л}$ в конце его ($P < 0,01$). Степень интенсивности активации хелперных и супрессорных функций на фоне гормональной коррекции нашла отражение в величине иммунорегуляторного индекса (ИРИ) – отношение Т-хелперов к Т-супрессорам. К концу эксперимента произошло достоверное увеличение этого показателя, свидетельствующее о становлении иммунной реактивности. Произшедшее к 15-му дню снижение количества



циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), является определенной мере, подтверждением этому выводу.

Полученные данные, их анализ свидетельствуют о том, что внутримышечное введение тироксина способствовало нормализации защитного потенциала овец, испытывающих дефицит йода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сопоставлении и анализе морфологического состава крови овец, содержащихся в разных условиях, выявлена общая для всех опытных групп закономерность – увеличение с возрастом количества форменных элементов крови, уровня гемоглобина. Однако у молодняка овец, не испытывающих йододефицит (низина, горы) достоверна выше была интенсивность увеличения числа красных клеток крови, увеличение в них гемоглобина. У ягнят, выращиваемых в условиях гор с недостаточностью йода, уже на ранних этапах онтогенетического развития произошло нарушение гемопоэтической функции, сохранившееся и в последующие периоды роста. Поскольку, как отмечалось выше, тиреоидные гормоны усиливают активацию эритропоэза, что является особо важным для обеспечения организма животных необходимым количеством кислорода в условиях гипоксии. Выявленные различия в гематологических параметрах овец, выращиваемых в различных экологических зонах, вероятно, обусловлены действием в условиях гор как гипоксии, так и функциональной деятельности щитовидной железы. При наблюдении за характером онтогенетических изменений гормонального фона в крови овец из разных зон, отмечены однотипность, сводившаяся к достаточно высокому уровню тиреоидных гормонов (T_3 , T_4) в крови одномесячных ягнят с последующим снижением (к 2-х, 3-х мес.) и стабилизацией их концентрации к 8-ми месячному возрасту у всех наблюдаемых животных. Четко выраженная периодичность гормонального фона крови растущего молодняка, вероятно, связана с гормонообразующей функцией щитовидной железы, которая поддерживает ту адаптационную норму, которая необходима для жизнедеятельности организма. Что подтверждается большей величиной коэффициента тиреоидной конверсии во все наблюдаемые периоды онтогенеза у ягнят, не испытывающих дефицит йода. Выявленная уже на первых этапах онтогенеза гипопроотеинемия отмечалась и в последующие возрастные периоды у ягнят, испытывающих недостаток йода, которая сопровождалась более низким уровнем иммунокомпетентных Т-, В- клеток, более низкой величиной коэффициента тиреоидной конверсии (T_3/T_4). Метаболический ответ на экзогенный тироксин проявился в нормализации обменных процессов, активации клеточного иммунитета. Особенности изучаемых показателей крови у овец, находящихся в условиях горной местности, вероятно, обусловлены проявлением популяционной адаптивной изменчивости под влиянием сложившихся факторов внешней среды, а также породных особенностей животных, пластичностью их гормонального, в частности, тиреоидного фона. Дальнейшие слежения за физиолого-биохимической адаптацией овец карачаевской породы, разводимой в условиях гор Северного Кавказа, позволит полнее раскрыть механизмы популяционной адаптации, сохраняющиеся на протяжении длительного времени и сопровождающиеся стойкими функциональными изменениями, а также разработать способы и приемы коррекции йододефицита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилов А.Х. Морфологическая и функциональная характеристика щитовидной железы домашних животных // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. Вып. 3. С. 62-63.
2. Ярахмедов Р.М. Йодная недостаточность крупного рогатого скота в Республике Дагестан и основы её фармакоррекции // Farm animals. 2012. N 1. С. 65-67.
3. Балаболкин М.И. Достижения в изучении биосинтеза тиреоидных гормонов // Проблемы эндокринологии. 1988.Т. 34. N 2. С. 46-50.



4. Велданова М.В., Скальский А.В. Йод – знакомый и незнакомый. М.: Интел Тек, 2004. 192 с.
5. Селятицкая В.Г., Одинцов С.В., Обухов Л.А. Морфофункциональные изменения щитовидной железы у лабораторных животных при действии холода // Проблемы эндокринологии. 1998. Т. 44. N 4. С. 40-42.
6. Туракулов Я.Х., Тапходжаева Т.П. Внутритиреоидное дейодирование тироксина: влияние ТТГ и денервации щитовидной железы // Проблемы эндокринологии. 1986. Т. 32. N 5. С. 72-76.
7. Assane M., Sere A. Influence de la saison et de la gestation sur la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes: triiodothyronine (T₃) et thyroxine (T₄), chez la brebis peulh du Sahel // Ann Rech. Veter. 1990. V. 21. N 4. P. 499-503.
8. Kim S.R., Tull E.S., Talbott E.O., Vogt M.T., Kuller L.H. A hypothesis of synergism: the interrelationship of T₃ and insulin to disturbances in metabolic homeostasis // Med. Hypotheses. 2002. V. 59. Iss. 6. P. 660-666.
9. Радченков В.П., Матвеев В.А., Бутров Е.В. Количественные показатели гормонального статуса сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственные животные. Физиологические и биохимические параметры организма: справочное пособие. Боровск: ВНИИФБиП, 2002. С. 235-258.
10. Скальский А.В., Мирошников С.А., Нотова С.В., Болодурина И.П., Мирошников С.В., Алиджанова И.Э. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // Экология человека. 2014. N 9. С. 14-17.
11. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition // Public Health Nutr. 2007. V. 10. Iss. 12A. P. 1571-1580. Doi: 10.1017/S1368980007360941
12. Квачев И.Г., Касич А.Ю. Иммунодефицитные состояния и их корреляция // Сельскохозяйственная биология. 1991. Т. 26. N 2. С. 103-115.
13. Суплотова А.А., Губина В.В., Карнаухова Ю.Б. Скрининг врождённого гипотиреоза как дополнительный метод изучения йододефицитных заболеваний // Проблемы эндокринологии. 1998. Т. 44. N 1. С. 15-19.
14. World Health Organization. Essence of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva. WHO. 2001. P. 49-71.
15. Чижова Л.Н., Михайленко А.К., Чотчаева Ч.Б., Барнаш Е.Н. Формирование иммунного статуса у овец в условиях йододефицита // Сборник научных трудов СНИИЖК. Ставрополь. 2014. Т. 1. Вып. 7. С. 150-155.

REFERENCES

1. Pilov A.Kh. Morphofunctional characteristic of the thyroid gland of domestic animals in the conditions of the Central part of the North Caucasus. Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2003, iss. 3, pp. 62-63. (In Russian)
2. Yarakhmedov R.M. Iodine deficiency in cattle in the Dagestan Republic. Farm animals. 2012, no. 1, pp. 65-67. (In Russian)
3. Balabolkin M.I. Achievements in the study of the biosynthesis of thyroid hormones. Problemi Endocrinologii [Problems of Endocrinology]. 1988, vol. 34, no. 2, pp. 46-50. (In Russian)
4. Veldanova M.V., Skalsky A.V. *Iod – znakomyi i neznakomyi* [Iodine as familiar and unfamiliar]. Moscow, Intel Tek Publ., 2004, 192 p. (In Russian)
5. Selyatitskaya V.G., Odintsov S.V., Obukhov L.A. Morphofunctional changes of the thyroid gland in laboratory animals under the action of cold. Problemi Endocrinologii [Problems of Endocrinology]. 1998, vol. 44, no. 4, pp. 40-42. (In Russian)



6. Turakulov Ya.Kh., Tashkhodzhaeva T.P. Inside thyroid deiodination of thyroxine: the effect of TSH and thyroid gland denervation. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology]. 1986, vol. 32, no. 5, pp. 72-76. (In Russian)
7. Assane M., Sere A. Influence de la saison et de la gestation sur la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes: triiodothyronine (T₃) et thyroxine (T₄), chez la brebis peulh du Sahel. *Ann Rech. Veter*, 1990, vol. 21, no. 4, pp. 499-503.
8. Kim S.R., Tull E.S., Talbott E.O., Vogt M.T., Kuller L.H. A hypothesis of synergism: the inter-relationship of T₃ and insulin to disturbances in metabolic homeostasis. *Med. Hypotheses*, 2002, vol. 59, iss. 6, pp. 660-666.
9. Radchenkov B.P., Matveev V.A., Butrov E.V. Quantitative indices of the hormonal status in farm animals. In: *Sel'skokhozyaistvennyye zhivotnye. Fiziologicheskie i biokhimicheskie parametry organizma: spravochnoe posobie* [Farm animals. Physiological and biochemical parameters of the body; a reference guide]. Borovsk, VNIIPHBIP Publ., 2002, pp. 235-258. (In Russian)
10. Skalny A.V., Miroshnikov S.A., Notova S.V., Miroshnikov S.V., Bolodurina I.P., Alidzhanova I.E. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. 2014, no. 9, pp. 14-17. (In Russian)
11. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition. *Public Health Nutr*, 2007, vol. 10, iss. 12A, pp. 1571-1580. Doi: 10.1017/S1368980007360941
12. Kvachev I.G., Kasich A.Yu. Immunodeficiency states and their correlations. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology]. 1991, vol. 26, no. 2, pp. 103-115. (In Russian)
13. Suplotova A.A., Gubina V.V., Karnaukhiva Yu.B. Screening of congenital hypothyroidism as an additional method for studying iodine-deficient diseases. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology]. 1998, vol. 44, no. 1, pp. 15-19. (In Russian)
14. World Health Organization. Essence of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva. WHO. 2001. pp. 49-71.
15. Chizhova L.N., Mikhailenko A.K., Chotchaeva Ch.B., Barnash E.N. Formation of immune status in sheep under conditions of iodine deficiency. In: *Sbornik nauchnykh trudov SNIIZhK* [Collection of scientific papers of SNIIZhK]. Stavropol, 2014, vol. 1, iss. 7, pp. 150-155. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Марина И. Селионова, профессор РАН, доктор биологических наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия, e-mail: m_selin@mail.ru

Антонина К. Михайленко*, доктор биологических наук, профессор кафедры «Биология и экология», Ставропольский государственный медицинский университет, ул. Мира, 310, г. Ставрополь, 355017, Россия. Тел. (8652)35-61-85, e-mail: mak-bio@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Marina I. Selionova, Professor of the RAS, Doctor of Biological Sciences, Director All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding – branch of the FSB SI "North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre", Stavropol, Russia, e-mail: m_selin@mail.ru

Antonina K. Mikhailenko*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the chair "Biology and Ecology", Stavropol State Medical University, st. Mira, 310, Stavropol, 355017, Russia. Tel. (8652)35-61-85, e-mail: mak-bio@mail.ru



Людмила Н. Чиждова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия.
E-mail: immunogenetika@yandex.ru

Чолпан Б. Чотчаева, старший преподаватель Карачаево-Черкесского государственного университета, г. Карачаевск, Россия.

Евгения С. Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия.

Критерии авторства

Все авторы в разной степени участвовали в написании статьи, несут ответственность за плагиат, самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.12.2018

Принята в печать 11.01.2019

Lyudmila N. Chizhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, chief researcher of the laboratory of immunogenetics and DNA technology All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding – branch of the FSB SI “North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre”, Stavropol, Russia.
E-mail: immunogenetika@yandex.ru

Cholpan B. Chotchaeva, Senior teacher of biology and chemistry department of Karachay-Circassian State University named after U.D. Aliev, Karachaevesk, Russia.

Evgenia S. Surzhikova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for immunogenetics and DNA technologies All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding - branch of the FSB SI “North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre”, Stavropol, Russia.

Contribution

All authors equally participated in writing of the article and are responsible avoiding the plagiarism, self-plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.12.2018

Accepted for publication 11.01.2019



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 911+574 (470.67)

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-54-66

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ (НЕОДНОРОДНОСТИ) В ЦЕЛЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОСФЕРНОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОСИСТЕМ ДАГЕСТАНА

Лейла Ш. Ахмедова*, Надира О. Гусейнова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия, geoleyla@mail.ru

Резюме. Цель. В целях реализации геосферной модели устойчивости геосистем территории Республики Дагестан подвергнута статистическому анализу и его интерпретации с использованием гипсометрического анализа территории на основе детального исследования морфологии рельефа методами математической статистики и визуализации. **Методы исследования.** Морфологическая структура территории определена методом планиметрирования в заданных интервалах высот по гипсометрической карте масштаба 1:1000 000; морфометрический анализ территории проведен с выделением большего числа высотных градаций по заданным интервалам границ через 500 м высоты; гипсометрическая карта визуализирована с применением ГИС MapInfo Pro. **Результаты и обсуждение.** В результате исследования выявлено, что основным аргументом, относительно которого трансформируются показатели энергетики продуктивности и устойчивости геосистем, является рельеф в его гипсометрических характеристиках. Числовые значения дисперсии вариабельности подтверждают значительную гипсометрическую неоднородность территории. Сравнивая полученные результаты, приходим к выводу, что максимальная однородность (минимум разнообразия) достигается, когда вся площадь принадлежит одной высотной градации, следовательно, $H_s = -(1 \ln 1) = 0$, а минимальная однородность (максимум разнообразия) соответствует индексу выравнивания 1, то есть при равенстве площадей, занимаемых всеми градациями высот, эта величина составила $H_s = -\ln\left(\frac{1}{9}\right) = 2,2$. Из этого следует, что гипсометрическое разнообразие (неоднородность) территории Дагестана близко к максимальной величине. **Заключение.** Результаты работы использованы для реализации ранее предложенной модели энергетики и устойчивости геосистем при составлении экологических паспортов ряда районов Дагестана, так как полученные количественные оценки гипсометрии территории необходимы в качестве фоновых показателей для разрабатываемых проектов по энергетике и пределов устойчивости геосистем отдельных районов и всей территории республики.

Ключевые слова: геосистема, геосферная модель, устойчивость, устойчивое развитие, гипсометрическая карта, ГИС, рельеф, математическая статистика.

Формат цитирования: Ахмедова Л.Ш., Гусейнова Н.О. Статистический анализ и интерпретация гипсометрической однородности (неоднородности) в целях реализации геосферной модели устойчивости геосистем Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.54-66. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-54-66



STATISTICAL ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE HYSOMETRIC UNIFORMITY (NON-UNIFORMITY) FOR THE REALIZATION OF THE GEOSPHERE MODEL OF STABILITY OF GEOSYSTEMS IN DAGHESTAN

Leyla Sh. Akhmedova, Nadira O. Guseynova*

Dagestan State University, Makhachkala, Russia, geoleyla@mail.ru

Abstract. Aim. In order to introduce the geosphere sustainability model of geosystems in the territory of the Republic of Dagestan, we conducted a statistical analysis and interpretation using a hypsometric analysis of the territory based on a detailed study of the relief morphology using mathematical statistics and visualization methods. **Methods.** The morphological structure of the territory is determined using the method of planimetry at given intervals of heights according to a hypsometric map to a scale of 1: 1,000,000; morphometric analysis of the territory was carried out using a greater number of altitudinal gradations at predetermined border intervals above 500 m of height; hypsometric map was visualized using MapInfo Pro GIS. **Results and discussion.** As a result of the research, it was revealed that the main argument regarding which the energy indicators of the productivity and stability of geosystems are transformed is the relief in its hypsometric characteristics. The numerical values of the variance of the variability confirm the significant hypsometric non-uniformity of the territory. Comparing the obtained results, we conclude that the maximum uniformity (minimum of diversity) is achieved when the entire area belongs to one height gradation, therefore, $H_s = -\ln(1) = 0$, and the minimum uniformity (maximum of diversity) corresponds to the uniformity index 1, that is, when the areas occupied by all gradations of heights are equal, the value is $H_s = -\ln\left(\frac{1}{9}\right) = 2,2$. From this it follows that the hypsometric diversity (non-uniformity) of the territory of Dagestan is close to the maximum value. **Conclusion.** The findings of the study were used to implement the previously proposed energy model and the stability of geosystems in the preparation of ecological certificate in a number of districts of Dagestan, since the obtained quantitative estimates of the territory hypsometry are necessary as background indicators for the energy projects being developed and stability limits of the geosystems of particular regions and the entire republic. **Keywords:** geosystem, geosphere model, sustainability, sustainable development, hypsometric map, GIS, relief, mathematical statistics.

For citation: Akhmedova L.Sh., Guseynova N.O. Statistical analysis and interpretation of the hypsometric uniformity (non-uniformity) for the realization of the geosphere model of stability of geosystems in Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 54-66. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-54-66

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная национальная доктрина, региональные программы, международное сотрудничество по адаптивному экологическому развитию требуют рассмотрения базовых показателей антропогенной деятельности в естественном сбалансированном круговороте вещества и энергии биосферы.

Разработанные к нашему времени модели экологического развития планеты в общем, регионов и стран, в частности, позволяют сделать вывод об усилении техногенной нагрузки на биосферу. Угрожающее биосфере усиление антропогенного пресса привело к безусловному международному сотрудничеству и принятию Рамочной конвенции ООН



по проблеме изменения климата (Глобальный саммит по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро, 1992, 2012), Киотского протокола (1997), Парижское соглашение и т.д. [1-5].

Устойчивое развитие территорий различного размерного уровня зависит от устойчивости образующих их геосистем, то есть экологическая компонента концепции устойчивого развития включает в себя как природные и природно-техногенные условия, так и процессы в экогеосистемах.

Одним из природных условий, определяющих устойчивость геосистем, является рельеф местности и его гипсометрические характеристики.

Рельеф территории Дагестана издавна привлекает внимание специалистов во всем диапазоне исследований от геолого-географических до социально-экономических. Результаты геоморфологических исследований неоднократно обобщались в ряде монографических работ и в учебниках по географии Дагестана [6; 7]. В многочисленных работах рельеф территории чаще всего характеризуется в традиционных параметрах геоморфологического анализа горных стран: возраст и история развития, орогенез и морфоструктуры, экзодинамика, морфоскульптуры и т.д.

Со второй половины XX века исследования горных стран и регионов и их рельефа приобрели планомерный и систематический характер в рамках международного проекта МАБ-6 ЮНЕСКО «Горные системы».

Головной центр проекта (Институт географии РАН) на регулярной основе проводит обсуждения устойчивого развития горных регионов с привлечением не только ведущих ученых, но и парламентариев, глав стран, а также многочисленных неправительственных организаций.

Важным поворотным пунктом в решении проблем глобальной экологии явилась вторая международная конференция по окружающей среде (КОСР-92). Принятые на конференции документы определили вектор последующих исследований по обеспечению устойчивого развития стран, регионов и биосферы в целом.

В основной документ Конференции – Повестка дня XXI – была включена специальная Горная глава, в которой заявлены стратегические планы устойчивого развития горных территорий на долгосрочную перспективу. В рамках этих инициатив на кафедре рекреационной географии и устойчивого развития Дагдосуниверситета разрабатывается проект «Энергетика и пределы устойчивости геосистем Дагестана», ориентированный на решение насущных проблем сохранения и развития ландшафтно-биологического и этнокультурного разнообразия региона. К настоящему времени разработана универсальная для региона модель энергетики геосистем, которая не только описывает структуру потоков энергии и вещества, но и позволяет обозначить и решать управленческие задачи по обеспечению стабильности, устойчивости территорий [7; 8].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе разработки и реализации геосферной модели устойчивости геосистем региона обнаружилось, что основным аргументом, относительно которого трансформируются основные показатели энергетики продуктивности и устойчивости геосистем, является рельеф в его гипсометрических характеристиках.

Для выполнения данной задачи потребовалось более детальное исследование морфологии рельефа с применением средств математической статистики и визуализации в виде карты, векторизированной с использованием геоинформационных систем, что и составляет предмет настоящей публикации. Структура морфологии территории определялась методом планиметрирования в заданных интервалах высот по гипсометрической карте масштаба 1:1000 000 с применением геоинформационных технологий – ГИС MapInfo Pro.

На основе ГИС созданы электронные базы данных, характеризующие основные физико-географические и биогеоэкологические параметры геосистем Дагестана. Также

для детального анализа использован пакет Statistica, позволяющий применить практически весь комплекс методов математической статистики.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рельеф Дагестана традиционно принято делить на четыре района: низменный (до 200 м.), предгорный или низкогорный (до 1000 м.), внутригорный или среднегорный (до 2500 м.) и высокогорный (более 2500 м.) [6].

В приведенных интервалах высот (x_i) численные показатели площадей (n_i) характеризуется следующими численными значениями:

X_i	< 0,2	1	2,5	>2,5 км
n_i	23,6	7,6	14,3	4,8, км ²
W_i	0,479	0,151	0,284	0,95,

где W_i – относительная частота, равная отношению частоты вариант (n_i) к объему выборки ($n = 50,3$ тыс. км²).

Расчет эмпирической функции распределения по $F^*(x) = n_x/n$ приведенного вариационного ряда показал следующий результат:

$$F^*(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0,2 \\ 0,47 & \text{при } 0,2 < x \leq 1,0 \\ 0,62 & \text{при } 1,0 < x \leq 2,5 \\ 1,0 & \text{при } x > 2,5 \end{cases}$$

График приведенной функции изображен на рис. 1.

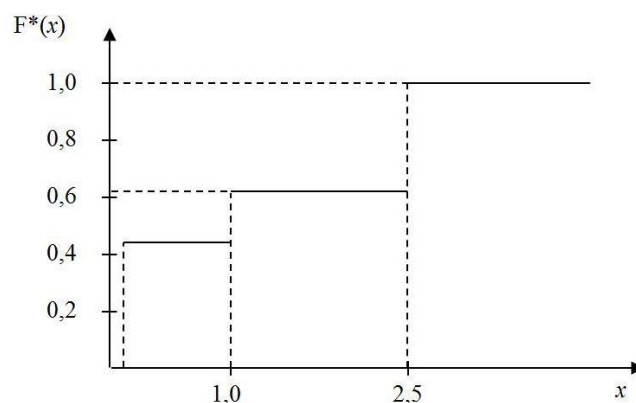


Рис.1. График эмпирической функции распределения гипсометрии территории Дагестана

Fig.1. Empirical distribution function of hypsometry of the territory of Dagestan

Приведенное районирование оказалось недостаточным по грациям высот для реализации геосферной модели устойчивости геосистем. Для этой цели был выполнен морфометрический анализ территории с выделением большего числа высотных грааций по заданным интервалам границ через 500 м высоты. Гипсометрическая карта демонстрирует результат выполненной работы (рис. 2).

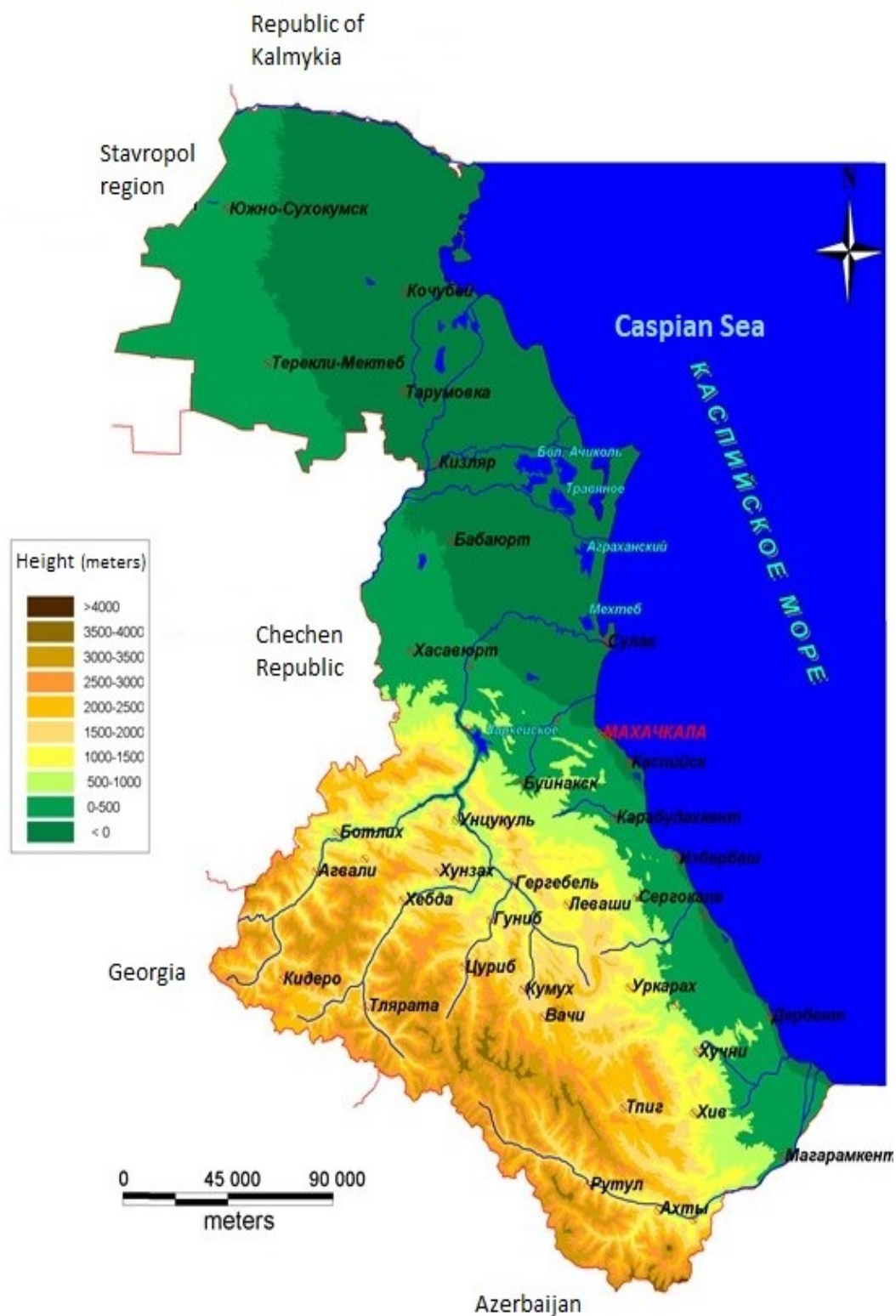


Рис.2. Карта морфометрического районирования территории Дагестана
Fig.2. Morphometric zoning of the territory of Dagestan

Полученные результаты подсчета площадей по интервалам высот и расчета основных частотных характеристик представлены в табл. 1.

Таблица 1
Частотные характеристики гипсометрии территории Дагестана
Table 1
Frequency characteristics of hypsometry of the territory of Dagestan

Границы интервала, Н, м Interval boundaries, m	Середина интервала, м Mid interval, m	Площадь (частота) F_i , км ² Square (frequency) F_i , km ²	Относительная частота, $F_i/F = P_i$ Relative frequency, $F_i/F = P_i$	Кумулятивная частота, км ² Cumulative frequency, km ²	Кумулятивная относительная частота Cumulative relative frequency
< 0	-13,5	15500	0,308	15500	0,308
0-500	250	11600	0,231	27100	0,539
500-1000	750	4100	0,082	31200	0,621
1000-1500	1250	4200	0,083	35400	0,704
1500-2000	1750	5100	0,101	40500	0,805
2000-2500	2250	5000	0,099	45500	0,904
2500-3000	2750	2600	0,052	48100	0,956
3000-3500	3250	1800	0,036	49900	0,992
>3500	3983	400	0,008	50300	1,000

Графическое представление распределения площадей по интервалам высот дает рис. 3.

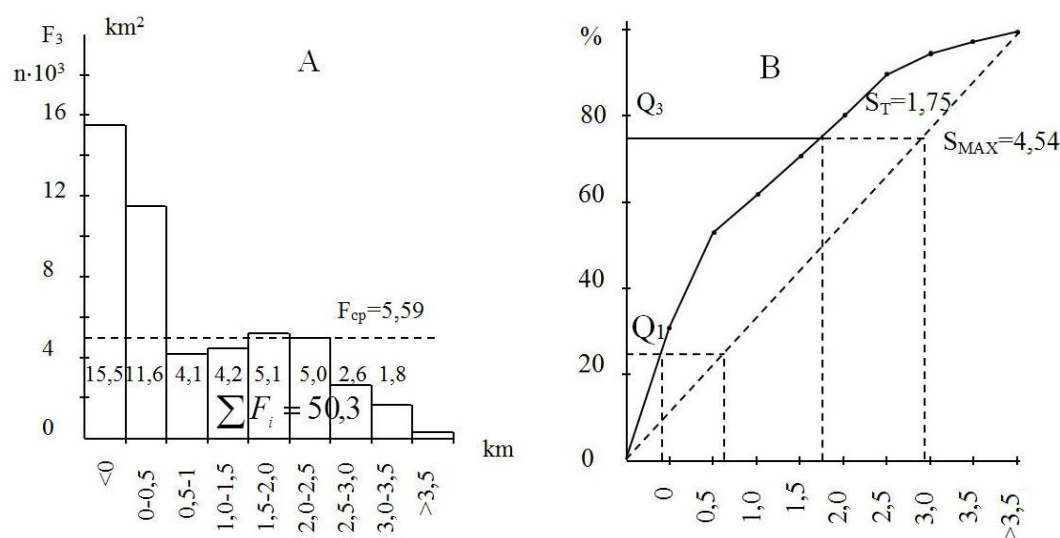


Рис.3. Гистограмма распределения (А) и кумулятивная кривая (В) гипсометрии Дагестана (по данным табл. 1)

Fig.3. Distribution histogram (A) and cumulative curve (B) of Dagestan hypsometry (according to Table 1)

Полученные данные являются достаточным основанием для статистического анализа совокупности и содержательной интерпретации мер гипсометрической однородности (неоднородности) рельефа территории. Применительно к экологическим данным эти методы достаточно подробно рассмотрены в работе Ш.Ш. Гасанова [9].



Согласно данным табл. 1, основные статистические показатели вариационного ряда характеризуются следующими величинами:

$$1) \text{ средняя арифметическая } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{50,3}{9} = 5,59;$$

$$2) \text{ дисперсия } S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \frac{212,9}{9} = 23,66;$$

$$3) \text{ среднеквадратическое отклонение } S = \sqrt{23,66} = 4,86;$$

$$4) \text{ коэффициент вариации } C_u = \frac{S}{\bar{x}} 100 = \frac{4,86}{5,59} = 86,9\%$$

$$5) \text{ коэффициент выравненности } V = 100 - C_u = 100 - 86,9 = 13,1$$

Числовые значения дисперсии вариабельности подтверждают значительную гипсометрическую неоднородность территории.

Для оценки меры однородности статистических совокупностей издавна применяется в литологии и в смежных областях метод Траска [10] по соотношению кумулят $S_T = Q_3/Q_1$, которые соответствуют 75% и 25% значений на кумулятивной (накопительной) кривой (см. рис. 3 В).

На оси абсцисс графика отображены верхние границы высотных интервалов, а ординаты – это накопленные частоты (%) с последующим соединением гипсометрических точек. При таком построении графика кумуляты представляют собой абсолютные отметки высот, соответствующие 75% и 25% ординаты.

Расчет коэффициента однородности, а также ряда других показателей удобнее выполнять с однозначными величинами варьирующего признака. Для этого воспользуемся известным в статистике правилом, согласно которому многие статистические показатели (дисперсия, стандарт и др.) не изменяются, если каждую варианту совокупности уменьшить или увеличить на одно и то же постоянное число. Поэтому вариационный ряд частотных характеристик можно построить не от абсолютных отметок, а от береговой линии моря. Для этого к верхней границе интервалов прибавим 27,5 м (-27,5 м абсолютная отметка уровня Каспийского моря по карте 1991 г.) и построим новый вариационный ряд:

0,027	0,527	1,027	1,527	2,027	2,527	3,027	3,527	>3,527
15,5	11,6	4,1	4,2	5,1	5,0	2,6	1,8	0,4

Согласно приведенным данным, относительные отметки высот, соответствующие кумулятам Q_1 и Q_3 равны 22,4 м и 1800 м, а коэффициент гипсометрической однородности по Траску $S_t = Q_3/Q_1 = 1800/22,4 = 80,4$. Для содержательной интерпретации этой величины достаточно напомнить, что максимальная однородность равна или близка единице, когда вся совокупность принадлежит одной вариане.

Поскольку в результате оценки по формуле Траска получаются числа, мало говорящие о гипсометрической однородности, Ю.Г. Симонов [11] предложил ввести более объективный и показательный коэффициент относительной однородности географического объекта, выводимого из сопоставления показателя S_T с крайними значениями однородности (S_{min} и S_{max}):

$$K = 1 - \frac{S_T - S_{min}}{S_{max} - S_{min}}$$

Согласно этому выражению, $K \in [0;1]$, т.е. коэффициент растет от минимального до максимального показателя однородности.

Крайние значения однородности также вычисляются по графику накопленных частот. Максимальная однородность или максимум разнообразия соответствует отношению кумулят при линейном распределении относительных частот с постоянным угловым ко-



эффицентом. По нашим данным (см. рис. 3 В) – это пунктирная линия, соединяющая концы кумулятивной кривой. По нашим данным $S_{\max}=4,54$. Минимуму однородности соответствует совокупность, когда все частоты принадлежат одному интервалу и эта величина равна или близка к 1. В соответствии с этими данными $K=0,79$ и характеризует территорию со значительной гипсометрической неоднородностью.

Есть и другие методы математического описания кумулятивных кривых. В частности, Кемптон и Тейлор [12] для оценки разнообразия (однородности, неоднородности) совокупностей предложили индекс Q , который представляет собой меру межквартильного наклона кривой накопленных частот:

$$Q = \frac{0,5n_{Q_1} + \sum_{Q_1+1}^{Q_3-1} n_Q + 0,5n_{Q_3}}{\ln(Q_3 / Q_1)},$$

где n_{Q_1} , n_{Q_3} , n_Q – частотные величины, приходящиеся на соответствующие квартили и межквартильный интервал (в нашем примере – площади),

Q_1 и Q_3 – числовые значения квартилей (по абсциссе графика).

Согласно нашим данным

$$Q = \frac{0,5 \cdot 12,6 + 32,7 + 0,5 \cdot 5}{\ln(1800 / 22,4)} = 9,4$$

Оба эти коэффициента (S_1 и Q) сами по себе мало говорят о разнообразии или однородности статистического ряда, а в нашем анализе – о гипсометрической однородности территории. Для объективной оценки и содержательной интерпретации индексов полезно их сопоставлять по лимитам и такие показатели особенно информативны при сравнении разных территорий. В частности, приведенные значения гипсометрической однородности весьма полезны при сопоставлении с аналогичными показателями отдельных районов Дагестана.

Во многих областях науки для статистической оценки совокупностей широко применяются непараметрические индексы неоднородности двух видов: информационно-статистические и доминирования.

Из первой группы методов оценки наиболее известен индекс разнообразия Шеннона, который хорошо коррелируется с понятиями «однородность», «неоднородность», «сортированность» и т.п. [13].

Результат выражается в единицах неопределенности (информации) и рассчитывается по формуле простой энтропии:

$$H_s = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i,$$

где p_i – относительная частота варианты;

$$\sum_i^n p_i = 1$$

На основе индекса Шеннона можно вычислить и другой – индекс выравнинности в виде отношения наблюдаемого разнообразия к максимально возможному, т.е.

$$E_s = H_s / \ln S,$$

где S – число градаций.

Согласно этому отношению, $E_s \in [0;1]$, причем $E_s=1$ при равенстве всех частот.

Среди индексов доминирования наиболее распространенным является индекс Симпсона [11], рассчитывающийся по формуле:



$$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right),$$

где n_i – частота i -го класса (площадь соответствующего интервала высот),

N – общее количество, сумма частот.

Для вычисления приведенных индексов необходимо табл. 1 преобразовать в таблицу рангового распределения, расположив частоты относительного доминирования по убыванию, т.е. $P_1 > P_2 \dots > P_9$.

Величина показателя относительного доминирования j -го члена ранжированного ряда равняется

$$P_j = c (1 - c)^{j-1} P,$$

c – фиксированное число; $c \in [0;1]$ и равняется доле первой доминанты суммарной величины, т.е. $P_1 = c P$.

Результаты расчета – относительные частоты в логарифмическом виде – представлены в таблице 2 в последнем столбце.

Таблица 2

Относительные частоты в логарифмическом виде

Table 2

Relative frequencies in logarithmic scale

Площадь, $F_i, \text{ км}^2$ Area, $F_i, \text{ км}^2$	Ранг интервала Interval rank	Относительная частота, P_i Relative frequency, P_i	Относительное доминирование, % Relative domination, %	Логарифм относительной частоты, $P_i \ln P_i$ Relative frequency logarithm, $P_i \ln P_i$
15500	1	0,308	30,8	- 0,363
11600	2	0,231	21,3	- 0,338
5100	3	0,101	14,7	- 0,232
5000	4	0,099	10,2	- 0,229
4200	5	0,083	7,1	- 0,207
4100	6	0,082	4,9	- 0,205
2600	7	0,052	3,4	- 0,154
1800	8	0,036	2,3	- 0,120
400	9	0,008	1,6	- 0,039

Согласно полученным результатам, индекс Шеннона равен $H_s = 1,887$ ($\sum$ величин последнего столбца табл. 2 с обратным знаком), а индекс выравненности по $E_s = H_s / \ln S = 1,887 / 2,2 = 0,86$. Сравним полученные результаты с граничными доминантами, т.е. максимальной и минимальной неоднородностями гипсометрического распределения. Максимальная однородность (минимум разнообразия) достигается, когда вся площадь принадлежит одной высотной градации, следовательно, $H_s = -(1 \ln 1) = 0$

Минимальная однородность (максимум разнообразия) соответствует индексу выравненности 1, т.е. при равенстве площадей, занимаемых всеми градациями высот. По нашим данным это величина составит $H_s = -\ln \left(\frac{1}{9} \right) = 2,2$. Из этого следует, что гипсометрическое разнообразие (неоднородность) территории близко к максимальной величине.

Аналогичную закономерность подтверждают индексы разнообразия и выравненности Симпсона соответственно

$$D_s = \sum_{i=1}^s P_i^2 \text{ и } E_s = 1/S \cdot \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Согласно данным табл. 2, соответствующие значения индексов разнообразия и выравненности составляют $D_s = 0,184$ и $E_s = 0,602$.

График относительного доминирования в координатах ранг / частота соответствует или близко к модели геометрического ряда (рис. 4).

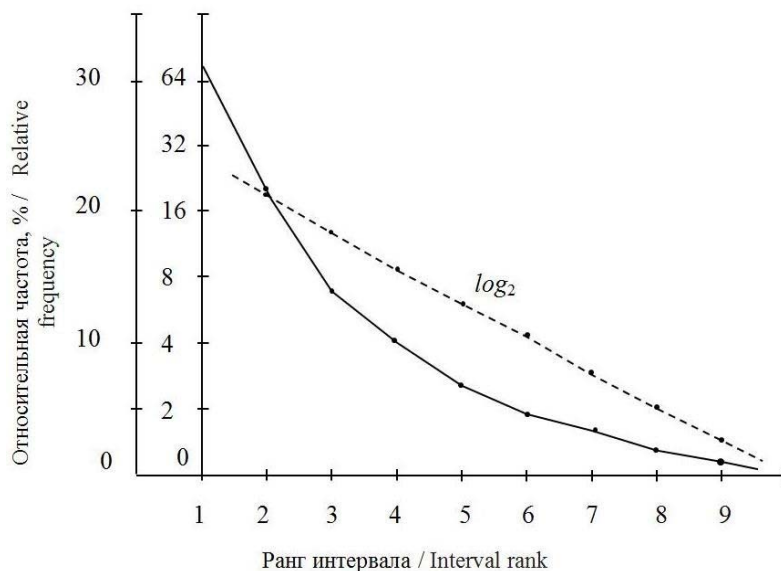


Рис.4. Ранговое распределение относительных частот гипсометрии Дагестана по данным табл. 2 в линейных и в полулогарифмических осях ($\log_2$)
Fig.4. The rank distribution of the relative frequencies of the hypsometry of Daghestan according to the table 2 on linear and semi-log axes ($\log_2$)

Для проверки гипотез о соответствии между наблюдаемыми и теоретически ожидаемыми распределениями совокупностей предложено несколько параметрических критериев. Среди них наиболее широкое применение находит критерий соответствия χ^2 (Хи-квадрат критерий). Критерий χ^2 используется для оценки соответствия наблюдаемого значения критерия (χ_H^2) теоретической частоте (χ_T^2), которая определяется по специальной таблице критических точек χ_{KP}^2 .

Критерий χ^2 представляет собой сумму квадратов отклонений эмпирических частот (F_i) от ожидаемых (F_i'), отнесенную к теоретическим частотам, т.е.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i - F_i')^2}{F_i'}$$

Если наблюдаемое значение меньше теоретического ($\chi_H^2 < \chi_{KP}^2$) гипотеза принимается, в противном случае – отвергается.

Расчет χ^2 – критерия по нашим данным, который оказался равным 2,947, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Расчет χ^2 – критерия

Table 3

Calculation χ^2 – criteria

Ранг / Rank	F_i	F_i'	χ^2
1	15,5	16,16	0,027
2	11,6	11,15	0,018
3	5,1	7,69	0,87



4	5,0	5,3	0,017
5	4,2	3,67	0,08
6	4,1	2,52	0,99
7	2,6	1,74	0,425
8	1,8	1,29	0,3
9	0,4	0,83	0,22
Σ	50,3	50,3	2,947

Согласно этим данным, полученная величина при 8 степенях свободы и 5% уровне значимости существенно меньше критической точки по таблице χ^2 – распределения, равный 15,51. Это дает основание для принятия гипотезы о соответствии эмпирических данных теоретическим и предположение о принадлежности данной совокупности лог-нормальной модели распределения. Следовательно, различия между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами носят не систематический, а случайный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной статье рассмотрены основные закономерности гипсометрической однородности (неоднородности) территории Дагестана с применением картографических, количественных и графических методов анализа данных. Результаты выполненной работы использованы для реализации ранее предложенной модели энергетики и устойчивости геосистем при составлении экологических паспортов ряда районов Республики Дагестан, так как полученные количественные оценки гипсометрии территории необходимы в качестве фоновых показателей для разрабатываемых проектов по энергетике и пределов устойчивости геосистем отдельных районов РД.

Благодарность: Авторы выражают благодарность сотруднику кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Курамагомедову Баширу за консультацию при написании статьи.

Acknowledgment: The authors are grateful to Bashir Kuramagomedov, a staff member of the Department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography of M.V. Lomonosov Moscow State University, for assistance in writing the article.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (дата обращения: 28.10.2018)
2. Рио+20 Конференция Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию. URL: <http://www.un.org/ru/events/pastevents/rio20.shtml> (дата обращения: 30.10.2018)
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 30.10.2018)
4. Парижское Соглашение. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/the-paris-agreement/> (дата обращения: 02.11.2018)
5. Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера», Проект N6 «Влияние человека на горные экосистемы». URL: <http://soil.igras.ru/index.php?r=403> (дата обращения: 04.11.2018)
6. Добрынин Б.Ф. География Дагестанской Автономной Советской Социалистической Республики. Буйнакс, 1926.
7. Ахмедова Л.Ш. Методы измерения и оценки устойчивости геосистем. Махачкала: Изд-во «АЛЕФ», 2008. 100 с.



8. Ахмедова Л.Ш., Раджабова Р.Т., Гусейнова Н.О., Курамагомедов Б.М. Геоэкологическая оценка устойчивого развития Республики Дагестан с использованием нормирования антропогенной нагрузки // Юг России: экология, развитие. 2015. Т. 10. N 1. С. 177-184. Doi:10.18470/1992-1098-2015-1-177-184
9. Гасанов Ш.Ш. Структурная экология. Методология и методы. Махачкала: ИД Наука плюс, 2006. 200 с.
10. Trask P.D. Origin and environment of source sediment of petroleum. Houston, 1932. 281 p.
11. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во МГУ, 1972. 365 с.
12. Kempton R.A., Taylor L.R. The Q-statistics and the diversity of floras // Nature. 1978. V. 275. P. 252-253. Doi: 10.1038/275252a0
13. Shannon C.B., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. 345 p.
14. Simpson E.H. Measurement of diversity // Nature (London). 1949. V. 163. N 4148. P. 668. Doi: 10.1038/163688a0

REFERENCES

1. Rio-de-Zhaneirskaya deklaratsiya po okruzhayushchei srede i razvitiyu [Rio Declaration on Environment and Development]. Available at: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (accessed 28.10.2018)
2. Rio+20 Konferentsiya Organizatsii Ob"edinennykh Natsii po ustoichivomu razvitiyu [Rio + 20 United Nations Conference on Sustainable Development]. Available at: <http://www.un.org/ru/events/pastevents/rio20.shtml> (accessed 30.10.2018)
3. Kiotskii protokol k Ramochnoi konventsii Organizatsii Ob"edinennykh Natsii ob izmenenii klimata [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change]. Available at: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (accessed 30.10.2018)
4. Parizhskoe Soglashenie [Paris Agreement]. Available at: <https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/the-paris-agreement/> (accessed 02.11.2018)
5. Programma YuNESKO «Chelovek i biosfera», Proekt N6 «Vliyanie cheloveka na gornye ekosistemy» [UNESCO Program "Man and Biosphere", Project No. 6 "Human Impact on Mountain Ecosystems"]. Available at: <http://soil.igras.ru/index.php?r=403> (accessed 04.11.2018)
6. Dobrynin B.F. Geografiya Dagestanskoi Avtonomnoi Sovetskoi Sotsialisticheskoi Respubliki [Geography of the Dagestan Autonomous Soviet Socialist Republic]. Buynaksk, 1926. (In Russian)
7. Akhmedova L.Sh. Metody izmereniya i otsenki ustoichivosti geosistem [Methods for measuring and assessing the stability of geosystems]. Makhachkala, Alef Publ., 2008, 100 p. (In Russian)
8. Akhmedov L.S., Radzhabova R.T., Guseynova N.O., Kuramagomedov B.M. Geoecological evaluation of sustainable development of the Republic of Dagestan and normalizing the anthropogenic burden. *South of Russia: ecology, development*, 2015, vol. 10, no. 1, pp. 177-184. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2015-1-177-184
9. Gasanov Sh.Sh. *Strukturnaya ekologiya. Metodologiya i metody* [Structural ecology. Methodology and methods]. Makhachkala, Nauka plus Publ., 2006, 200 p. (In Russian)
10. Trask P.D. Origin and environment of source sediment of petroleum. Houston, 1932, 281 p.
11. Simonov Yu.G. *Regional'nyi geomorfologicheskii analiz* [Regional geomorphological analysis]. Moscow, MSU Publ., 1972, 365 p. (In Russian)
12. Kempton R. A., Taylor L.R. The Q-statistics and the diversity of floras. *Nature*, 1978, vol. 275, pp. 252-253. Doi: 10.1038/275252a0
13. Shannon C.B., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963, 345 p.
14. Simpson E.H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, vol. 163, no. 4148. P. 668. Doi: 10.1038/163688a0



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лейла Ш. Ахмедова*, кандидат биологических наук, доцент кафедры рекреационной географии и устойчивого развития, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, ул. Дахадаева, 21, г. Махачкала, 367001, Россия, e-mail: geoleyla@mail.ru

Надира О. Гусейнова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, Россия, e-mail: nadira_guseynova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>

Критерии авторства

Ахмедова Л.Ш. обработала и проанализировала данные, провела обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала статью. Гусейнова Н.О. провела обзор литературных источников по исследуемой проблеме, откорректировала рукопись до подачи в редакцию. Оба автора несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.12.2018

Принята в печать 15.01.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Leyla Sh. Akhmedova*, PhD in Biology, Associate Professor, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University. 21 Dakhadaev st., Makhachkala, 367001 Russia, e-mail: geoleyla@mail.ru

Nadira O. Guseynova, PhD in Biology, Associate Professor, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University. 21 Dakhadaev st., Makhachkala, 367001 Russia, e-mail: nadira_guseynova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>

Contribution

Leyla Sh. Akhmedova analyzed the data, reviewed the literature on the studied problem, and wrote the article. Nadira O. Guseynova conducted a review of the literature on the problem under study, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 17.12.2018

Accepted for publication 15.01.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК 581.9 (470.67)

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-67-80

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СУБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

¹Семен А. Куролап, ¹Наталья В. Яковенко*, ¹Владимир И. Федотов,

¹Владимир Б. Михно, ²Людмила Н. Костылева

¹Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, n.v.yakovenko71@gmail.com

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Резюме. *Цель* – геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья, на основе которой выявлены районы с разной степенью напряженности техногенной и медико-экологической ситуации. *Материал и методы исследования.* Используются системный, сравнительно-географический, геоинформационный, исторический, статистический методы исследования, а также программные пакеты MS Excel и Statistica. Формирование базы данных выполнено за период 2006-2015 гг. Проанализировано около 50 критериев общественного здоровья и 200 потенциальных факторов риска. Отобрано 9 основных (индикаторных) критериев. *Результаты.* Сформирован алгоритм выполнения геоэкодиагностики крупного региона. Рассчитаны корреляционные связи между интегральными оценочными критериями уровней техногенных нагрузок и параметрами общественного здоровья. Положительные корреляционные связи слабой и средней степени свидетельствуют о наличии устойчивых тенденций: увеличение уровней техногенных нагрузок на окружающую среду регионов – неблагоприятная «ответная реакция» со стороны населения (рост экологически обусловленной патологии и, прежде всего, злокачественных новообразований, а также врожденных аномалий у детского населения). Установлено, что среди областей Центрального Черноземья эта закономерность более выражена для территории Белгородской области, где экологическая ситуация намного контрастнее, а уровень техногенного воздействия в зоне градопромышленной агломерации выше, чем, например, в Воронежской области. *Выводы.* В работе решена актуальная практико-ориентированная задача в области геоэкологических исследований – разработана методика геоэкодиагностики крупного региона, позволяющая оперативно и достоверно определить степень техногенной нагрузки на территорию. Анализ полученных данных позволил проследить закономерности формирования геоэкологической ситуации на территории Центрального Черноземья, спрогнозировать динамику ее развития, сформулировать основные направления экологической политики.

Ключевые слова: геоэкодиагностика, медико-экологическая ситуация, Центральное Черноземье, напряженность.

Формат цитирования: Куролап С.А., Яковенко Н.В., Федотов В.И., Михно В.Б., Костылева Л.Н. Геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.67-80. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-67-80



GEOECOLOGICAL DIAGNOSTICS OF THE REGIONS IN THE CENTRALBLACK SOIL REGION

¹Semyon A. Kurolap, ¹Nataliya V. Yakovenko*, ¹Vladimir I. Fedotov,
¹Vladimir B. Mikhno, ²Lyudmila N. Kostyleva

¹Voronezh State University, Voronezh, Russia, *n.v.yakovenko71@gmail.com*

²Military training and research centre of the Air force "Air force Academy
named after professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russia

Abstract. Aim. The aim is geoecological diagnostics of regions of the Central Black Soil Region on the basis of which the areas with different degree of tension of a technogenic and medico-ecological situation have been revealed. Material and methods of research. System, comparative-geographical, geoinformation, historical, statistical methods of research, as well as software packages MS Excel and Statistica have been used. The database has been formed in retrospect for the period 2006-2015. About 50 public health criteria and about 200 potential risk factors have been analyzed. 9 key (indicator) criteria have been selected. **Results.** The authors propose an algorithm to perform geoecological diagnostics of the large region. The correlations between integral estimation criteria of levels of technogenic loadings and parameters of public health have been calculated. The positive correlations of weak and medium degree indicate the presence of stable trends: the increase in the levels of technogenic loads on the environment of the regions is an unfavorable "response" on the part of the population (the growth of environmentally caused pathology and, first of all, malignant neoplasms, as well as congenital anomalies in children). It is established that among the regions of the Central Black Soil Region this pattern is more pronounced for the area of the Belgorod region, where the environmental situation is much more contrasting, and the level of technogenic impact in the urban agglomeration zone is higher than, for example, in the Voronezh region. **Conclusion.** In this scientific paper, the authors have solved the actual practice-oriented problem in the field of geoecological researches, namely, they have developed the method of geocodiagnosis of a large region, which allows to quickly and reliably determine the degree of technogenic load on the area. The analysis of the obtained data allowed us to reveal the regularities of the formation of the geoecological situation in the area of the Central Black Soil Region, to formulate the main directions of environmental policy and to predict the dynamics of the geoecological situation development.

Keywords: geoecological diagnostics, medical-ecological situation, Central Black Soil Region, tension.

For citation: Kurolap S.A., Yakovenko N.V., Fedotov V.I., Mikhno V.B., Kostyleva L.N. Geoecological diagnostics of the regions in the central Black Soil Region. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 67-80. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-67-80

ВВЕДЕНИЕ

Взаимоотношения в системе «общество-природа» на современном этапе развития российского общества указывают на необходимость их увязки с эколого-экономическими тенденциями социально-экономического развития территории любого уровня и ранга. Такое направление изучается в рамках концепции устойчивого развития, основной целью которой является удовлетворение жизненных потребностей людей с учетом сохранения благоприятной окружающей среды. Это направление является приоритетным для всех российских регионов, и в этом аспекте Центральное Черноземье не исключение. Поэтому в современных исследованиях наибольшую популярность приобрели геоэкологические



исследования на разных иерархических уровнях: глобальном, региональном и локальном. Состояние природной среды регионов активно влияет на различные стороны хозяйственного и социального развития территории. При проведении комплексной геоэкологической оценки состояния территории целесообразно использовать геосистемный, эколого- и медико-географический анализ.

Жизнедеятельность населения Российской Федерации во многих регионах стала крайне зависимой от состояния медико-географических факторов окружающей среды. Для геоэкологической оценки и диагностики территории используется, прежде всего, геосистемный и эколого-географический анализ (определяется степень пригодности природно-географических условий среды обитания человека), тогда как медико-географический подход предполагает районирование территории, которая основывается на определении роли и степени воздействия того или иного фактора среды (или их сочетаний) конкретной территории на уровень здоровья населения. Так как таких критериев разработано достаточно много, то целесообразно отобрать наиболее приоритетные для интегральной оценки антропогенного воздействия на природу и состояния здоровья населения.

Цель исследования – геоэкологическая диагностика субъектов Центрально-Черноземного района (ЦЧР), на основе которой были выявлены районы с разной степенью напряженности техногенной и медико-экологической ситуации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геоэкологическая диагностика территории предполагает выявление типичных для нее геоэкологических проблем в пространственных масштабах, а также выявление степени остроты проявления. Формирование базы данных по состоянию общественного здоровья (заболеваемости населения), а также эколого-гигиенических данных субъектов ЦЧР (Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской и Тамбовской областей) выполнено в ретроспективе за 10 лет (2006-2015 гг.) в разрезе муниципальных районов и крупных городских округов (областных центров). Всего проанализировано около 50 критериев общественного здоровья (заболеваемость по основным классам болезней отдельно для взрослого, подросткового, детского населения) и около 200 потенциальных факторов риска, характеризующих природно-ресурсный, социально-экономический потенциал и медико-экологическую ситуацию в регионе. Обобщение данных первичного статистического анализа позволило отобрать 9 основных (индикаторных) критериев, позволивших охарактеризовать степень напряженности медико-экологической ситуации на территории исходных операционных единиц – муниципальных районов и крупнейших городских округов.

В работе использованы системный, сравнительно-географический, геоинформационный, исторический, статистический методы исследования, а также программные пакеты MS Excel и Statistica.

Анализ научной литературы по проблематике исследования показал, что анализ и оценка риска здоровью населения под воздействием техногенных факторов окружающей среды, является наиболее быстро развивающимся междисциплинарным направлением [1-9]. В исследовании использованы разработки по оценке уровня техногенной нагрузки на окружающую среду [10; 11], а также публикации в области экодиагностики [12]. Отбор индикаторных критериев базируется на предварительных исследованиях и базовых оценочных методиках, применяемых в отечественной медицинской географии [13-16].

Параметры техногенного воздействия на окружающую среду субъектов Центрального Черноземья оценивались на основе следующих критериев: техногенная нагрузка на атмосферу, поверхностные водные ресурсы и земельные ресурсы [14]. Оценка риска здоровью населения проведена с использованием современной теории экологических рисков [16].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению Б.И. Кочурова под «экодиагностикой» следует понимать «...выявление и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды, экосистем и ландшафтов, а также разработку методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации негативных экологических явлений и процессов» [12]. Общая методология интегральной геоэкологической диагностики оценки территории крупного региона базируется на системных исследованиях для выявления закономерностей в системе «окружающая среда – здоровье населения» и методах математико-картографического моделирования и включает 5 последовательных этапов (рис.1).



Рис.1. Этапы интегральной геоэкологической диагностики оценки территории крупного региона

Fig.1. Stages of integrated geoeological diagnostics of the large region area assessment

В современных условиях социально-экономического развития России среда обитания, так же, как и социальные проблемы развития любой территории, выступают одним из приоритетных условий, определяющих качество жизни и состояние здоровья населения. Центральное Черноземье отнесено «...к регионам с благополучным (удовлетвори-



тельным) рейтингом состояния здоровья населения» (согласно схемы «Типизация регионов России по уровню популяционного здоровья» [17]. Длительное время в субъектах этого региона наблюдается допустимо приемлемый уровень здоровья, параметры которого в большинстве случаев лучше, чем в других регионах Российской Федерации. Однако наличие деструктивных тенденций развития, имеем в виду дестабилизацию экономического развития, недостаточное развитие социальной сферы, усиление техногенного пресса на окружающую среду – все эти факторы оказывают негативное воздействие на состояние общественного здоровья населения. Современная экономическая ситуация в России характеризуется тем, что старопромышленные регионы, и, в частности, субъекты Центрального Черноземья, экономика которых характеризуется высокой долей обрабатывающих отраслей, имеют наиболее депрессивное состояние промышленности. Это обусловлено тем, что отрасли неконкурентоспособны на товарных рынках в условиях либерализации цен и внешнеэкономических связей. Также следует отметить во всех субъектах Центрального Черноземья усиление негативных демографических тенденций, которые проявляются в абсолютном снижении численности населения, причинами которых выступают чрезвычайно низкий уровень рождаемости и возрастание в последнее время смертности.

Если же рассматривать в территориально-временном разрезе основные («маркерные») критерии состояния здоровья, то можно наблюдать:

- 1) ухудшение параметров общественного здоровья в течение 90-х гг. XX в. и в первые годы XXI в.;
- 2) наличие относительно стабильных зон с высоким и низким уровнем заболеваемости населения.

То есть можно говорить о том, что вероятнее всего происходит однонаправленное воздействие факторов на различные классы болезней и нозологические формы.

Наиболее адекватными критериями оценки медико-демографической обстановки являются: общая, детская, подростковая заболеваемость, в т.ч. заболеваемость, обусловленная нарушением репродуктивной функции и злокачественными новообразованиями. Среди отдельных нозологических форм следует выделить ишемическую болезнь сердца, острый инфаркт миокарда, язву желудка и двенадцатиперстной кишки. В последние годы среди заболеваний, которые создают определённые проблемы для здравоохранения Центрально-Черноземной полосы, можно выделить зооантропонозы – инфекционные и паразитарные заболевания, общие для животных и человека (бешенство, туляремия, лептоспироз, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом и др.).

Анализ современной медико-экологической ситуации, проведенной по данным последнего 10-летнего периода, показал, что в целом медико-экологическая ситуация не только не улучшилась, но и в ряде субъектов Центрального Черноземья имеет очевидную тенденцию к ухудшению, что прослеживается по прогрессирующему росту заболеваемости населения, особенно детского, нарастающей эмиссионной нагрузке на воздушный бассейн вследствие неуклонного роста автотранспортного прессинга, а в последние годы – активизации промышленного сектора в ряде регионов, особенно в Липецкой области, что наряду с положительным социально-экономическим эффектом обостряет экологические проблемы.

На основе выбранных 9 основных индикаторных критериев (3 по здоровью населения и 6 по параметрам воздействия на атмосферу, водные и земельные ресурсы, а также отражающие гигиеническое качество окружающей среды населенных мест – комплексный показатель антропогенной нагрузки (КПАТН)) был проведен расчет медико-экологической напряженности в субъектах Центрального Черноземья. С учетом выявленных приоритетных критериев, характеризующих напряженность медико-экологической ситуации (общая заболеваемость взрослого, детского населения, заболеваемость новообразованиями взрослого населения; суммарная эмиссионная нагрузка на воздушный бассейн, техногенная нагрузка на поверхностные водные ресурсы и внесение



минеральных удобрений в пахотные земли) рассчитаны интегральные критерии, характеризующие риск возникновения экологически обусловленной патологии у населения региона.

Рейтинг медико-экологической напряженности ($I_{m-э}$) рассчитывается по формуле:

$$I_{m-э} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

где:

I_1 – общая заболеваемость взрослого населения (случаев на 1000);

I_2 – заболеваемость новообразованиями взрослого населения (случаев на 1000);

I_3 – общая заболеваемость детского населения (случаев на 1000);

I_4 – суммарная эмиссионная нагрузка на воздушный бассейн (т/год/км²);

I_5 – суммарная техногенная нагрузка на поверхностные водные ресурсы (тыс. м³/год);

I_6 – удельная техногенная нагрузка на земельные ресурсы (кг/га/год).

Все значения выражены в нормированных отклонениях от средней арифметической величины. Результаты расчета и алгоритм приведены в таблице 1. По совокупности анализируемых показателей существенно выделяются 5 крупнейших областных центров региона, особенно г. Липецк (23,1). В то же время г. Курск (6,4), несмотря на то, что он имеет повышенную напряженность, сопоставим с другими районами, и его интегральный рейтинг ниже, чем у Ржаксинского района Тамбовской области (7,3) и Липецкого района (6,5) (табл. 1). Обобщение интегральных рейтинговых оценок дало возможность выделить на территории Центрального Черноземья 6 основных районов, имеющих разный уровень напряженности медико-экологической ситуации. Они более устойчивы по заболеваемости детского населения, новообразованиям взрослого населения и параметрам нагрузок на воздушный бассейн и поверхностные водные ресурсы.

Таблица 1

Интегральный рейтинг напряженности медико-экологической ситуации
в субъектах Центрального Черноземья

Table

Integral rating of tension of medical and ecological situation in the regions
of the Central Black Soil Region

Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension	Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension
Воронежская область / Voronezh region		Курская область / Kursk region	
Аннинский Anninsky	-0,8	Беловский Belovsky	-0,5
Бобровский Bobrovsky	-0,3	Большесолдатский Bol'shesoldatsky	-1,5
Богучарский Bogucharsky	-1,8	Глушковский Glushkovsky	2,2
Борисоглебский Borisoglebsky	-1,6	Горшеченский Gorshechensky	-3,3
Бутурлиновский Buturlinovsky	-3,5	Дмитриевский Dmitriyevsky	-5,2
Верхнемамонский Verkhnemamonsky	-2,4	Железногорский Zheleznogorsky	2,9
Верхнехавский Verkhnekhavsky	-1,9	Золотухинский Zolotukhinsky	-2,2
Воробьевский Vorob'yovsky	-3,2	Касторенский Kastorensky	-2,6
Грибановский Gribanovsky	-2,8	Коньшевский Konyshevsky	1,5



Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension	Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension
Калачеевский Kalacheyevsky	-2,6	Кореневский Korenevsky	1,0
Каменский Kamensky	-2,0	Курский Kursky	-3,7
Кантемировский Kantemirovsky	-2,2	Курчатовский Kurchatovsky	-2,7
Каширский Kashirsky	-3,4	Льговский L'govsky	1,8
Лискинский Liskinsky	-0,8	Мантуровский Manturovsky	-5,2
Нижедевицкий Nizhnedevitsky	-2,4	Медвенский Medvensky	-2,5
Новоусманский Novousmanskyy	1,2	Обоянский Oboyansky	-2,9
Новохоперский Novokhoprsky	-2,2	Октябрьский Oktyabr'sky	-2,4
Ольховатский Ol'khovatsky	-0,1	Поныровский Ponyrovsky	-2,7
Острогожский Ostrogzhsky	1,5	Пристенский Pristensky	-3,0
Павловский Pavlovsky	-0,6	Рыльский Ryl'sky	-3,5
Панинский Paninsky	0,0	Советский Sovetsky	-0,7
Петропавловский Petrovavlovsky	-1,3	Солнцевский Solntsevsky	-2,5
Поворинский Povorinsky	-5,6	Суджанский Sudzhansky	-1,9
Подгоренский Podgorensky	-0,8	Тимский Timsky	-4,2
Рамонский Ramonsky	-1,0	Фатежский Fatezhsky	-5,5
Репьевский Rep'yovsky	2,3	Хомутовский Khomutovsky	-1,6
Россошанский Rossoshansky	-0,6	Черемисиновский Cheremisinovsky	0,1
Семилукский Semiluksky	1,7	Щигровский Shchigrovsky	1,8
Таловский Talovsky	-1,9	г. Курск Kursk	6,4
Терновский Ternovsky	-6,0	-	
Хохольский Khokhol'sky	0,5	-	
Эртильский Ertil'sky	-2,4	-	
г. Воронеж Voronezh	13,1	-	
Белгородская область / Belgorod region		Тамбовская область / Tambov region	
Алексеевский Alekseyevsky	-0,7	Бондарский Bondarsky	0,3



Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension	Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension
Белгородский Belgorodsky	2,5	Гавриловский Gavrilovsky	-3,8
Борисовский Borisovsky	-1,8	Жердевский Zherdevsky	-1,8
Валуйский Valuysky	-2,7	Знаменский Znamensky	-4,6
Вейделевский Veydelevsky	-0,6	Инжавинский Inzhavinsky	0,7
Волоконовский Vokononovsky	-3,2	Кирсановский Kirsanovsky	0,0
Грайворонский Grayvoronsky	-1,1	Мичуринский Michurinsky	-4,9
Губкинский Gubkinsky	3,7	Мордовский Mordovsky	-1,2
Ивнянский Ivnyansky	-0,1	Моршанский Morshansky	-1,4
Корочанский Korochansky	0,7	Мучкапский Muchkapsky	-0,3
Красненский Krasnensky	-1,7	Никифоровский Nikiforovsky	-0,1
Красногвардейский Krasnogvardeysky	-1,3	Первомайский Pervomaysky	-1,2
Краснояржский Krasnoyarsky	-1,4	Петровский Petrovsky	3,7
Новооскольский Novooskol'sky	0,2	Пичаевский Pichayevsky	-4,6
Прохоровский Prokhorovsky	0,3	Рассказовский Rasskazovsky	-1,1
Ракитянский Rakityansky	-1,6	Ржаксинский Rzhaksinsky	7,3
Ровеньский Roven'sky	-2,1	Сампурский Sampursky	-2,5
Старооскольский Starooskol'sky	-4,4	Сосновский Sosnovsky	0,9
Чернянский Chernyansky	-2,5	Староюрьевский Staroyur'yevsky	-4,8
Шебекинский Shebekinsky	3,5	Тамбовский Tambovsky	-3,4
Яковлевский Yakovlevsky	-0,6	Токаревский Tokarevsky	-0,2
г. Белгород Belgorod	12,2	Уваровский Uvarovsky	3,9
Орловская область / Orel region		Уметский Umetsky	2,9
Болховский Bolkhovsky	1,2	г. Тамбов Tambov	11,5
Верховский Verkhovsky	0,3	Липецкая область / Lipetsk region	
Глазуновский Glazunovsky	0,6	Воловский Volkhovsky	2,7
Дмитровский Dmitrovsky	-3,6	Грязинский Gryazinsky	1,6



Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension	Области, районы, города Regions, districts, cities	Рейтинг напряженности Rating of tension
Должанский Dolzhansky	2,1	Данковский Dankovsky	2,3
Залегощенский Zalegoshchensky	-4,3	Добринский Dobrinsky	-2,8
Знаменский Znamensky	0,3	Добровский Dobrovsky	-0,2
Колпнянский Kolpnyansky	4,9	Долгоруковский Dolgorukovsky	0,8
Краснозоренский Krasnozorensky	-1,1	Елецкий Eletsky	2,6
Кромский Kromsky	4,1	Задонский Zadonsky	3,7
Корсаковский Korsakovsky	2,2	Измалковский Izmalkovsky	1,2
Ливенский Livensky	-0,4	Краснинский Krasninsky	6,4
Малоархангельский Maloarkhangel'sky	4,6	Лебедянский Lebedyansky	5,7
Мценский Mtsensky	3,3	Лев-Толстовский Lev-Tolstovsky	-0,9
Новодеревеньковский Novodereven'kovsky	-0,8	Липецкий Lipetsky	6,5
Новосильский Novosil'sky	-2,3	Становлянский Stanovlyansky	0,7
Орловский Orlovsky	2,7	Тербунский Terbunsky	-0,8
Покровский Pokrovsky	-2,6	Усманский Usmanskyy	4,0
Свердловский Sverdlovsky	0,9	Хлевенский Khlevensky	6,2
Сосковский Soskovsky	-2,3	Чаплыгинский Chaplyginsky	0,7
Троснянский Trosnyansky	-1,8	г. Липецк Lipetsk	23,1
Урицкий Uritsky	-2,7	-	-
Хотынецкий Khotynetsky	0,5	-	-
Шаблыкинский Shablykinsky	2,8	г. Орел Orel	12,1

Различия регионов довольно отчетливо отмечаются при сопоставлении крайних градаций (класс качества 1 и класс качества 6 типов районов). Повышенная напряженность геоэкологической ситуации отмечается в крупнейших городах региона, образующих в порядке снижения напряженности следующий ряд: Липецк – Воронеж – Белгород – Орел – Тамбов. Относительно благополучна на фоне крупных промышленно-развитых городов ситуация в г. Курске, где отмечаются относительно благополучные параметры общественного здоровья и довольно умеренные техногенные нагрузки на среду обитания. Две области ЦЧР – Белгородская и Тамбовская – занимают средний, вполне удовлетворительный уровень, отличаясь близким к среднему фону (типичным уровнем) большинством параметров техногенных нагрузок на среду обитания и критериями общественного здоровья. Далее следуют два более благополучных региона, среди которых Воронежская



область – относительно комфортная для проживания населения с достаточно хорошими рейтинговыми параметрами общественного здоровья, – а также Курская область, где наблюдается наиболее низкая напряженность медико-экологической ситуации. Это регионы с наиболее благоприятными параметрами среды жизнеобеспечения и здоровья населения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенный анализ геоэкологической диагностики субъектов Центрального Черноземья показывает, что наиболее благополучная (по совокупности параметров окружающей среды и критериев состояния здоровья населения) ситуация в юго-западной части региона, и, прежде всего, на территории Курской, Белгородской и Воронежской областей, а наиболее критическая и неблагоприятная ситуация характерна для Липецкой области (наиболее ярким маркером выступила детская заболеваемость, уровень которой превышает средний по Центральному Черноземью, и новообразования), при этом обозначенные показатели имеют устойчивую тенденцию к росту. Рассчитаны корреляционные связи между интегральными оценочными критериями уровней техногенных нагрузок и параметрами общественного здоровья. Положительные корреляционные связи слабой и средней степени свидетельствуют о наличии устойчивых тенденций: увеличение уровня техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к усилению неблагоприятно «ответной реакции» со стороны населения – происходит рост экологически обусловленной патологии и, прежде всего, злокачественных новообразований, а также уровня врожденных аномалий (детское население). Установлено, что среди областей ЦЧР эта закономерность более выражена для территории Белгородской области, где экологическая ситуация контрастнее, а уровень техногенных воздействий в зонах градопромышленных агломераций выше, чем в Воронежской области.

Типизация субъектов Центрального Черноземного региона может выступить базой для территориального планирования с учетом критериев устойчивости развития социально-экономической системы и разработки направлений эффективной региональной экологической политики, в приоритете которой находится охрана здоровья населения. После крайне неблагоприятного периода 90-х годов прошлого столетия можно наблюдать изменение тенденции роста смертности (происходит ее сокращение) населения в большинстве субъектов Центрального Черноземья. Наблюдается стабилизация в частоте рождения маловесных детей в течение последних 3-х лет (сокращение в среднем на 1-5%). Также можно наблюдать стабильность и в первичном выходе на инвалидность.

Выявленные проблемы необходимо решать только в рамках эффективного межведомственного взаимодействия. Результаты данного исследования могут быть использованы в качестве информационной поддержки принятия решений специалистами медико-профилактических, природоохранных и проектных организаций субъектов Центрального Черноземья. Исследования в таком направлении дают возможность сформулировать новые концептуальные положения в области оздоровления среды обитания и осуществления эффективной экологической политики на уровне региона.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-05-00569

Acknowledgment: The study was performed with financial support RFBR, research project no. 17-05-00569

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bowatte G., Lodge C.J., Knibbs L.D., Lowe A.J., Erbas B., Dennekamp M., Marks G.B., Giles G., Morrison S., Thompson B., Thomas P.S., Hui J., Perret J.L., Abramson M.J., Walters H., Matheson M.C., Dharmage S.C. Traffic-related air pollution exposure is associated with allergic sensitiza-



- tion, asthma, and poor lung function in middle age // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2017. V. 139. Iss. 1. P. 122-129. Doi: 10.1016/j.jaci.2016.05.008
2. Broome R.A., Fann N., Cristina T.J., Fulcher C., Duc H., Morgan G.G. The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia // *Environmental Research*. 2015. V. 143. Pt. A. P. 19-25. Doi: 10.1016/j.envres.2015.09.007
3. Broome R.A., Johnston F.H., Horsley J., Morgan G.G. A rapid assessment of the impact of hazard reduction burning around Sydney, May 2016 // *Medical Journal of Australia*. 2016. V. 205. Iss. 9. P. 407-408. Doi: 10.5694/mja16.00895
4. Chaix B., Méline J., Duncan S., Merrien C., Karusisi N., Perchoux C., Lewin A., Labadi K., Kestens Y. GPS tracking in neighborhood and health studies: a step forward for environmental exposure assessment, a step backward for causal inference? // *Health Place*. 2013. V. 21. P. 46-51. Doi:10.1016/j.healthplace.2013.01.003
5. Doherty R.M., Heal M.R., O'Connor F.M. Climate change impacts on human health over Europe through its effect on air quality // *Environmental Health*. 2017. V. 16. Suppl. 1. P. 118-123. Doi:10.1186/s12940-017-0325-2
6. Humphreys D., Panter J., Sahlqvist S., Goodman A., Ogilvie D. Changing the environment to improve population health: a framework for considering exposure in natural experimental studies // *J. Epidemiol. Community Health*. 2016. V. 70. P. 941-946. Doi:10.1136/jech-2015-206381
7. Mun S.A., Larin S.A., Glushkov A.N. Statistical methods for studying the effects of pollutant emissions into the atmosphere on lung-cancer incidence rates in the population of Kemerovo oblast // *Contemporary Problems of Ecology*. 2013. V. 6. Iss. 2. P. 236-241. Doi: 10.1134/S1995425513020121
8. Яковенко Н.В., Марков Д.С. Качество атмосферного воздуха как составляющая качества среды обитания Ивановской области // *Современные исследования социальных проблем*. 2012. N 11. С. 77. URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33817665> (дата обращения: 19.10.2018)
9. Яковенко Н.В., Марков Д.С., Молодцева А.А., Туркина Е.П. Факторы окружающей среды в формировании здоровья населения Ивановской области (атмосферный воздух) // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. N 5. С. 461-469. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20992547_10937631.pdf (дата обращения 14.09.2018)
10. Мовчан В.Н., Зубкова П.С., Питулько В.М. Формирование критериальной базы экологической оценки состояния урбанизированных территорий // *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2017. Т. 62. N 3. С. 266-279. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.304.
11. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.Л. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе анализа риска здоровью населения // *Гигиена и санитария*. 2014. Т. 93. N 6. С. 5-8.
12. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие. М., Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
13. Куролап С.А., Клепиков О.В. Интегральное медико-экологическое зонирование как основа региональной стратегии устойчивого развития Воронежского региона // *Вестник Тамбовского ун-та. Серия Естественные и технические науки*. 2013. Т. 18. N 2. С. 516-519.
14. Малхазова С.М., Королева Е.Г. Окружающая среда и здоровье человека. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2009. 180 с.
15. Новиков С.М., Фокин М.В., Унгурияну Т.Н. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95. N 8. С. 711-716. Doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-711-716
16. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко [и др.]; под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.
17. Прохоров Б.Б. Здоровье населения России в XX веке. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 276 с.



REFERENCES

1. Bowatte G., Lodge C.J., Knibbs L.D., Lowe A.J., Erbas B., Dennekamp M., Marks G.B., Giles G., Morrison S., Thompson B., Thomas P.S., Hui J., Perret J.L., Abramson M.J., Walters H., Matheson M.C., Dharmage S.C. Traffic-related air pollution exposure is associated with allergic sensitization, asthma, and poor lung function in middle age. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2017, vol. 139, iss. 1, pp. 122-129. Doi: 10.1016/j.jaci.2016.05.008
2. Broome R.A., Fann N., Cristina T.J., Fulcher C., Duc H., Morgan G.G. The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia. *Environmental Research*, 2015. vol. 143, pt. A. pp. 19-25. Doi: 10.1016/j.envres.2015.09.007
3. Broome R.A., Johnston F.H., Horsley J., Morgan G.G. A rapid assessment of the impact of hazard reduction burning around Sydney, May 2016. *Medical Journal of Australia*, 2016, vol. 205, iss. 9, pp. 407-408. doi: 10.5694/mja16.00895
4. Chaix B., Méline J., Duncan S., Merrien C., Karusisi N., Perchoux C., Lewin A., Labadi K., Kestens Y. GPS tracking in neighborhood and health studies: a step forward for environmental exposure assessment, a step backward for causal inference? *Health Place*, 2013, vol. 21, pp. 46-51. Doi:10.1016/j.healthplace.2013.01.003
5. Doherty R.M., Heal M.R., O'Connor F.M. Climate change impacts on human health over Europe through its effect on air quality. *Environmental Health*, 2017, vol. 16, suppl. 1, pp. 118-123. Doi:10.1186/s12940-017-0325-2
6. Humphreys D., Panter J., Sahlqvist S., Goodman A., Ogilvie D. Changing the environment to improve population health: a framework for considering exposure in natural experimental studies. *J. Epidemiol. Community Health*, 2016, vol. 70, pp. 941-946. Doi:10.1136/jech-2015-206381
7. Mun S.A., Larin S.A., Glushkov A.N. Statistical methods for studying the effects of pollutant emissions into the atmosphere on lung-cancer incidence rates in the population of Kemerovo oblast. *Contemporary Problems of Ecology*, 2013, vol. 6, iss. 2, pp. 236-241. Doi: 10.1134/S1995425513020121
8. Yakovenko N.V., Markov D.S. [Quality of atmospheric air as a component of the habitat quality of the Ivanovo region]. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem*, 2012, no. 11, 77 p. (In Russian) Available at: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33817665> (accessed 19.10.2018)
9. Yakovenko N.V., Markov D.S., Molodtseva A.A., Turkina E.P. [Environment factors in formation of health of the population of the Ivanovo region (atmospheric air)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 5, pp. 461-469. (In Russian) Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_20992547_10937631.pdf (accessed 14.09.2018)
10. Movchan V.N., Zubkova P.S., Pitulko V.M. Formation of the criterial base for ecological assessment of state of urbanized territories. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 2017, vol. 62, no. 3, pp. 266-279. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.304. (In Russian)
11. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A., Mishina A.L. The urgent problems of the improvement of the environment management system based on the analysis of health risk assessment. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and sanitation]*. 2014, vol. 93, no. 6, pp. 5-8. (In Russian)
12. Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and balanced development]. Moscow, Smolensk, Madzhenta Publ., 2003, 384 p. (In Russian)
13. Kurolap S.A., Klepikov O.V. Integral health-ecological zoning as basis of regional strategy for sustainable development of Voronezh region. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences]*. 2013, vol. 18, no. 2, pp. 516-519. (In Russian)
14. Malkhazova S.M., Koroleva E.G. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e cheloveka* [Environment and human health]. Moscow, Geography Faculty of MSU Publ., 2009, 180 p. (In Russian)



15. Novikov S.M., Fokin M.V., Unguryanu T.N. Actual questions of methodology and development of evidence-based risk assessment of public health under the influence of chemicals. *Hygiene and sanitation*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 711-716. (In Russian) Doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-711-716
16. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., eds. *Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu* [Basics of risk assessment for the population health under the influence of chemicals that pollute the environment]. Moscow, 2002, 408 p. (In Russian)
17. Prokhorov B.B. *Zdorov'e naseleniya Rossii v XX veke* [Population health of Russia in the twentieth century]. Moscow, International independent University of ecology and political science Publ., 2001, 276 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Семен А. Куролап, доктор географических наук, профессор, декан факультета географии, геоэкологии и туризма; зав. кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия.

Наталия В. Яковенко*, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой социально-экономической географии и регионоведения, Воронежский государственный университет, ул. Хользунова, д. 40, г. Воронеж, Россия, тел.: +79191889232, e-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com

Владимир И. Федотов, доктор географических наук, профессор, кафедры рекреационной географии, страноведения и туризма, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия.

Владимир Б. Михно, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия.

Людмила Н. Костылева, кандидат географических наук, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия.

Критерии авторства

Семен А. Куролап: разработка концепции и

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Semyon A. Kurolap, Doctor of Geography, Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism; Head of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia.

Nataliya V. Yakovenko*, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Social and Economic Geography and Regional Studies, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Kholzunova str., 40, Voronezh, Russia, tel.: +79191889232, e-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com

Vladimir I. Fedotov, Doctor of Geography, Professor, Department of Recreational Geography, Country Studies and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia.

Vladimir B. Mikhno, Doctor of Geography, Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Optimization, Voronezh State University, Voronezh, Russia.

Lyudmila N. Kostyleva, Candidate of Geographical Sciences, Military Training and Research Centre of the Air force "Air force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, Russia.

Contribution

Semyon A. Kurolap: development of the con-



дизайна исследования, написание первой версии статьи. Наталия В. Яковенко: критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания, обработка и анализ проведенных расчетов по геоэкодиагностике субъектов Центрального Черноземья, их табличное представление. Владимир И. Федотов: согласие нести ответственность за все аспекты работы и гарантировать соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью всех частей работы. Владимир Б. Михно: проведение расчетов по геоэкологической диагностике субъектов Центрального Черноземья. Людмила Н. Костылева: одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации, формулировка результатов исследования и заключительных выводов. Все авторы участвовали в сборе материала, проанализировали данные, написали рукопись и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 26.11.2018

Принята в печать 14.01.2019

cept and design of the research, writing the first version of the article. Nataliya V. Yakovenko: a critical review of the article on the subject for important intellectual content, processing and analysis of the performed calculations on geoecological diagnostics of the regions of the Central Black Soil Region, their tabular presentation. Vladimir I. Fedotov: Agreement to be responsible for all aspects of the work and to guarantee appropriate consideration and resolution of issues related to the accuracy and integrity of all parts of the work. Vladimir B. Mikhno: carrying out calculations on geoecological diagnostics of regions of the Central Black Soil Region. Lyudmila N. Kostyleva: approval of the final version of the article before its submission for publication, formulation of research results and final conclusions. All authors were equally involved in collecting the materials, analyzed the data, wrote the manuscript and are responsible in case of plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 26.11.2018

Accepted for publication 14.01.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК 504.4.054

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-81-93

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА, МЕДИ, НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНУЮ РЕКУ МИУС В ПЕРИОД С 2003 ПО 2017 ГОДЫ

^{1,2}Евгений В. Воробьев*, ²Елена В. Усова, ²Юлия В. Орехова

¹Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения,

Южный федеральный университет, Таганрог, Россия, vorobeev@sfedu.ru

²Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский
водохозяйственный центр», Ростов-на-Дону, Россия

Резюме. Цель. Трансграничные реки – достаточно сложный для изучения объект, требующий анализа не только самих загрязняющих компонентов, но и их географических особенностей, специфики хозяйственной деятельности. Работа посвящена изучению динамики загрязнения реки Миус ионами марганца, меди, никеля и алюминия с учетом особенностей регионов местонахождения реки и специфики антропогенной нагрузки на прилегающих к ней территориях. **Материал и методы.** В статье рассмотрены природные и антропогенные факторы, определяющие повышенное содержание ионов металлов в трансграничной р. Миус с учетом особенностей региона местонахождения. На основании данных мониторинга с 2003 по 2017 годы представлена динамика загрязнения рек алюминием, марганцем, медью и никелем, приведены среднемесячные данные за рассматриваемый период. **Результаты.** Выявлено, что загрязнение имеет годовую периодичность, которая зависит как от природных факторов, так и от развития металлургической промышленности, характерной для Донбасса. Для каждого металла указан его негативный эффект на здоровье человека и окружающую среду. **Заключение.** Наблюдается связь изменения концентраций рассматриваемых металлов между собой, что свидетельствует о преобладании антропогенного источника поступления металлов в р. Миус над природными.

Ключевые слова: тяжелые металлы, медь, марганец, алюминий, никель, загрязнение рек, трансграничная река, среднемесячная концентрация.

Формат цитирования: Воробьев Е.В., Усова Е.В., Орехова Ю.В. Анализ динамики и источников поступления ионов марганца, меди, никеля и алюминия в трансграничную реку Миус в период с 2003 по 2017 годы // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.81-93. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-81-93

ANALYSIS OF DYNAMICS AND SOURCES OF MANGANESE, COPPER, NICKEL AND ALUMINUM IONS FOUND IN THE TRANS-BORDER MIUS RIVER DURING THE PERIOD FROM 2003 TO 2017

^{1,2}Evgeny V. Vorobyov*, ²Elena V. Usova, ²Yulia V. Orekhova

¹Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrument Engineering,

Southern Federal University, Taganrog, Russia, vorobeev@sfedu.ru

²Russian Information – Analytical and Water Research Center, Rostov-on-Don, Russia



Abstract. Aim. Transboundary rivers are complex enough to study which requires analysis of not only the polluting agents themselves but also geographic features and specifics of economic activities. The work is devoted to the study of the dynamics of pollution of the Mius River with ions of manganese, copper, nickel and aluminum, taking into account the peculiarities of the regions through which the river flows and the specifics of the anthropogenic load on the adjacent territories. **Material and methods.** The article considers some natural and anthropogenic factors that determine the increased content of metal ions in the transboundary river Mius, taking into account the peculiarities of the territory of the river. Based on the monitoring data from 2003 to 2017, the dynamics of river pollution by aluminum, manganese, copper and nickel were presented; monthly averages for the period under review were also given. **Results.** It is revealed that pollution has an annual periodicity which depends on natural factors and metallurgical industry, characteristic of Donbass. The negative effect of these metals on human health and environment was indicated. **Conclusion.** There is a connection between changes in concentrations of the metals of concern, which indicates the predominance of the anthropogenic source of metals over natural in the Mius River.

Keywords: heavy metals, copper Cu, manganese Mn, aluminum Al, nickel Ni, river pollution, transboundary river, monthly average concentration.

For citation: Vorobyov E.V., Usova E.V., Orekhova Yu.V. Analysis of dynamics and sources of manganese, copper, nickel and aluminum ions found in the trans-border Mius river during the period from 2003 to 2017. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 81-93. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-81-93

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение водоемов – актуальная проблема, так как водные объекты, особенно проточные, не только являются рекреационными и рыбохозяйственными объектами, но и интенсивно переносят загрязнители на большие территории. Кроме того, большинство водоемов относится к хозяйственно-бытовому водопользованию.

Как отмечает ряд исследователей [1; 2], многие отрасли промышленности (нефтеперерабатывающая, химическая, черная и цветная металлургии, производство цемента, искусственного волокна) загрязняют культурные ландшафты свинцом, кадмием, медью, цинком, никелем и другими тяжелыми металлами. Загрязнение происходит как через поверхностные воды (сбросы в водоемы неочищенных и недоочищенных промышленных вод), так и через грунтовые (хранение твердых бытовых и промышленных отходов).

Река Миус протекает как по территории Украины, так и по территории России. Это обуславливает ее статус трансграничной реки. В настоящее время между этими государствами нет обязательной взаимной отчетности как о количестве сбросов, так и о мониторинговых исследованиях трансграничных объектов, что приводит к необходимости проведения регулярных мониторинговых работ каждой из стран. Актуальность мониторинга р. Миус несомненна, так как на территориях протекания реки располагается большое количество промышленных объектов, в первую очередь, металлургического и угледобывающего профиля.

Миус – полноводная река, впадающая в Азовское море и являющаяся источником питьевой воды для отдельных районов г. Таганрога. Кроме того, р. Миус – водный объект рыбохозяйственного назначения длиной 252 км и площадью водосбора – 7030 км². Среднегодовой расход воды составляет 12 м³/с (объем стока 0,379 км³/год). Река имеет извилистый характер. По Ростовской области р. Миус протекает около 60 км (четверть от общей протяженности). Долина р. Миус содержит скалы, утесы, крутые одиночные горы, цепи холмов по обе стороны реки (в пределах Донецкого кряжа), что оказывает некото-

рое влияние на солевой состав реки. Ниже слияния с р. Крынкой значительно увеличивает свою водность р. Миус. Питание реки поддерживается в первую очередь выходом многочисленных родников [3].

Целью работы является оценка содержания ионов металлов (медь, марганец, алюминий, никель) в воде р. Миус. Эти металлы представляют наибольший интерес в связи с высоким содержанием их ионов в воде. Они относятся к опасным токсикантам: медь и никель – III класс опасности, алюминий и марганец – IV класс опасности. Для осуществления оценки был проведен анализ мониторинговых данных за 2003-2017 гг., изучены особенности как антропогенной нагрузки на р. Миус, так и её специфика как природного объекта.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили исследования, проведенные с 2003 по 2017 гг. отделом исследования качества вод и аналитической деятельности ФГУ «Донводинформцентр». Отбор проб воды осуществлялся по р. Миус вблизи села Куйбышево (Ростовская область) на границе России и Украины (рис. 1). Пробы отбирались с января 2003 г. по декабрь 2017 г. на расстоянии 1,5-2,0 м от берега у поверхностного слоя 0,5 м, согласно ГОСТ [4] в стеклянные емкости и при необходимости проводилась их консервация. Определение количественного содержания катионов марганца, никеля, алюминия и меди в воде выполнялось в соответствии с методиками, включенными в государственный реестр методик количественного химического анализа (КХА) и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга [5-7]. Алюминий определялся фотометрическим методом с использованием алюминола, а медь, марганец и никель – при помощи атомно-абсорбционной спектроскопии.

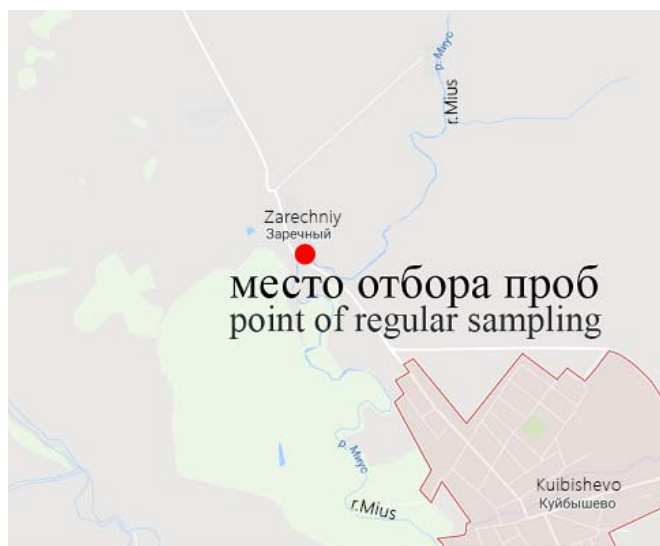


Рис.1. Расположение точки регулярного отбора проб вблизи села Куйбышево Ростовской области

Fig.1. The location of the site of regular sampling near the village of Kuibyshevo, Rostov region

Для комплексного анализа загрязнения водных объектов в нашей стране используется удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [8] с учетом «Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [9].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ионы меди. Чаще всего ионы меди в природные воды попадают от предприятий цветной металлургии воды, из шахтных вод и от транспорта. Природным источником меди могут служить подземные воды, которые проходят через слои горных пород, содержащих этот металл [10; 11]. В итоге превышение ПДК меди наблюдается как вследствие попадания загрязненной воды вместе со стоками, осадками из атмосферы, так и в результате хозяйственной деятельности человека. В результате перехода в нерастворимые соединения медь может накапливаться в донных отложениях. Природные сорбенты (например, гуминовые кислоты, железомарганцевые оксиды) способствуют накоплению меди в донных отложениях. Обратный процесс (десорбция меди) может варьироваться в зависимости от ряда факторов: анионного состава воды, кислотности, присутствия хелатообразующих частиц [12].

Медьсодержащие вещества относят к III классу опасности [9]. Медь склонна к накоплению в некоторых органах человека и других млекопитающих – в мозговой ткани, в поджелудочной железе, печени. В больших концентрациях это приводит к болезни Вильсона [13].

Проведенные исследования показали, что в р. Миус содержание меди в 2-4 раза (в отдельные периоды в 5 и более раз) превышает предельно допустимые концентрации по рыбохозяйственным нормативам и составляет до $0,012 \text{ мг/м}^3$ (рис. 2).

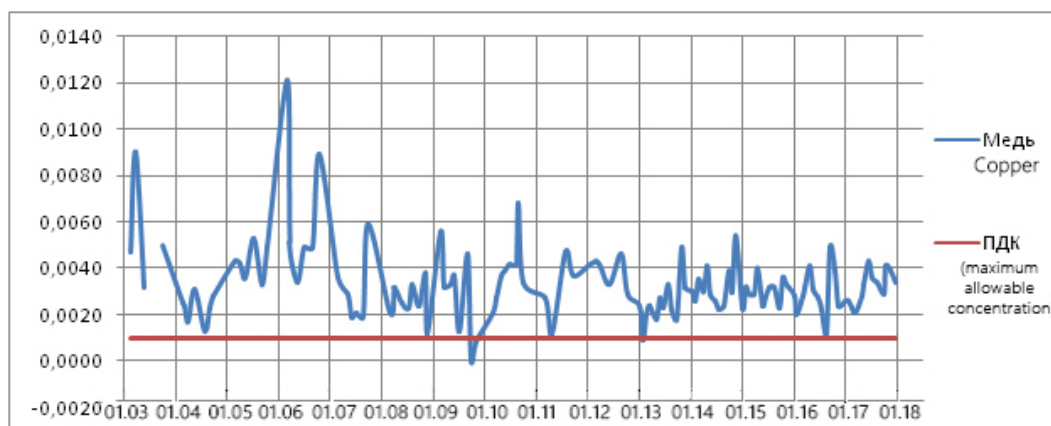


Рис.2. Динамика концентрации ионов меди (мг/дм^3) за период 2003-2017 гг.

(р. Миус, с. Куйбышево, граница России и Украины)

Fig.2. Dynamics of the concentration of copper ions (mg/dm^3) for the period of 2003-2017.

(Mius River, Kuibyshevo village, Russia and Ukraine border)

Четкой периодичности на протяжении 15 лет выявить не удастся, однако можно наблюдать схожую динамику в 2006-2007 гг. и 2013-2017 гг. В эти годы наибольшие значения содержания меди в воде наблюдаются в ноябре-декабре и составляют $0,009 \text{ мг/дм}^3$, а в летние месяцы концентрация заметно падает ($0,002 \text{ мг/дм}^3$). Такая периодичность может быть связана с физиологической ролью меди в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в живых организмах, ее роли в процессе фотосинтеза. В теплые месяцы медь накапливается в живых организмах, в то время как после отмирания животных и растительных форм в холодные месяцы большое количество ее высвобождается. За наблюдаемый период были отмечены два резких повышения концентрации, что в зимние месяцы не может быть обусловлено природными факторами. Можно сделать предположение об антропогенных сбросах, содержащих рассматриваемые катионы.

Среднемесячный диапазон колебаний концентрации меди от $0,0028$ до $0,004 \text{ мг/дм}^3$. Наибольший разброс характерен для марта, апреля, сентября и октября. Наибольшие зна-

чения содержания меди в эти месяцы связаны с высвобождением ее из отмирающей растительности [2] и достигают максимума в марте 2006 года ($0,012 \text{ мг/дм}^3$) (рис. 3).

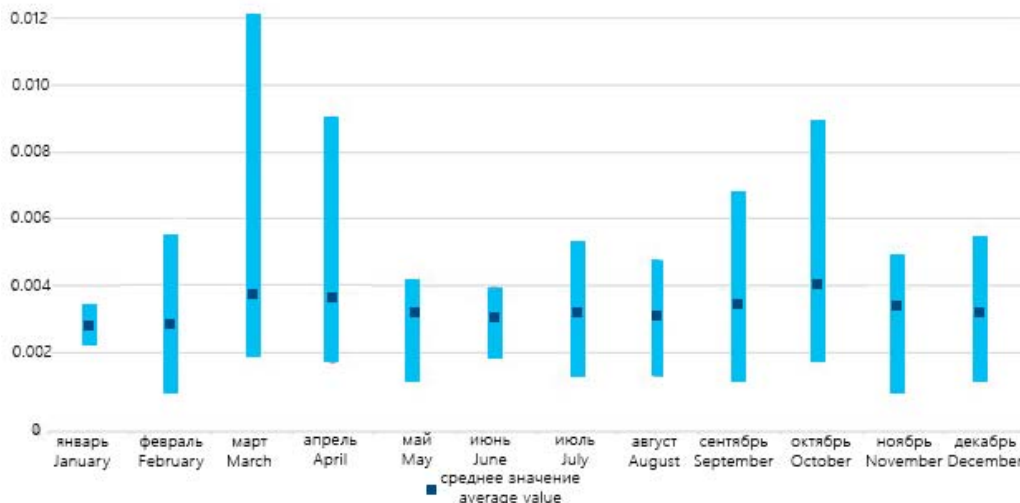


Рис.3. Среднемесячные значения и диапазон колебаний концентрации ионов меди в р. Миус (2003-2017 гг.)

Fig.3. Monthly mean values and the range of fluctuations in the concentration of copper ions in the river Mius (2003-2017)

Анализируя динамику концентрации меди можно сказать, что практически во всех случаях наблюдается превышение ПДК, в отдельных случаях – до 12 раз ($0,12 \text{ мг/дм}^3$). Такая концентрация не может быть обусловлена ни природными факторами, ни сельскохозяйственной деятельностью, ни сбросом коммунально-бытовых отходов. Основным фактором влияния в данном случае является металлургическая промышленность, характерная для изучаемого региона.

Ионы марганца. Выщелачивание железомарганцевых руд и других марганецсодержащих минералов (пирролюзит, манганит, псиломелан, браунит) – природная причина повышения концентрации марганца в речной воде [14]. Другим источником является разложение растительных и животных организмов, способных концентрировать марганец в процессе жизнедеятельности (сине-зеленые, диатомовые водоросли). Антропогенным источником соединений марганца являются сточные воды металлургических заводов, а также шахты и объекты химической промышленности вблизи водоемов [15]. Выбросы предприятий черной металлургии составляют в среднем 60% всех выбросов марганца, машиностроения и металлообработки – 23%, цветной металлургии – 9%. Природное содержание марганца в растениях, животных и почвах очень высоко. Марганец – металл, относящийся ко IV классу опасности [9].

Концентрация марганца в воде р. Миус подвержена сезонным колебаниям. Наблюдаются максимальные значения концентраций марганца в январе-феврале на протяжении практически всего рассматриваемого временного промежутка – от $0,06$ до $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Так как марганец является биогенным элементом, то в летние месяцы концентрация падает, затем наблюдается постепенное повышение его содержания до максимальных значений в конце зимы ($0,1 \text{ мг/дм}^3$). Весеннее снижение содержания марганца в р. Миус до 1 ПДК ($0,01 \text{ мг/дм}^3$) может наблюдаться в результате развития флоры и фауны, сопровождающиеся связыванием рассматриваемого элемента в воде [11]. Максимальное значение концентрации марганца наблюдалось в марте 2003 года и составило $0,12 \text{ мг/дм}^3$, что в 12 раз превышает допустимую концентрацию (рис. 4).

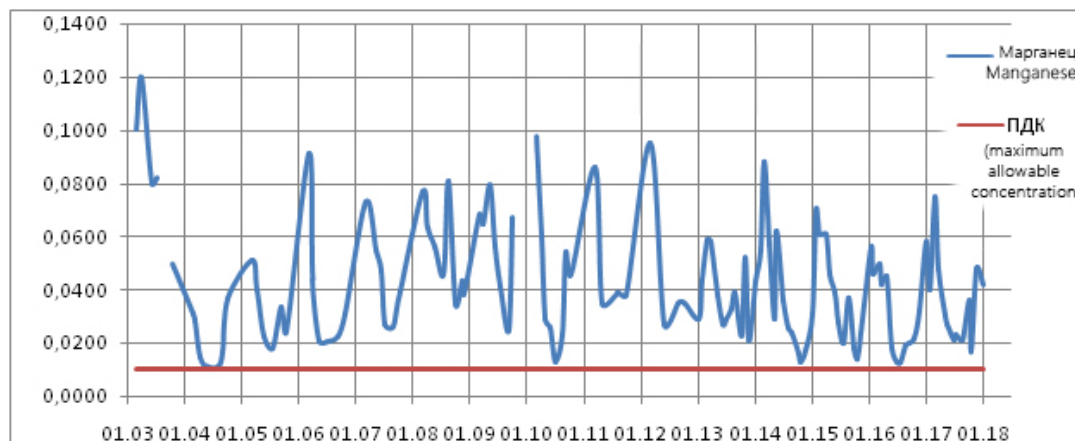


Рис.4. Динамика концентрации ионов марганца (mg/dm^3) за период 2003–2017 гг.
(р. Миус, с. Куйбышево, граница России и Украины)

Fig.4. Dynamics of the concentration of manganese ions (mg/dm^3) for the period of 2003–2017

(Mius River, Kuibyshevo village, Russia and Ukraine border)

В результате связывания живыми организмами концентрация марганца в летние месяцы уменьшается практически в 2 раза. При сравнении значений концентрации марганца в апреле наблюдается наибольший разброс за исследуемый промежуток времени в апреле от 0,012 до 0,12 mg/dm^3 . Максимальное значение среднемесячной концентрации отмечается в марте – 0,07 mg/dm^3 (рис. 5).

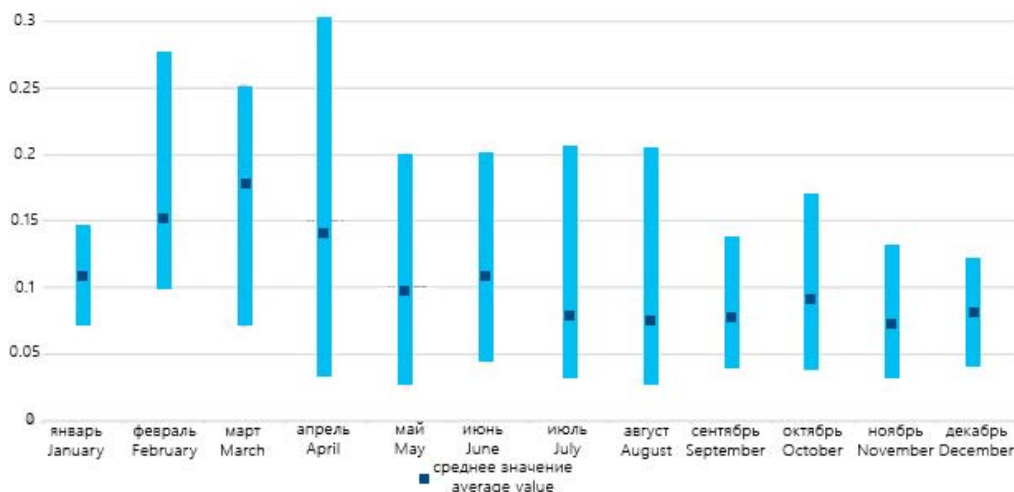


Рис.5. Среднемесячные значения и диапазон колебаний концентрации ионов марганца в р. Миус (2003–2017 гг.)

Fig.5. Monthly mean values and the range of fluctuations in the concentration of manganese ions in the river Mius (2003–2017)

По этой причине можно предположить, что факторами, определяющими изменения концентрации марганца, являются интенсивность потребления его при фотосинтезе, разложение фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности и, как следствие, переход марганца в растворимые формы из нерастворимых и наоборот.

Таким образом, наряду с высокими концентрациями марганца в воде р. Миус для данного металла характерна четкая периодичность, низкие концентрации и минимальный их разброс в холодные месяцы.

Ионы алюминия. Алюминий может поступать в речную воду как от природных источников (при взаимодействии с горными породами и почвами), так и от предприятий металлургической промышленности, консервных заводов. Алюминий в ионной форме взаимодействует с ионом ортофосфата с образованием нерастворимого фосфата алюминия, переходящего в донные отложения. В зависимости от кислотности алюминий в воде присутствует в различных формах. При низких pH преобладают ионы Al^{3+} , которые наиболее токсичны. Поэтому снижение pH воды часто приводит к гибели как животных, так и растительных форм жизни в водоеме [14; 16].

При рассмотрении влияния алюминия на здоровье человека отметим, что с возрастом происходит накопление его в организме. Существуют исследования, в которых ученые утверждают, что оказываемый алюминием вред на головной мозг может спровоцировать болезнь Альцгеймера [17].

Динамика количества ионов алюминия в р. Миус значительно меняется на рассматриваемом промежутке времени, однако в большинстве случаев колебания соответствуют значениям от 0,04 мг/дм³ до 1,3 мг/дм³ (рис. 6).

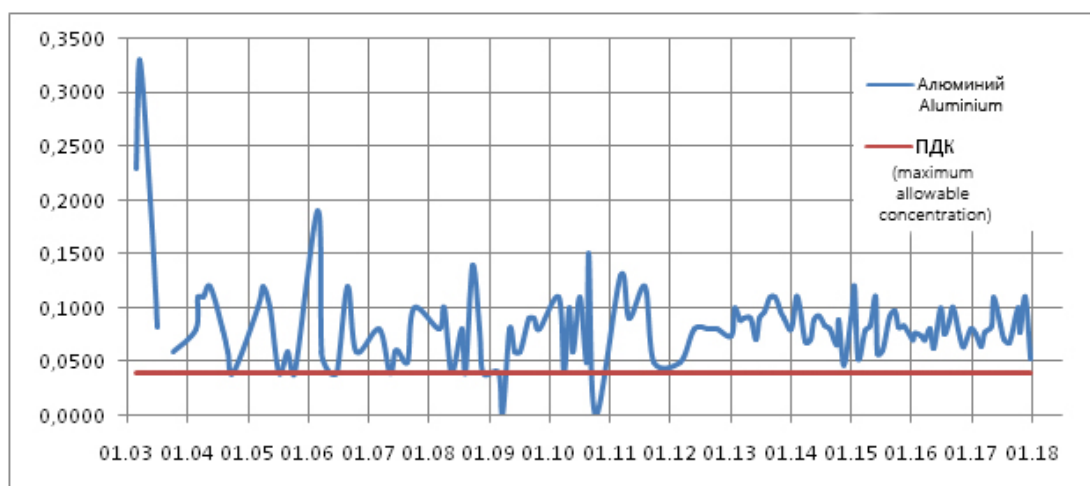


Рис. 6. Динамика концентрации ионов алюминия (мг/дм³) за период 2003–2017 гг.
(р. Миус, с. Куйбышево, граница России и Украины)

Fig. 6. Dynamics of the concentration of aluminum ions (mg/dm³)
for the period of 2003–2017.

(Mius River, Kuibyshevo village, Russia and Ukraine border)

При анализе графика можно выделить три периода:

2003–2006 гг. – резкие скачкообразные изменения с пиками в феврале-марте (март 2003 года – 0,33 мг/дм³, февраль 2006 года – 0,18 мг/дм³). Эти пики соответствуют самым большим повышением концентрации за рассматриваемый период.

2007–2012 гг. – диапазон колебаний уменьшается и носит беспорядочный характер (от практически полного отсутствия ионов алюминия до концентрации 0,15 мг/дм³).

В 2013–2017 гг. колебания происходят в узком диапазоне по сравнению с другими годами. Значения концентрации попадают, в основном, в диапазон от 0,05 мг/дм³ до 0,1 мг/дм³.

Как и для остальных элементов в весенние месяцы отмечается наибольший разброс концентраций и средних значений (с февраля по апрель) – от 0,4 мг/дм³ до 3,3 мг/дм³ (рис. 7).

Таким образом, можно отметить, что в большинстве случаев концентрация алюминия превышает значения ПДК в несколько раз. Природных источников поступления

большого количества алюминия не наблюдается, а значит загрязнителем, в первую очередь, является металлургическая промышленность Донбасса.

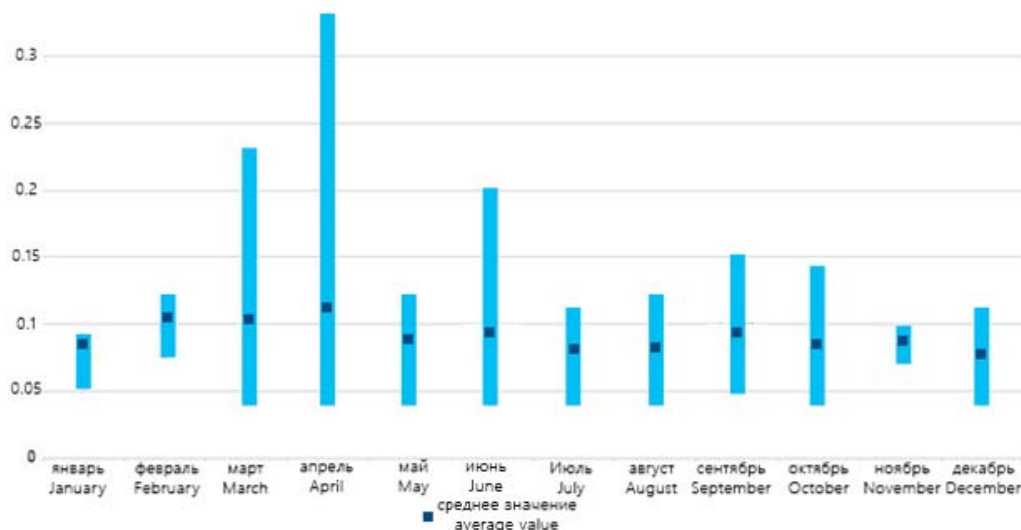


Рис. 7. Среднемесячные значения и диапазон колебаний концентрации ионов алюминия в р. Миус (2003-2017 гг.)

Fig. 7. Monthly mean values and the range of fluctuations of the concentration of aluminum ions in the river Mius (2003-2017)

Ионы никеля. Повышение содержания никеля в природной воде носит как антропогенный характер (сбросные воды при производстве синтетического каучука в процессах никелирования с предприятий цветной металлургии (97% всех антропогенных выбросов никеля), сжигание топлива), так и природный (никель может поступить в реки при разложении растений и животных). Сине-зеленые водоросли содержат рекордные количества никеля по сравнению с другими растительными организмами [14; 15].

Снижению концентрации никеля в природной воде может способствовать взаимодействие с сульфидами, карбонатами, цианидами, а также щелочная среда. Кроме того, уменьшение содержания никеля может происходить за счет поглощения природными адсорбентами или потребления животными и растениями.

Соединения никеля могут присутствовать в воде как в растворенном, так и во взвешенном состоянии. На это влияет состав воды, температура и кислотность. В роли сорбентов могут выступать глины [18].

Анализируя содержание никеля в исследуемой воде можно отметить, что в большинстве случаев, особенно до 2014 года, его концентрация превышает ПДК лишь в отдельно взятых пробах. Диапазон колебаний ионов никеля в воде р. Миус неравномерен в течение рассматриваемого диапазона времени – максимальные значения наблюдались в марте 2004 года и составляли 0,028 мг/дм³, а минимальные в сентябре этого же года и составили 0,001 мг/дм³. До 2012 года перепады концентраций никеля в течение года наиболее выражены и изменяются от 0,003 до 0,011 мг/дм³. За последние пять лет диапазон колебаний значительно уменьшается – от 0,008 до 0,010 мг/дм³ (рис. 8).

Похожая картина наблюдается и по содержанию меди, что может характеризовать антропогенную природу поступления этих элементов в р. Миус. В частности, эти соединения характерны для цветной металлургии.

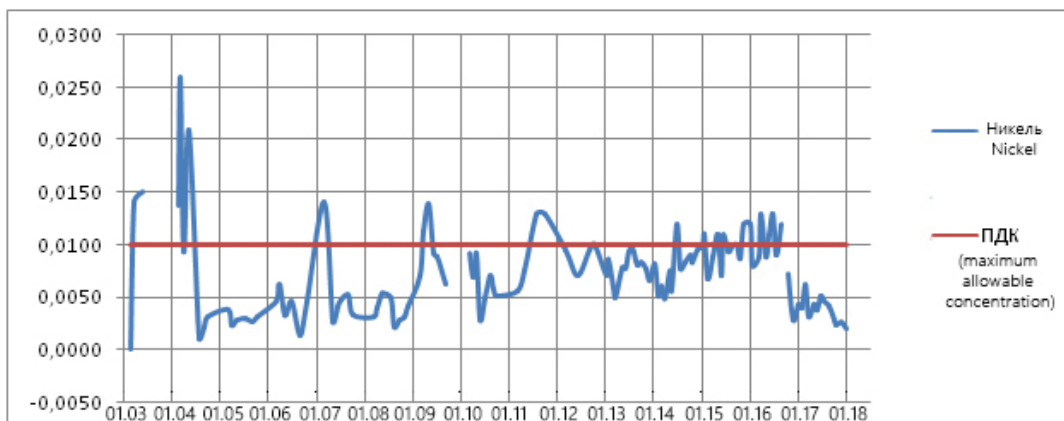


Рис.8. Динамика концентрации ионов никеля (mg/dm^3) за период 2003-2017 гг.
(р. Миус, с. Куйбышево, граница России и Украины)

Fig.8. Dynamics of nickel ion concentration (mg/dm^3) for the period of 2003-2017.
(Mius River, Kuibyshevo village, Russia and Ukraine border)

При анализе среднемесячных концентраций никеля можно отметить, что средние значения находятся между $0,006$ и $0,008 \text{ mg/dm}^3$, то есть разброс в течение года незначительный (максимальный разброс значений наблюдается в марте и колеблется в диапазоне от $0,0025$ до $0,028 \text{ mg/dm}^3$) (рис. 9). Это можно связать с температурным режимом – в ряде случаев в это время некоторые участки реки покрыты льдом, в другие годы – река освобождается ото льда и увеличивает свою водность.

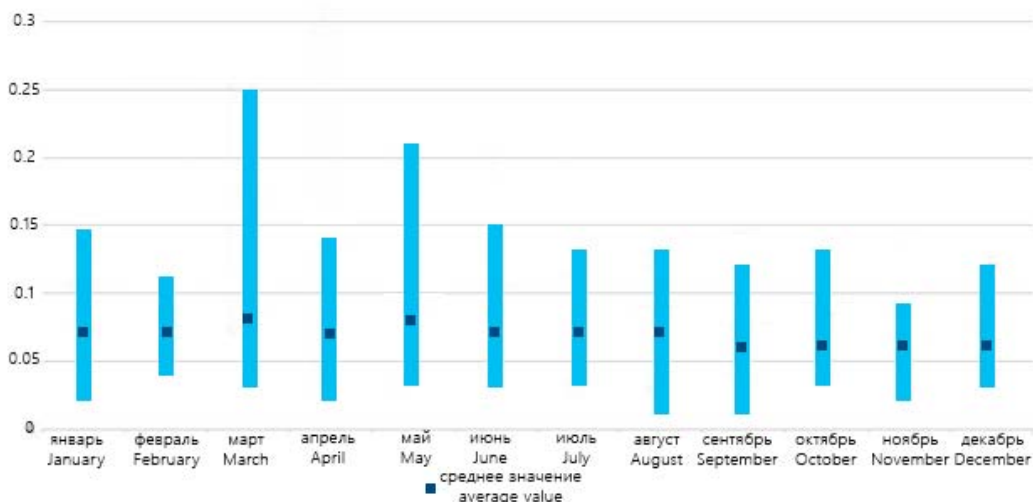


Рис.9. Среднемесячные значения и диапазон колебаний концентрации ионов никеля в р. Миус (2003-2017 гг.)

Fig.9. Monthly mean values and the range of fluctuations in the concentration of nickel ions in the river Mius (2003-2017)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При мониторинге динамики содержания рассматриваемых ионов в р. Миус можно заметить, что наибольшие значения концентрации приходятся на март 2003 года. Для меди, никеля и алюминия характерно уменьшение скачков концентраций, начиная с 2013 года. Динамика концентрации марганца отличается от динамики других металлов в виду



его вовлеченности в биологические процессы. Это может служить основой для выводов об общем источнике поступления изучаемых ионов металлов в р. Миус.

Подводя итоги можно отметить, что высокое содержание металлов в воде р. Миус является важной экологической проблемой, требующей детального изучения. Как показал проведенный анализ, на изменение концентрации этих элементов влияют биологические процессы (особенно для биогенного марганца), температурный режим и промышленные объекты, расположенные вблизи реки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Islam Md.S., Hossain M.B., Matin A., Sarke Md.Sh.I. Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh // *Chemosphere*. 2018. V. 202. P. 25-32. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.077
2. Sari E., Çağatay M.N., Acar D., Belivermiş M., Kiliç Ö., Arslan T.N., Tutay A., Kurt M.A., Sezer N. Geochronology and sources of heavy metal pollution in sediments of Istanbul Strait (Bosporus) outlet area, SW Black Sea, Turkey // *Chemosphere*. 2018. V. 205. P. 387-395. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.04.096
3. Миус. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%83%D1%81> (дата обращения: 22.05.2018)
4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013. 63 с.
5. ПНД Ф 14.1:2.4.140-98 Методика измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы и хрома в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-адсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. Москва. 1998 (издание 2013 г.). С. 1-22.
6. ПНД Ф 14.1:2.4.139-98 Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-адсорбционной спектроскопии. Москва. 1998 (издание 2010 г.). С. 1-17.
7. ПНД Ф 14.1:2.4.166-2000 Методика измерений массовой концентрации алюминия в пробах природных, очищенных сточных и питьевых вод методом фотометрическим методом с алюминолом. Москва. 2000 (издание 2004 г.). С. 1-18.
8. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону. 2002. С. 1-49.
9. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5Mp8ivJow> (дата обращения: 23.05.2018)
10. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. Москва: Наука, 2006. 261 с.
11. Васильченко О.В. Гидроэкология: особенности оценки качества вод. Москва: Инженерная экология, 2003. С. 2-25.
12. Farré M., Brix R., Barceló D. Screening water for pollutants using biological techniques under European Union funding during the last 10 years // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2005. V. 24. Iss. 6. P. 532-545. Doi: 10.1016/j.trac.2005.03.008
13. Ciazela J., Siepak M., Wojtowicz P. Tracking heavy metal contamination in a complex river-oxbow lake system: Middle Odra Valley, Germany/Poland // *Science of The Total Environment*. 2018. V. 616-617. P. 996-1006. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.219
14. Мажайский Ю.А., Гусев Т.М. Тяжелые металлы в экосистемах водосборов малых рек. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 138 с.



15. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Л. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Липецк: Гидрометеиздат, 2005. 144 с.
16. Власов Б.П., Гигевич Г.С. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды. Методические рекомендации. Минск: БГУ, 2002. 84 с.
17. Mirza A., King A., Troakes C., Exley C. Aluminium in brain tissue in familial Alzheimer's disease // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2017. V. 40. P. 30-36. Doi: 10.1016/j.jtemb.2016.12.001
18. Сагт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 2000. 335 с.

REFERENCES

1. Islam Md.S., Hossain M.B., Matin A., Sarke Md.Sh.I. Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh. *Chemosphere*, 2018, vol. 202, pp. 25-32. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.077
2. Sari E., Çağatay M.N., Acar D., Belivermiş M., Kiliç Ö., Arslan T.N., Tutay A., Kurt M.A., Sezer N. Geochronology and sources of heavy metal pollution in sediments of Istanbul Strait (Bosporus) outlet area, SW Black Sea, Turkey. *Chemosphere*, 2018, vol. 205, pp. 387-395. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.04.096
3. Mius [Mius]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%83%D1%81> (accessed 22.05.2018) (In Russian)
4. GOST 31861-2012. *Voda. Obshietrebovaniya k otboru prob.* [GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling]. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 63 p. (In Russian)
5. PND F 14.1:2.4.140-98 *Metodika izmerenii massovykh kontsentratsii berilliya, vanadiya, vismuta, kadmiya, kobal'ta, medi, molibdena, mysh'yaka, nikelya, olova, svintsa, seleny, serebra, sur'my i khroma v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod metodom atomno-adsorbtsionnoi spektrometrii s elektrotermicheskoi atomizatsiei* [Measurement technique of mass concentration of beryllium, vanadium, bismuth, cadmium, cobalt, copper, molybdenum, arsenic, nickel, tin, lead, selenium, silver, antimony and chrome in tests drinking, natural and sewage by method of atomic and adsorptive spectrometry with electrothermal atomization]. Moscow, 1998, pp. 1-22. (In Russian)
6. PND F 14.1:2.4.139-98 *Metodika izmerenii massovykh kontsentratsii kobal'ta, nikelya, medi, tsinka, khroma, margantsa, zheleza, serebra, kadmiya i svintsa v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod metodom atomno-adsorbtsionnoi spektrometrii* [Measurement technique of mass concentration of beryllium, vanadium, bismuth, cadmium, cobalt, copper, molybdenum, arsenic, nickel, tin, lead, selenium, silver, antimony and chrome in tests drinking, natural and sewage by method of the atomic and adsorptive spectrometry with electrothermal atomization]. Moscow, 1998, pp. 1-17. (In Russian)
7. PND F 14.1:2.4.166-2000 *Metodika izmerenii massovoi kontsentratsii alyuminiya v probakh prirodnykh, ochishchennykh stochnykh i pit'evykh vod metodom fotometricheskimi metodami s alyuminolom* [Measurement technique of mass concentration of cobalt, nickel, copper, zinc, chrome, manganese, iron, silver, cadmium and lead in tests drinking, natural and sewage by method of the atomic and adsorptive spectrometry]. Moscow, 2000, pp. 1-18. (In Russian)
8. RD 52.24.643-2002. *Metod kompleksnoi otsenki zagryaznenosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskimi pokazatelyam* [RD 52.24.643-2002. Method of complex assessment of impurity of a surface water on hydrochemical indicators]. Rostov-on-Don, 2002, pp. 1-49. (In Russian)
9. *Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 18 yanvarya 2010 g. N 20 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya»* [The order of Federal Agency for Fishery of January 18, 2010 No. 20 "About the approval of standards of quality of water of water objects of fishery value, including standards of threshold limit values of harmful substances in waters of water objects of fishery value"]. Available



- ble at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5Mp8ivJow> (accessed 23.05.2018)
10. Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A. *Rasseyannye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushi: tekhnofil'nost', bioakkumulyatsiya i ekotoksikologiya* [Scattered elements in a surface water of sushi: tekhnofilnost, bio-accumulation and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 261 p. (In Russian)
11. Vasil'chenko O.V. *Gidroekologiya: osobennosti otsenki kachestva vod* [Hydroecology: features of assessment of quality of waters]. Moscow, Inzhenernaya ekologiya Publ., 2003, pp. 2-25. (In Russian)
12. Farré M., Brix R., Barceló D. Screening water for pollutants using biological techniques under European Union funding during the last 10 years. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2005, vol. 24, iss. 6, pp. 532-545. Doi: 10.1016/j.trac.2005.03.008
13. Ciazela J., Siepak M., Wojtowicz P. Tracking heavy metal contamination in a complex river-oxbow lake system: Middle Odra Valley, Germany/Poland. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 616-617, pp. 996-1006. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.219
14. Mazhaiskii Yu.A., Gusev T.M. *Tyazhelye metally v ekosistemakh vodosborov malykh rek* [Heavy metals in ecosystems of reservoirs of the small rivers]. Moscow, Moscow State University Publ., 2001, 138 p. (In Russian)
15. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V., Pokarzhevskii A.L. *Biomonitoring tyazhelykh metallov v presnovodnykh ekosistemakh* [Biomonitoring of heavy metals in freshwater ecosystems]. Lipetsk, Gidrometeoizdat Publ., 2005, 144 p. (In Russian)
16. Vlasov B.P., Gigeich G.S. *Ispol'zovanie vysshikh vodnykh rastenii dlya otsenki i kontrolya za sostoyaniem vodnoi sredy. Metodicheskie rekomendatsii* [Use of the higher water plants for assessment and control of a condition of the water environment. Methodical recommendations]. Minsk, Belarussian State University Publ., 2002, 84 p. (In Russian)
17. Mirza A., King A., Troakes C., Exley C. Aluminium in brain tissue in familial Alzheimer's disease. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, vol. 40, pp. 30-36. Doi: 10.1016/j.jtemb.2016.12.001
18. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. *Geokhimiya okruzhayushchei sredy* [Environment geochemistry]. Moscow, Nedra Publ., 2000, 33 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Евгений В. Воробьев*, кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и химии, Южный федеральный университет, ул. Чехова, 2, г. Таганрог, 347922, Россия. Тел. +7(952)6001200, e-mail: vorobevev@sfedu.ru

Елена В. Усова, заведующая отделом исследования качества вод и аналитической деятельности, Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр, г. Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: usova.elena@list.ru

Юлия В. Орехова, ведущий аналитик отдела исследования качества вод и

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Eugeny V. Vorobyov*, Candidate of Chemistry, the associate professor of department of technosphere safety and chemistry, Southern Federal University, Chekhov street, 2, Taganrog, 347922, Russia. Phone: +7(952)6001200, e-mail: vorobevev@sfedu.ru

Elena V. Usova, Manager of department of a research of quality of waters and analytical activity, Russian information and analytical and research water management center, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: usova.elena@list.ru

Yulia V. Orekhova, leading analyst of department of a research of quality of waters and



аналитической деятельности, Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр, г. Ростов-на-Дону, Россия.

Критерии авторства

Усова Е.В. и Орехова Ю.В. собрали первичные данные и обработали их. Воробьев Е.В. проанализировал данные, написал рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 30.08.2018

Принята в печать 06.10.2018

analytical activity, Russian information and analytical and research water management center, Rostov-on-Don, Russia.

Contribution

Elena V. Usova and Yulia V. Orekhova collected and analyzed primary data. Eugeny V. Vorobyov analyzed the data, wrote the manuscript. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 30.08.2018

Accepted for publication 06.10.2018



ЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 911.52: 504.54

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ

¹Иван Ф. Медведев, ¹Денис И. Губарев, ¹Сергей С. Деревягин*,

¹Михаил Ю. Несветаев, ¹Александр Ю. Верин, ²Наталья В. Мищенко

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока,
Саратов, Россия, sergey_derevyagin@mail.ru

²Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Резюме. Цель: выявить степень влияния морфологической неоднородности территории на экологическое состояние агроландшафта. **Методы.** Исследования проводились на территории площадью 608,5 га и коэффициентом горизонтальной расчленённости 8,36 км/км². Для проведения наблюдений использовали рассредоточенные тестовые площадки размером 10 м². На каждом типе фаций тестовые площадки закладывались на пашне в трехкратной повторности. Использовались стандартные методы исследований с применением ГИС. Были оцифрованы существующие тематические карты местности и создана цифровая модель рельефа на основе топографической съемки местности. Вычисления и визуализация данных произведены с помощью и на базе программного комплекса ArcGIS и Microsoft Excel. **Результаты.** Установлена степень влияния типов фаций ландшафтной местности на отдельные критерии и индикаторы продуктивности пашни (микроклиматические показатели, водные свойства почвы, элементы плодородия). Проведена пространственная экологически обоснованная дифференциация типов урочищ на типы фаций. **Выводы.** Наиболее высокой экологической стабильностью обладают склоны северной экспозиции (I-IVn). Они лидируют по содержанию продуктивной влаги, подвижного фосфора и калия. Фации склонов южной экспозиции (I-IVs) лидируют по инсоляции, содержанию гумуса и нитратного азота. Содержание тяжёлых металлов в почвах и урожай пшеницы выше на склонах южной экспозиции и водоразделах второго порядка (IVn). Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). Установлена тесная связь ($r=-0,72$) между урожайностью и pH почвенного раствора, средняя – с подвижными формами фосфора ($r=0,59$) и калия ($r=0,84$).

Ключевые слова: ландшафт, агроландшафт, элементы плодородия, типы фаций, цифровая модель рельефа, урожайность, экологические критерии и индикаторы.

Формат цитирования: Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Несветаев М.Ю., Верин А.Ю., Мищенко Н.В. Дифференциация структуры ландшафта и экологические индикаторы // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.94-104. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104



DIFFERENTIATION OF STRUCTURE LANDSCAPE AND ENVIRONMENTAL INDICATORS

¹Ivan F. Medvedev, ¹Denis I. Gubarev, ¹Sergey S. Derevyagin*,

¹Mikhail Yu. Nesvetaev, ¹Alexander Yu. Verin, ²Natalia V. Mishchenko

¹Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia, sergey_derevyagin@mail.ru

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov's, Vladimir, Russia

Abstract. Aim. To identify the degree of influence of the morphological heterogeneity of the territory on the ecological state of the agricultural landscape. **Methods** The study was conducted on an area of 608.5 hectares and a horizontal dissection factor of 8.36 km/km². For the observations, distributed test pads measuring 10 m² were used. On each type of facies, test sites were laid on arable land in triplicate. We used standard research methods using GIS. Existing thematic terrain maps were digitized and a digital elevation model based on a topographic survey of the terrain was created. Calculations and visualization of data are made using and based on the ArcGIS and Microsoft Excel software. **Results.** The degree of influence of the types of facies of the landscape area on individual criteria and indicators of arable land productivity (microclimatic indicators, water properties of the soil, elements of fertility) has been established. Spatial ecologically justified differentiation of types of tracts into facies types has been carried out. **Main conclusions.** The slopes of the northern exposure (I-IVn) have the highest ecological stability. They lead in the content of productive moisture, mobile phosphorus and potassium. The facies of the slopes of the southern exposure (I-IVs) lead by insolation, the content of humus and nitrate nitrogen. The content of heavy metals in the soils and wheat yield is higher on the southern slopes and second-order watersheds (IVn). The maximum productivity of 2.9 t/ha was obtained on the watershed type of facies (V). A close relationship was established ($r = -0.72$) between productivity and pH of soil, medium – with mobile forms of phosphorus ($r = 0.59$) and potassium ($r = 0.84$).

Keywords: landscape, agrolandscape, elements of fertility, types of facies, digital elevation model, productivity, environmental criteria and indicators.

For citation: Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Nesvetaev M.Yu., Verin A.Yu., Mishchenko N.V. Differentiation of structure landscape and environmental indicators. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 94-104. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104

ВВЕДЕНИЕ

Из всех компонентов физико-географического процесса одним из самых важных и определяющих является соотношение тепла и влаги [1]. При формировании типов урочищ и фаций не меньшее значение имеет количественная дисперсия почвенно-экологических и микроклиматических показателей на локальном уровне в ландшафте.

По В.А. Николаеву, природно-территориальные комплексы различных уровней, изменённые сельскохозяйственной деятельностью человека, должны именоваться с приставкой *агро-* (например, агроместность, агроурочище и т.д.).

При выраженном рельефе морфоструктура местности (морфологические части местности – урочища, фации), её пространственная неоднородность, обуславливает характер микроклимата территории и разнородность сопутствующего почвенного покрова.

Поэтому главным этапом в обосновании дифференциации агроландшафта по типам урочищ и фаций являются критерии и индикаторы почвенно-экологического состояния



агрогеосистемы и её морфоструктурный анализ [2; 3]. Отсутствие экологически обоснованных разнородных типов урочищ и фаций не позволяет использовать ранее созданные карты различного назначения для решения вопросов экологизации при хозяйственном использовании земельных ресурсов [4].

Цель: выявить степень влияния морфологической неоднородности территории на экологическое состояние и продуктивность агроландшафта.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Елшано-Гусельской равнины (г. Саратов, часть территории земель НИИСХ Юго-Востока), которая представляет собой ландшафтную местность с коэффициентом горизонтальной расчленённости 8,36 км/км² [5].

Основой для ландшафтных исследований послужили цифровые почвенные и землеустроительные карты, а также созданная авторами цифровая модель рельефа на основе топографической съемки местности, проведенной авторами. При этом использовалась методика по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям А.А. Видиной с учетом особенностей использования земельных ресурсов в агроландшафте, а также методика ландшафтного картографирования с использованием ГИС, разработанная В.З. Макаровым.

Исследования проведены на 27 тестовых площадках (каждая площадью 10 м² по три на каждом типе фаций) одновременно и по одной схеме опыта.

Все ландшафтные изыскания проводились с применением ГИС-технологий. В агроландшафте на зернопаровом шестипольном севообороте возделывалась культура яровая мягкая пшеница.

При наблюдении за водным режимом почвы, снегозапасами, глубиной промерзания почвы и при определении почвенно-агрохимических показателей использовались стандартные методы исследований. Учет урожайности основной продукции проводился методом линейных метров. Все вычисления и визуализация данных произведены с помощью и на базе программного комплекса ArcGIS и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании анализа картографического материала и фотопланов съемки анализируемой ландшафтной местности были выделены 2 типа урочищ, которые базируются на элементах мезорельефа – это склоны северной и южной экспозиций. Согласно существующим географическим методикам и положениям [1], в выделенных типах урочищ проведён анализ микрорельефа, что послужило основанием для выделения 1 доминантной и 4 субдоминантных типов фаций (рис. 1).

В ландшафте выделены 9 типов фаций: In – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; Pn – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны ложбин северо-восточной экспозиции; Pn – пологие (3-5°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; IVn – слабопологие (1-3°) выпуклые склоны водоразделов 2-ого порядка северо-восточной экспозиции. Водораздельный тип характеризовался по почти плоским (0-1°) выпуклым водораздельным пространствам (V); Is – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; Ps – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны ложбин юго-западной экспозиции; PIs – пологие (3-5°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; IVs – слабопологие (1-3°) выпуклые склоны водоразделов 2-ого порядка юго-западной экспозиции.

Основой выделения типов фаций послужил рельеф, так как он является главным фактором перераспределения почвенного покрова, тепла и влаги на поверхности земли. К литогенной основе, и, прежде всего, к рельефу приспосабливается биота, от него также зависит характер почвообразующих процессов. Поэтому границы экосистем очень часто совпадают с границами форм или элементов форм рельефа [1; 3].

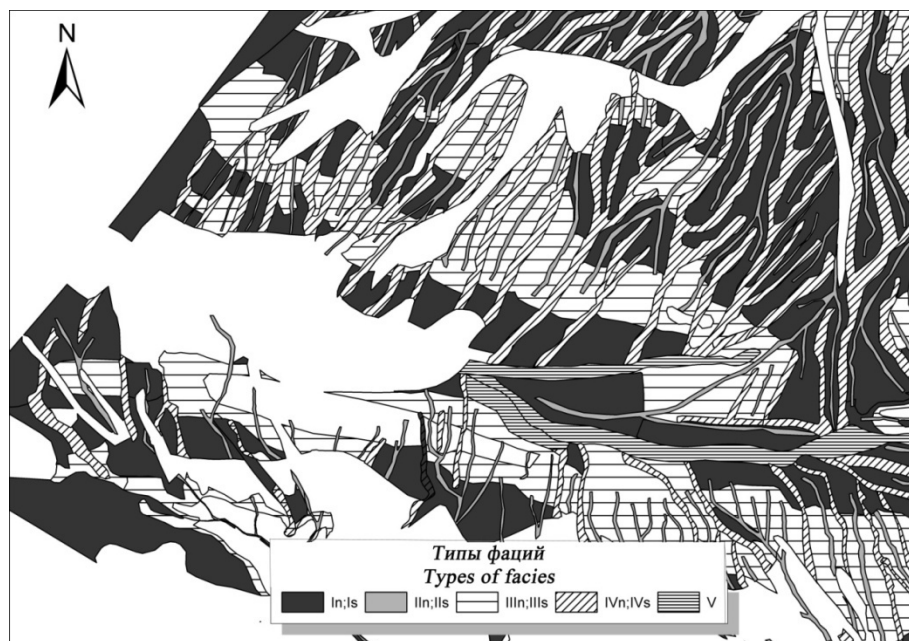


Рис.1. Фрагмент ландшафтной карты части землепользования
Fig.1. Fragment of a landscape map of a part of land use

Наиболее важным фактором формирования экологических условий каждой анализируемой фации – это количество поступающей на поверхность почвы лучистой энергии (табл. 1).

Таблица 1

Влияние рельефа на активность отдельных почвенно-экологических критериев и индикаторов

Table 1

The effect of relief on the activity of individual soil-ecological criteria and indicators

Показатели / Index	Типы фаций / Types of facies								
	северная экспозиция northern exposure					южная экспозиция southern exposure			
	In	IIIn	IIIIn	IVn	V	Is	IIIs	IIIIs	IVs
Высота снежного покрова, см Snow height, cm	33	39	51	32	32	28	31	31	37
Глубина промерзания почвы, см Depth of soil freezing, cm	40	35	41	45	43	32	44	51	38
Инсоляция, МДж/м ² Insolation, MJ/m ²	4096	4100	4052	4083	4195	4231	4322	4312	4281
Содержание продуктивной влаги в почве (весна), мм Water reserves in the soil (spring), mm	70	73	73	74	75	67	73	67	65
Содержание продуктивной влаги в почве (лето), мм Water reserves in the soil (summer), mm	58	53	22	40	47	29	27	22	17
Содержание продуктивной влаги в почве (осень), мм Water reserves in the soil (autumn), mm	78	84	73	70	67	75	75	62	57



В среднем за год суммарная солнечная радиация, которая поступает от солнца на почву, составляет на местности $4185,9 \text{ МДж/м}^2$. Доминантные и субдоминантные типы фаций дифференцируют суммарную солнечную энергию, которая поступает на земную поверхность.

Основными корректирующими факторами выступают экспозиция и крутизна склона, а также альбедо земной поверхности. В наших исследованиях инсоляция склона южной экспозиции составляет $4286,8 \text{ МДж/м}^2$, а на склон северной экспозиции поступает $4082,8 \text{ МДж/м}^2$. Максимально обеспечены солнечной энергией склоны ложбин обеих экспозиций ($4099,7 \text{ МДж/м}^2$ на северной и $4321,9 \text{ МДж/м}^2$ на южной экспозициях), минимально – пологие склоны северной экспозиции ($4052,3 \text{ МДж/м}^2$) и слабопологие склоны южной экспозиции ($4231,2 \text{ МДж/м}^2$). Водораздельный тип фаций по уровню инсоляции занимает промежуточное положение.

В соответствии с количеством поступающей солнечной энергии на различных типах урочищ формируется уровень развития почти всех элементов почвообразовательного процесса.

В условиях Юго-Востока более 70% влаги – это влага зимних осадков [6]. Мощность снегового покрова, его плотность, распределение по элементам мезорельефа и микрорельефа регулируют уровень увлажнения почвы.

Одним из важнейших, отепляющих почву факторов, является мощность снегового покрова. В среднем по типам фаций высота снегового покрова на местности составила на склоне северной экспозиции 39 см, а на южной – 32 см.

На характер распределения снега в урочище значительное влияние оказывают экспозиция и крутизна склона (табл. 1, рис. 2).

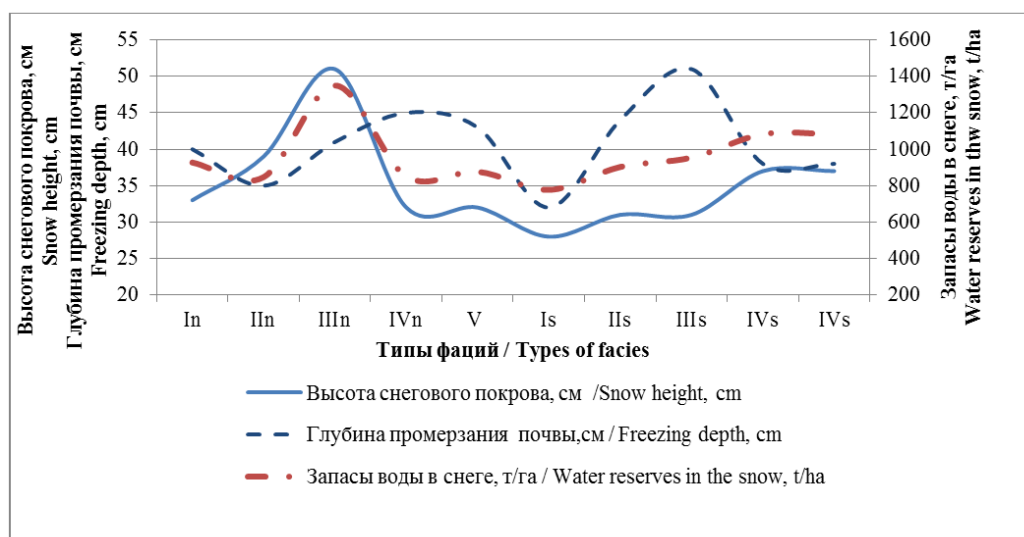


Рис.2. Глубина промерзания почвы и распределение по типам фаций запасов снега
Fig.2. The depth of soil freezing and distribution of snow reserves by type of facies

На склоне северной экспозиции содержание снега в среднем по типам фаций на 17,9% выше, чем на склоне южной экспозиции. На водораздельном типе фаций (V) снега накапливается меньше, на полярных склонах его количество увеличивается пропорционально крутизне склонов. Склон южной экспозиции, который менее расчленен, имеет более равномерное распределение снегового покрова.

Крутизна склона и высота снегового покрова определяют глубину промерзания почвы и поступление снеговой воды в почву (табл. 1, рис. 2).

В среднем по рассматриваемым комплексам глубина промерзания почвы склона южной экспозиции была на 1 см выше, чем на северном. Максимальная глубина промер-



зания почвы отмечена на межложбинных водоразделах на склоне северной экспозиции – 45 см и на пологих склонах южной экспозиции – 51 см. В целом установлена умеренная связь зависимости между мощностью снегового покрова и глубиной промерзания почвы ($r = -0,5$ и $r = -0,6$).

В условиях сельскохозяйственного использования почвенного покрова важным фактором является влагообеспеченность почвы. Наличие в почве запасов продуктивной влаги в комплексе с лучистой энергией определяет уровень активности почвенной и растительной продукции. Нивелировка запасов продуктивной влаги связана с однотипностью гранулометрического состава и небольшими различиями в глубине промерзания почвы.

В годовом балансе продуктивной влаги почвы запас влаги в снеге занимает 50-70%. За последние 20 лет характер процесса снеготаяния не способствует формированию поверхностного стока талых вод. В этих условиях активизировался вертикальный внутрипочвенный сток, тем самым пополняя запасы влаги в почве и увеличивая уровень грунтовых вод [7].

Снег и глубина промерзания почвы, наряду с другими факторами (экспозиция склона, солнечная радиация, растительное покрытие поверхности почвы т.д.), являются основными факторами формирования запасов продуктивной влаги в почве. Максимальная увлажненность независимо от пространственного размещения почв и рельефа местности отмечалась в весенний период после завершения процесса снеготаяния. Общая динамика среднегодового почвенного увлажнения указывает на небольшой тренд уменьшения влажности почв склона южной экспозиции по сравнению со склоном северной экспозиции.

Минимальную продуктивную среднегодовую влагу накапливают почвы пологих склонов северной экспозиции и вогнутые склоны ложбин южной экспозиции. Максимум продуктивной влаги отмечен в ложбинах и на слабопологих склонах обеих экспозиций. По содержанию продуктивной влаги водораздельный тип фации ближе к показателям фаций северо-восточной экспозиции.

Продуктивная влага активно влияет на формирование уровня растительной массы, тем самым создает определенные условия для развития микробной фауны и процессов гумусообразования (табл. 2).

Таблица 2

Почвенно-агрохимическая характеристика и продуктивность фаций

Table 2

Soil-agrochemical characteristics and facies productivity

Показатели / Index	Типы фаций / Types of facies									НСР ₀₅ LSD ₀₅
	северная экспозиция northern exposure					южная экспозиция southern exposure				
	In	II _n	III _n	IV _n	V	Is	II _s	III _s	IV _s	
Содержание гумуса в почве, % Humus content in the soil, %	3,1	2,9	2,6	3	3,7	3,5	3,2	3,4	3,5	0,33
N-NO ₃ , мг/кг / N-NO ₃ , mg/kg	2,4	2,5	2,7	2,5	3,4	3,5	3,2	2,7	3,3	1,76
P ₂ O ₅ , мг/кг / P ₂ O ₅ mg/kg	40	40	33	40	44	10	13	9	10	8,96
K ₂ O, мг/кг / K ₂ O, mg/kg	293	292	300	295	350	258	286	245	244	31,73
pH почвенного раствора pH of soil	6,55	6,58	6,73	6,55	6,15	7,04	7,34	7,40	7,28	0,77
Урожайность, т/га Productivity, t/ha	1,8	1,4	1,3	1,6	2,9	1,4	1,5	1,1	1,3	0,80

В среднем слой почвы 0-30 см по всем типам фаций склона южной экспозиции содержит гумуса на 0,2% больше, чем типы фаций северного склона. Максимум приходит-



ся на водораздельную фацию (V) – 3,7%, что превышает фациальные показатели склона северной экспозиции на 0,5% и южной экспозиции на 0,3%. Среди типов фаций минимумы содержания гумуса в почве отмечены в фациях, размещённых, независимо от экспозиции склона, на слабопологих ложбинах и пологих склонах (II_n и III_n). На склоне южной экспозиции содержание гумуса в почве составило 3,2-3,4%, на склоне северной экспозиции – 2,9-2,6%.

Поступление органической массы и содержание гумуса в почве – основной источник для формирования минеральных питательных веществ. Наибольшее содержание нитратов (3,4 мг/кг) отмечено на водораздельном типе фации и на слабопологих склонах южной экспозиции (в среднем по типам фаций 2,8 мг/кг). Содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см склона северной экспозиции идёт равномерно по типам фаций и составляет в среднем 2,5 мг/кг, с небольшой аккумуляцией (2,7 мг/кг) на пологом вогнутом склоне (табл. 2).

В рамках исследуемого урочища наиболее обеспечена подвижным фосфором почва водораздельного типа фаций (V). Минимальное содержание подвижного фосфора в почве по полярным экспозициям приходится на пологие вогнутые склоны (III_n и III_s) – 33 и 9 мг/кг соответственно на склонах северной и южной экспозиций.

Выявлены существенные различия в содержании подвижного калия по типам фаций. Чернозем южный богат минералами монтмориллонитовой и гидрослюдной групп и поэтому содержание подвижного калия не находится в первом минимуме питания растений. Распределение подвижного калия по типам фаций определяется, прежде всего гранулометрическим составом почвы и активностью эрозионных процессов [7; 8]. Наибольшее содержание подвижного калия – 350 мг/кг характерно для повышенных форм рельефа (V), где пониженная интенсивность эрозионных процессов. Минимальное содержание анализируемого показателя отмечается на фациях I_n, II_n, IV_n склона северной экспозиции и на фациях III_s, IV_s склона южной экспозиции, где интенсивнее проявлялись процессы водной эрозии. В условиях высокой обеспеченности почвы подвижным калием различия по фациям в основном обусловлены активностью эрозионных процессов и уровнем потерь мелких фракций гранулометрического состава.

Содержание тяжёлых металлов в системе почва-растения-грунтовые воды на фациях ландшафта также является важным экологическим индикатором и отражает направления почвообразовательных процессов в ландшафте. Общемировая, в том числе и зональная, тенденция климатических изменений привела к ускорению процессов выщелачивания и миграции тяжёлых металлов в экосистемах [9; 10]. В наших исследованиях подтвердилась общая тенденция сокращения содержания подвижных форм тяжёлых металлов в почве фаций и увеличение их валовых форм. При этом почва и растения на склоне южной экспозиции содержат в 1,4-2,3 раза больше ионов Zn, Cu, Co, Cd, Hg, Ni и Pb, чем на склоне северной экспозиции. Минимальное содержание отмечено на пологих участках склонов (III), максимальное – на водоразделах 2-го порядка (IV).

Одним из важнейших критериев экологического состояния почвы является показатель реакции почвенного раствора (табл. 1, рис. 3).

В условиях активного проявления процессов водной эрозии величина его значения определяется состоянием материнской породы, а также гранулометрическим составом верхнего слоя и спектром химического и агрохимического состава почвы. Реакция почвенного раствора в среднем по фациям на склоне северной экспозиции составила 6,50 единиц, а на склоне южной экспозиции она оказалась на 10,6% выше, что указывает на более низкую экологическую устойчивость почв фаций выделенных на этом склоне.

Тестовым показателем экологического состояния выделенных фаций является урожайность возделываемой культуры (табл. 2, рис. 3).

При низкой активности поверхностного стока талых вод, близких по значениям высоты снегового покрова и глубины промерзания, среднее по фациям содержание продуктивной влаги в 0-30-ти сантиметровом слое почвы на склоне северной экспозиции было



на 12 мм или 20% выше, чем на склоне южной экспозиции. Более высокий уровень инсоляции на склоне южной экспозиции стимулировал процесс испарения влаги из почвы, что отрицательно отразилось на урожайности возделываемой культуры. Таким образом, несмотря на более высокую обеспеченность растений элементами потенциального и эффективного плодородия почв склона южной экспозиции, средняя урожайность на склоне северной экспозиции была на 0,2 т/га или 13,3% выше, чем на склоне южной экспозиции (табл. 2).

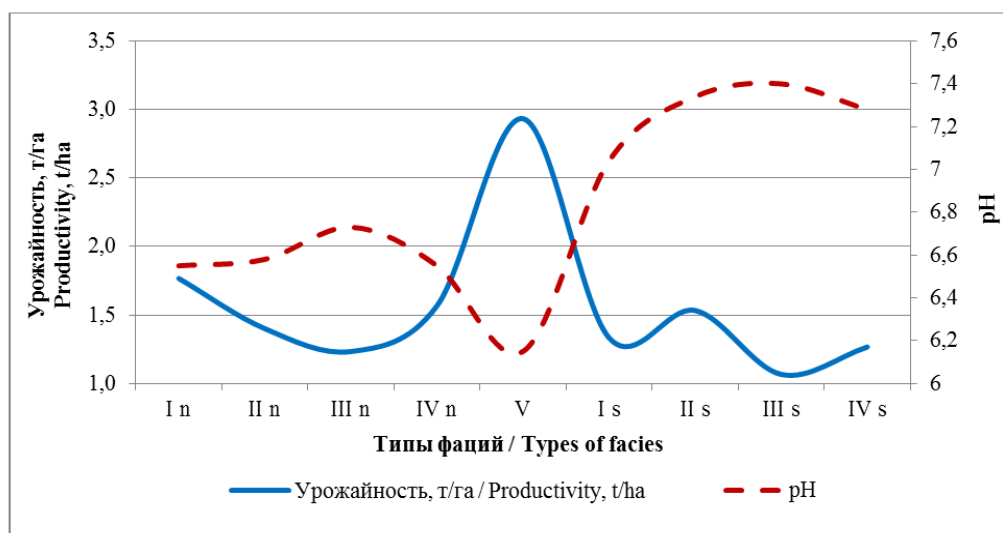


Рис.3. Реакция почвенного раствора (pH) и урожайность яровой пшеницы по типам фаций в урочище

Fig.3. Reaction of soil solution (pH) and yield of spring wheat according to the types of facies in the tract

Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). В ряду типов фаций склона северной экспозиции более комфортная экологическая обстановка оказалась на слабополгих вогнутых склонах и слабополгих выпуклых склонах межложбинных водоразделов (In, IVn). Здесь урожайность яровой пшеницы составила соответственно 1,8 и 1,6 т/га. На склоне южной экспозиции максимум урожайности 1,4 т/га и 1,5 т/га отмечен на слабополгих вогнутых склонах и слабополгих вогнутых склонах ложбин (Is, IIs).

Наименьшей продуктивностью характеризуются фации на пологих склонах обеих экспозиций (II n, III n и III s, IV s). Основной причиной данной закономерности является, очевидно, несоответствие между поступающей инсоляцией и наличием запаса влаги в почве.

Анализ связей урожайности с основными почвенно-экологическими критериями и индикаторами агроландшафта выявил их различную взаимосвязь. Установлена тесная обратная связь ($r=-0,72$) между урожайностью яровой пшеницы и реакцией почвенного раствора (pH), с подвижными формами фосфора и калия соответственно средняя ($r=0,59$) и высокая ($r=0,84$). Зависимость уровня урожайности культуры от гумуса и нитратного азота была низкой ($r=0,39$) и ($r=0,28$).

ВЫВОДЫ

В полевых условиях с использованием ГИС-технологий на Елшано-Гусельской равнине выделена ландшафтная местность и внутри неё выявлены закономерности микроклимата, водных свойств почвы, элементов плодородия, а также уровня урожайности возделываемой культуры, связанные с морфологической расчлененностью местности, что



позволило провести пространственную и экологически обоснованную дифференциацию агроландшафта на уровне типов урочищ и фаций.

Среди элементов мезорельефа наиболее высоким уровнем экологической стабильности обладают склоны северной экспозиции. Здесь в среднем по всем типам фаций содержание продуктивной влаги оказалось на 13 мм (на 20%) больше, содержание подвижного фосфора и калия – на 27,5 и 37 мг/кг больше, при этом инсоляция была на 204 мДж/м² (на 4,7%) ниже, чем на фациях склона южной экспозиции. Содержание гумуса и нитратного азота на фациях склона южной экспозиции превысило значения фаций склона северной экспозиции на 0,2% и на 0,7 мг/кг (на 5,8% и 21,9%).

Содержание тяжёлых металлов в почвах и урожае пшеницы выше на склонах южной экспозиции и водоразделах второго порядка (IVs).

В соответствии с экологическими условиями агроландшафта урожайность на фациях склона северной экспозиции была на 0,2 т/га или 13,3% выше, чем на склоне южной экспозиции.

Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). На склоне северной экспозиции более комфортными и продуктивными для яровой мягкой пшеницы (1,8 т/га) были слабополосные (1-3°) вогнутые склоны (In). На склоне южной экспозиции максимальная урожайность (1,5 т/га) была получена на слабополосных (1-3°) вогнутых склонах ложбин (IIs).

Анализ связей урожайности с основными почвенно-экологическими критериями и индикаторами агроландшафта выявил их различную взаимосвязь.

Дифференциация агроландшафта на типы урочищ и фаций позволяет изготовить и использовать карты различного назначения для решения вопросов экологизации и повышения продуктивности возделываемых культур в процессе хозяйственного использования земельных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте (избранные труды). Москва: Издательство Московского университета, 2001. 384 с.
2. Pomazkova N.V., Abakumova V.Y. Analysis of the Role of Topography in the Spatial Differentiation of Landscapes Using Geoinformation and Statistical Methods // Contemporary Problems of Ecology. 2018. V. 11. Iss. 2. P. 137-149. Doi: 10.1134/S1995425518020099
3. Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Чендев Ю.Г. Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. N 3. С. 9-17.
4. Konovalova T.I., Plyusnin V.M. Development of the Geosystem Mapping Methodology // Geography and Natural Resources. 2018. V. 39. N 3. P. 197-203. Doi: 10.1134/S1875372818030022
5. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. Москва: Научный мир, 2002. 196 с.
6. Медведев И.Ф., Анисимов Д.А., Бочков А.А., Орлова И.А. Рельефные особенности перераспределения продуктивной влаги по профилю черноземной почвы в период её замерзания и разморозки. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. N 11. С. 25-29.
7. Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Графов В.П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. 2018. N 1. С. 10-15.
8. Marchetti A., Piccini C., Francaviglia R., Mabit L. Spatial distribution of soil organic matter using geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in Central Italy // Pedosphere. 2012. V. 22. Iss. 2. P. 230-242. Doi: 10.1016/S1002-0160(12)60010-1



9. Bonten L.T.C., Römkens P.F.A.M., Brus D.J. Contribution of Heavy Metal Leaching from Agricultural Soils to Surface Water Loads // *Environmental Forensics*. 2008. V. 9. Iss. 2-3. P. 252-257. Doi: 15275920802122981
10. Derevyagin S.S., Medvedev I.F., Nazarov V.A., Zelenova A.N., Sineltsev A.A., Zelenov V.A. Interrelation between climatic changes and content of heavy metals in chernozem soils of Saratov oblast Russia // *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. V. 23. Iss. 3. P. 1691-1696.

REFERENCES

1. Solntsev N.A. *Uchenie o landshafte (izbrannye trudy)* [The doctrine of landscape (selected works)]. Moscow, Moscow University Publ., 2001, 384 p. (In Russian)
2. Pomazkova N.V., Abakumova V.Y. Analysis of the Role of Topography in the Spatial Differentiation of Landscapes Using Geoinformation and Statistical Methods. *Contemporary Problems of Ecology*, 2018, vol. 11, iss. 2, pp. 137-149. Doi: 10.1134/S1995425518020099
3. Zhidkin A.P., Gennadiev A.N., Koshovskii T.S., Chendev Yu.G. Spatio-temporal parameters of the lateral migration of solid-phase soil matter (Belgorod Region). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography]. 2016, no. 3, pp. 9-17. (In Russian)
4. Konovalova T.I., Plyusnin V.M. Development of the Geosystem Mapping Methodology. *Geography and Natural Resources*, 2018, vol. 39, no. 3, pp. 197-203. DOI: 10.1134/S1875372818030022
5. Makarov V.Z., Novakovskii B.A., Chumachenko A.N. *Ekologo-geograficheskoe kartografirovaniye gorodov* [Ecological and geographical mapping of cities]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2002, 196 p. (In Russian)
6. Medvedev I.F., Anisimov D.A., Bochkov A.A., Orlova I.A. The relief features of redistribution of available moisture on the black soils during its freezing – defrosting. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta imeni N.I. Vavilova* [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova]. 2012, no. 11, pp. 25-30. (In Russian)
7. Medvedev I.F., Gubarev D.I., Grafov V.P. Facial Differentiation of Land Resources as a Basis for Promotion of the Ecologization of Agrolandscapes. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2018, no. 1, pp. 10-15. (In Russian)
8. Marchetti A., Piccini C., Francaviglia R., Mabit L. Spatial distribution of soil organic matter using geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in Central Italy. *Pedosphere*, 2012, vol. 22, iss. 2, pp. 230-242. Doi: 10.1016/S1002-0160(12)60010-1
9. Bonten L.T.C., Römkens P.F.A.M., Brus D.J. Contribution of Heavy Metal Leaching from Agricultural Soils to Surface Water Loads. *Environmental Forensics*, 2008, vol. 9, iss. 2-3, pp. 252-257. Doi: 15275920802122981
10. Derevyagin S.S., Medvedev I.F., Nazarov V.A., Zelenova A.N., Sineltsev A.A., Zelenov V.A. Interrelation between climatic changes and content of heavy metals in chernozem soils of Saratov oblast Russia. *Ecology, Environment and Conservation*, 2017, vol. 23, iss. 3, pp. 1691-1696.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Иван Ф. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0002-7993-2411

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Ivan F. Medvedev, Doctor of agricultural sciences, Professor, chief researcher, Department of agrolandscape ecology, Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia. ORCID ID: 0000-0002-7993-2411



Денис И. Губарев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0003-4519-9925

Сергей С. Деревягин*, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, Россия г. Саратов, 410010, ул. Тулайкова, д.7. тел. (88452) 64-76-88, 8 927 135 43 60, e-mail: sergey_derevyagin@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1836-7199.
Scopus Author ID: 57200366078

Михаил Ю. Несветаев, младший научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0002-2999-3363

Александр Ю. Верин, младший научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия.

Наталья В. Мищенко, доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), г. Владимир, Россия.

Критерии авторства

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 26.11.2018

Принята в печать 20.12.2018

Denis I. Gubarev, Candidat of agricultural sciences, leading researcher Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia. ORCID ID: 0000-0003-4519-9925

Sergey S. Derevyagin*, Candidat of agricultural sciences, deputy director for science Agricultural Research Institute of South-East Region. Postal address: 410010, Russia, Saratov, Tulaikov Street, 7, tel.: (88452) 64-76-88, 8 927 135 43 60, e-mail: sergey_derevyagin@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1836-7199.
Scopus Author ID: 57200366078

Mikhail Yu. Nesvetaev, junior researcher, Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia.
ORCID ID: 0000-0002-2999-3363

Alexander Yu. Verin, junior researcher Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia.

Natalia V. Mishchenko, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov's, Vladimir, Russia.

Contribution

All authors equally participated in writing the manuscript and are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 26.11.2018

Accepted for publication 20.12.2018



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 332:142.4:504.062

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-105-116

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПЕРВОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

¹Александр В. Лошаков, ²Павел В. Ключин*, ²Вера А. Широкова,

²Алла О. Хуторова, ²Светлана В. Савинова

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

²Государственный университет по землеустройству,
Москва, Россия, klyushinpv@gmail.com

Резюме. Цель. Оценка экологических проблем и разработка предложений по выявлению, анализу, состоянию засоленных, солонцеватых и солонцовых земель и по их эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения в I агроклиматической зоне Ставропольского края. **Методы.** Исследования по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения проводились современными методами, включающими в себя как дистанционное зондирование, так и ежегодные локальные обследования по районам I агроклиматической зоны Ставропольского края. На основании этого земли сельскохозяйственного назначения разделили на четыре группы: высокопродуктивные, продуктивные, низкопродуктивные и непродуктивные. **Результаты.** Установлено, что территория I агроклиматической зоны более чем на 95% представлена землями сельскохозяйственного назначения и за 16-летний период исследований площадь данных земель увеличилась на 27906 га. Засоление земель носит глобальный характер, так как общая площадь угодий, имеющих степень засоления, составляет 644334 га, то есть более 37% земель сельскохозяйственного назначения в данной агроклиматической зоне уже засолены в различной степени. Кроме этого, здесь широко распространены солонцеватые и солонцовые комплексы. **Выводы.** Нами установлено, что для повышения эффективности использования данных земель необходимо их качественное зонирование с последующей разработкой агромероприятий. Данное разделение земель отражает их качественное состояние, степень подверженности различным деградационным процессам, возможность дальнейшего использования земель, комплекс мероприятий по сохранению, восстановлению и охране этих угодий и закрепление соответствующего статуса конкретной зоны на основе разработанного регламента.

Ключевые слова: Россия, Ставропольский край, агроклиматическая зона, мониторинг, засоленные, солонцеватые и солонцовые земли, рекомендации.

Формат цитирования: Лошаков А.В., Ключин П.В., Широкова В.А., Хуторова А.О., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования засоленных земель в первой агроклиматической зоне Ставропольского края // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.105-116. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-105-116



ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TREATMENT OF SALINE LANDS FOR AGRICULTURAL NEEDS IN THE FIRST AGRO-CLIMATIC ZONE OF THE STAVROPOL TERRITORY

¹Alexander V. Loshakov, ²Pavel V. Klyushin*, ²Vera A. Shirokova,

²Alla O. Khutorova, ²Svetlana V. Savinova

¹Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

²State University of Land Management, Moscow, Russia, klyushinpv@gmail.com

Abstract. Aim. The aim of the study is to assess the environmental problems and develop a proposal for the identification and analysis of the state of saline and solonchic lands. Basing on this research, it is crucial to develop proposals for the effective use of lands for the agricultural needs in the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory. **Methods.** Monitoring studies of agricultural lands were carried out using modern methods which include both remote sensing and annual local surveys in areas of the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory. Based on this, agricultural land was divided into four groups: highly productive, productive, low productive and unproductive. **Results.** It has been established that the territory of the first agro-climatic zone is represented by agricultural lands for more than 95%, and over the 16-year study period, the area of these lands increased by 27,906 ha. Salinization of land is global in nature, since the total area of land with a degree of salinity is 644,334 ha, that is, more than 37% of agricultural land in this agroclimatic zone is already salinized to varying degrees. In addition, solonchic complexes are widespread here. **Conclusion.** We have established that in order to increase the efficiency of the use of these lands, their qualitative zoning with the subsequent development of agromeliorative measures is necessary. This division of land reflects their qualitative condition, degree of exposure to various degradation processes, the possibility of further land use, a set of measures for the preservation, restoration and protection of these lands and securing the corresponding status of a particular zone based on the developed regulations.

Keywords: Russia, Stavropol Territory, agro-climatic zone, monitoring, saline, solonchic lands, recommendations.

For citation: Loshakov A.V., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V. Environmental problems of treatment of saline lands for agricultural needs in the first agro-climatic zone of the Stavropol territory. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 105-116. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-105-116

ВВЕДЕНИЕ

Ставропольский край является одним из наиболее крупных сельскохозяйственных регионов страны, производящий более 3% валовой продукции. Он занимает центральную часть Предкавказья и его площадь составляет 6616 тыс. га. В соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации (2001 г.) земельный фонд страны и ее регионов подразделяется на семь категорий земель, и, если в границах государства основной категорией является категория «земли лесного фонда» (66%), то на территории Ставропольского края таковой является категория земель «земли сельскохозяйственного назначения», на долю которой приходится более 92,32% (6107996 га) территории. Сельскохозяйственные угодья занимают 92,62% (5657352 га) от земель сельскохозяйственного назначения и 64,38% (3932325 га) из них представляют собой пашню. Также значительные площади заняты естественными кормовыми угодьями, а именно пастбищами (27,97%) и сенокосами (0,47%). В связи с интенсивным использованием земельных ресурсов и высокой ан-



тропогенной нагрузкой, в настоящее время на сельскохозяйственных угодьях Ставропольского края отмечаются многие негативные явления, при этом отмечается тенденция к росту таких площадей. Такие же проблемы отмечены и на территории I агроклиматической зоны, при этом здесь самая высокая от края доля засоленных, солонцеватых и солонцовых земель [1-4].

Целью нашего исследования является выявление, анализ состояния засоленных, солонцеватых и солонцовых земель, их использования и уже на этой основе разработка предложений по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения в I агроклиматической зоне Ставропольского края.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе большого анализа научных, а также собственных исследований по выявлению антропогенной нагрузки и деградационных процессов, в первую очередь на засоленных, солонцеватых и солонцовых сельскохозяйственных угодьях были установлены причины и масштабы, приведшие к такому состоянию. Исследования по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения проводились современными методами включающие в себя как дистанционное зондирование, так и ежегодные локальные обследования по районам I агроклиматической зоны Ставропольского края. На основании этого земли сельскохозяйственного назначения разделили на четыре группы: высокопродуктивные, продуктивные, низкопродуктивные и непродуктивные.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая площадь земель I агроклиматической зоны составляет 1806348 га и в нее входят пять административных районов Ставропольского края: Апанасенковский, Арзгирский, Левокумский, Нефтекумский и Туркменский. Данная территория относится к крайне засушливой зоне с гидротермическим коэффициентом до 0,7 и годовой суммой осадков 300-375 мм осадков, при сумме активных температур до 3600⁰С. Почвенный покров представлен светло-каштановыми и каштановыми почвами, а также значительное распространение имеют засоленные, солонцеватые и солонцовые почвы с содержанием гумуса в светло-каштановых до 1,7%, а типично-каштановых – до 2,2% (рис. 1) [5-7].

Специализацией сельского хозяйства является овцеводство и возделывание озимых пшеницы и ячменя, а в качестве страховой культуры при изреживании или полной гибели озимых злаковых из-за катастрофических условий перезимовки – яровой ячмень или просо. Для данной агроклиматической зоны подходит только один вид севооборота – зернопаровой, где черный пар достигает 40%, что очень негативно сказывается на качественном состоянии пахотных угодий. Происходит стабильное увеличение площадей эродированных и дефлированных сельскохозяйственных земель, а также существенные потери гумуса на них.

Территория первой агроклиматической зоны более чем на 95% представлена землями сельскохозяйственного назначения и за период исследований площадь данных земель увеличилась на 27906 га (табл. 1). Так, за 16-летний период по всем административным районам отмечается увеличение площадей земель сельскохозяйственного назначения, но наибольший рост отмечается в Левокумском районе, где данная категория земель выросла более чем на 13 тыс. га. Как показали наблюдения, произошло вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель, которые изначально имели не очень хорошее качественное состояние (солонцы, склоновые земли и уже деградированные в различной степени). Такая же ситуация сложилась и на территории Нефтекумского района, где за шестнадцатилетний период в сельскохозяйственный оборот вовлекли 7321 га. Наименьшее увеличение площади земель сельскохозяйственного назначения отмечается в Апанасенковском районе, в границах которого эта категория выросла на 40 га.

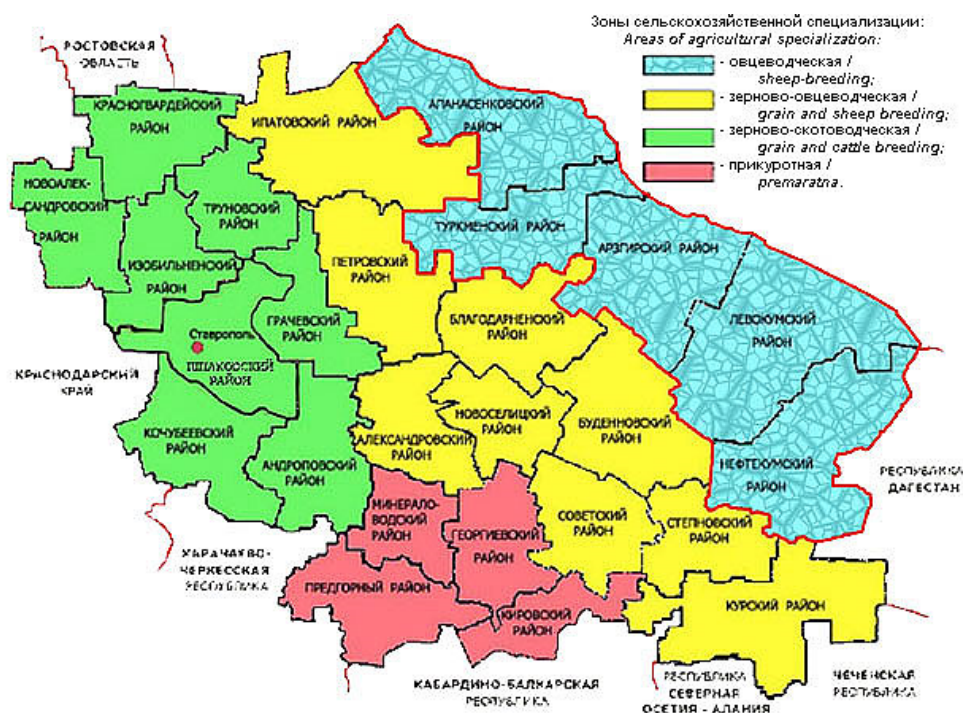


Рис.1. Зоны сельскохозяйственной специализации Ставропольского края
Fig.1. Zones of agricultural specialization of the Stavropol Territory

В составе земель сельскохозяйственного назначения основные площади занимают сельскохозяйственные угодья и на 01.01.2017 г. сельхозугодья уже занимают 95,12% в Арзгирском районе, 94,98% – в Туркменском районе, 92,45% – в Апанасенковском районе, 91,9% – в Левокумском районе и 91,57% – в Нефтекумском районе. То есть 93,2% земель сельскохозяйственного назначения I агроклиматической зоны вовлечены и интенсивно используются для производства сельскохозяйственной продукции.

Доля пахотных земель в составе сельскохозяйственных угодий показывает степень антропогенной нагрузки на агроландшафты. Максимальный процент распаханности территории отмечается в Туркменском районе (71,47%), но за период исследований он снизился на 0,67%. При этом увеличивается площадь пастбищ, как в физическом, так и в процентном выражении. Площадь многолетних насаждений незначительно сокращается, такие угодья как сенокосы и залежь отсутствуют в границах Туркменского района.

На территории Арзгирского района имеется только два вида угодий – это пашня, которая занимает 62,12% площади земель сельскохозяйственного назначения, и пастбища, занимающие 33%. За шестнадцатилетний период площадь пашни выросла на 128 га, но в относительном выражении ее доля сократилась, соответственно доля пастбищ увеличилась с 32,54% до 33%.

Сельскохозяйственные угодья Апанасенковского района представлены четырьмя видами угодий, максимальный процент которых занимают пашня (55,62%) и пастбища (35,94%). Сенокосы и многолетние насаждения суммарно занимают 0,9% земель. Динамика площадей по всем видам угодий остается стабильной за весь период исследований.

Наименьшая распаханность территории отмечается в Нефтекумском (27,10%) и Левокумском (38,82%) районах и за анализируемый период данный процент не значительно сократился. При этом увеличивается площадь кормовых угодий, особенно пастбищ (+8969 га в Левокумском и +4007 га в Нефтекумском районах). Также в данных районах наибольшие площади многолетних насаждений, которые представлены



виноградниками, но за период исследований выявлена тенденция к снижению их площадей.

Таблица 1
Table 1

Земли сельскохозяйственного назначения по районам I агроклиматической зоны Ставропольского края

Agricultural land by areas of the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory

Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	2000 год / 2000 year			2006 год / 2006 year			2012 год / 2012 year			На 01.01.2017 г. By 01.01.2017		
	га / ha		%	га / ha		%	га / ha		%	га / ha		%
Апанасенковский / Apanasenkovsky	341635		95,32	341675		95,33	341675		95,33	341675		95,33
Аргирский / Arzgirsky	310433		91,75	313038		92,52	313038		92,52	313026		92,51
Левокумский / Levokumsky	439655		93,80	453207		96,69	453207		96,69	453205		96,69
Нефтекумский / Neftekumsk	349676		92,09	356998		94,02	356997		94,02	356997		94,02
Туркменский / Turkmensky	247486		94,75	251888		96,43	251888		96,43	251888		96,43
Итого по I зоне Total for the first zone	1688885		93,49	1716806		95,04	1716805		95,04	1716791		95,04

Таблица 2
Table 2

Засоленные земли по районам I агроклиматической зоны Ставропольского края, га

Saline lands by areas of the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory, ha

Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	Засоленные земли / Saline lands										На 01.01.2017 г. By 01.01.2017		
	2000 год / 2000 year			2006 год / 2006 year			2012 год / 2012 year			всего total	средне medium	сильно highly	
	всего total	средне medium	сильно highly	всего total	средне medium	сильно highly	всего total	средне medium	сильно highly				
Апанасенковский Apanasenkovsky	149131	579	18076	131134	-	16504	150715	801	17619	144203	548	16718	
Аргирский / Arzgirsky	132800	2321	14145	119105	-	12330	133673	3647	13876	125419	1931	12540	
Левокумский / Levokumsky	152010	3327	13015	119158	1137	10913	152255	4836	12735	145019	2815	11312	
Нефтекумский Neftekumsk	160761	50706	52127	142356	48883	50474	161585	52704	51513	133893	48950	50309	
Туркменский / Turkmensky	82210	3962	913	69304	2720	119	83019	5348	823	75800	3392	-	
Итого по I зоне Total for the first zone	676912	60895	98276	581057	52740	90340	681247	67336	96566	644334	57636	90879	



Засоление земель для I агроклиматической зоны носит глобальный характер, так как общая площадь угодий имеющих степень засоления составляет 644334 га, то есть более 37% земель сельскохозяйственного назначения в данной агроклиматической зоне уже засолены в различной степени. За период наших исследований площадь засоления постоянно колеблется и наибольших значений она достигает в 2012 г. (681247 га), а наименьших в 2006 г. – 581057 га. По состоянию на 01.01.2017 г. из общей площади засоленной территории, 57636 га имеют среднюю и 90879 га сильную степень засоления. Данные участки можно использовать только с проведением мелиоративных мероприятий и подбором соответствующих солеустойчивых культур и сортов.

Из всей площади засоленных сельскохозяйственных угодий наибольший процент приходится на земли Нефтекумского района (23,88%), затем следует Левокумский (22,5%), Апанасенковский (22,38%), Арзгирский (19,46%) и Туркменский (11,76%). Самая сложная ситуация по засолению отмечается в Нефтекумском районе, где доля земель с сильной степенью засоления составляет 32,69%, а со средней 31,81%. Таким образом около 65% сельскохозяйственных угодий района уже деградированы, а если к ним добавить площади вторично засоленных земель и солончаков, то можно констатировать экологическую катастрофу. Минимальные площади засоленных территорий отмечаются в Туркменском районе (75800 га), при этом в районе отсутствуют сильно засоленные участки, а доля земель со средней степенью засоления составляет менее 5%.

Динамика засоленных площадей по районам за шестнадцатилетний период показывает относительно стабильную ситуацию, но считаем необходимым, отметить уменьшение данных площадей по всем районам I агроклиматической зоны к 2016 году. Результаты мониторинга земель сельскохозяйственного назначения за весь период исследований по административным районам представлены в таблице 2.

Вторичное засоление сельскохозяйственных земель может возникать из-за близкого залегания соленых грунтовых вод, неправильного использования обводнительно-оросительных систем и применения агротехники, природного избыточного увлажнения почв. Мониторинг земель I агроклиматической зоны показал, что подобные земли имеются только на территории Нефтекумского района и их площадь по годам исследований остается в той или иной степени стабильной (рис. 2, 3; табл. 3).

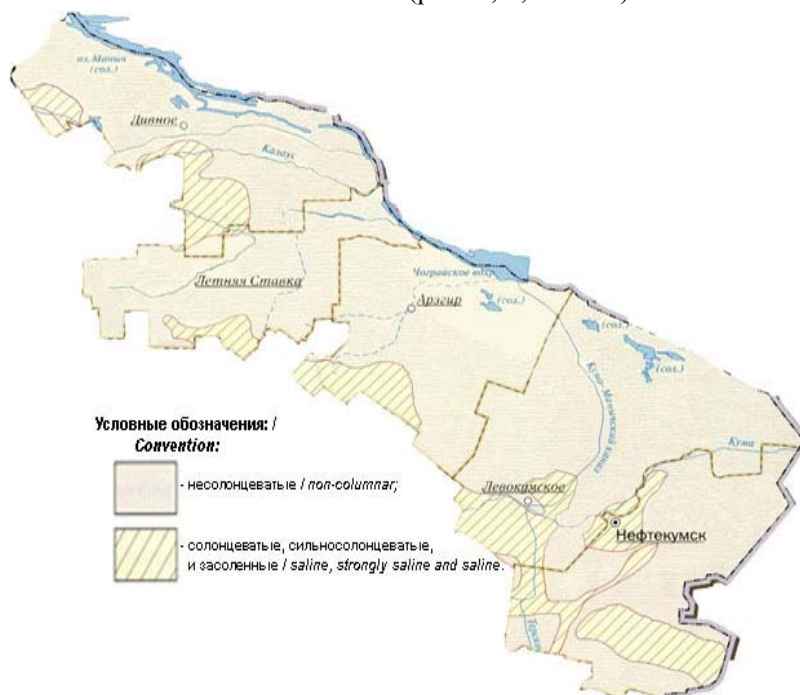
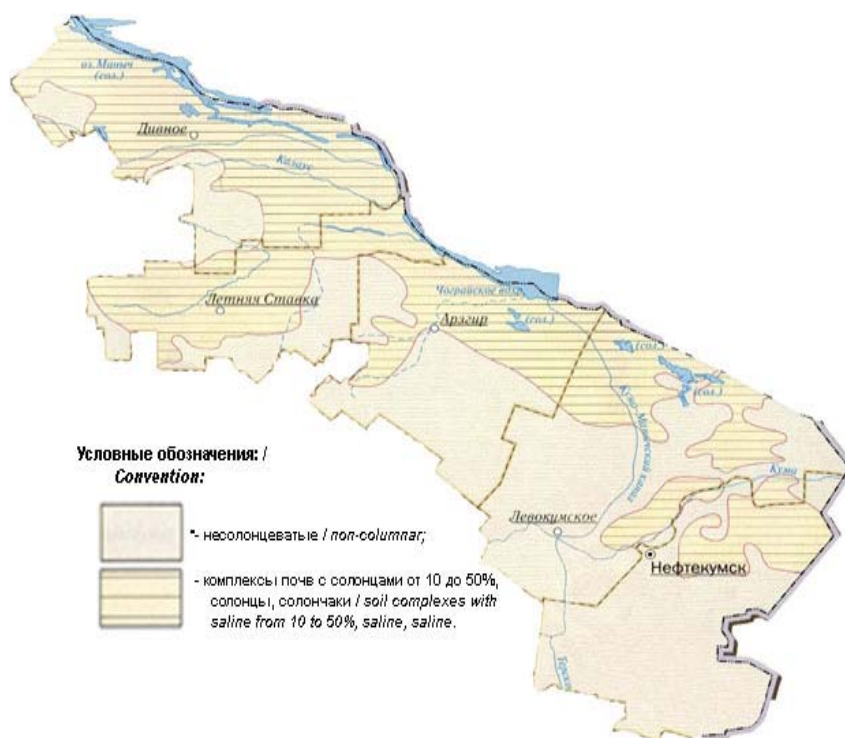


Рис.2. Солонцеватые и засоленные земли в I агроклиматической зоне Ставропольского края

Fig.2. Saline and solonchak lands in the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory



**Рис.3. Солонцевые земли и солонцы в I агроклиматической зоне
Ставропольского края**

Fig.3. Solonetzic and sodic lands in the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory

**Вторично засоленные земли по районам I агроклиматической зоны
Ставропольского края, га**

Таблица 3

**Secondarily salinized lands by areas of the first agro-climatic zone
of the Stavropol Territory, ha**

Table 3

Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	Вторично засоленные земли Secondarily salinized lands			
	2000 год 2000 year	2006 год 2006 year	2012 год 2012 year	На 01.01.2017 г. By 01.01.2017
Апанасенковский / Apanasenkovsky	-	-	-	-
Арзгирский / Arzgirsky	-	-	-	-
Левокумский / Levokumsky	-	-	-	-
Нефтекумский / Neftekumsk	1853	2618	2506	2114
Туркменский / Turkmensky	-	-	-	-
Итого по I зоне Total for the first zone	1853	2618	2506	2114

Солончаки являются более серьезной проблемой для сельскохозяйственных землепользователей, так как их площадь на землях I агроклиматической зоны превышает 18 тыс. га (табл. 4). Минимальная площадь солончаков за шестнадцатилетний период отмечается в 2006 году и затем наблюдается стабильный ее рост. На данных угодьях происходит полное угнетение растительности, поэтому их уже невозможно использовать в сельском хозяйстве (рис. 4).



Таблица 4

Солончаки по районам на землях I агроклиматической зоны
Ставропольского края, га

Table 4

Saline lands by areas of the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory, ha

Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	Солончаки / Saline lands			
	2000 год 2000 year	2006 год 2006 year	2012 год 2012 year	На 01.01.2017 г. By 01.01.2017
Апанасенковский / Apanasenkovsky	5809	4400	4985	5403
Арзгирский / Arzgirsky	5182	3792	4577	4725
Левокумский / Levokumsky	5606	4726	5397	5507
Нефтекумский / Neftekumsk	2847	1804	2385	2547
Туркменский / Turkmensky	-	12	19	25
Итого по I зоне / Total for the first zone	19444	14734	17363	18207



Рис.4. Солончаки на территории Нефтекумского района
Fig.4. Salt marshes on the territory of the Neftekumsk district

На сельскохозяйственных угодьях I агроклиматической зоны широко распространены солонцеватые и солонцовые комплексы. Минимальная их площадь, выявленная за весь период исследований, отмечается по состоянию на 2012 год (426672 га) и к следующему туру обследования данный показатель увеличивается до 462838 га. Если сравнить площадь солонцовых и солонцеватых комплексов с 2000 годом, то можно констатировать ее незначительное увеличение к 2016 году (+ 2188 га).

Наибольшее распространение солонцеватые и солонцовые комплексы получили на территории Апанасенковского (135690 га), Арзгирского (110593 га) и Туркменского (103443 га) районов, а наименьшее – в Нефтекумском (50408 га) районе. При этом необходимо отметить районы с максимальной площадью угодий с содержанием обменного натрия более 50%, к ним относятся Апанасенковский (39142 га), Арзгирский (31411 га) и Левокумский (27319 га) районы. Результаты мониторинга земель сельскохозяйственного назначения I агроклиматической зоны на распространение солонцовых и солонцеватых комплексов показаны в таблице 5.



Таблица 5

Солонцеватые и солонцовые комплексы на землях I агроклиматической зоны Ставропольского края, га

Table 5

Saline and solonetzic complexes on the territory of the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory, ha

	Солонцеватые и солонцовые комплексы / Saline and solonetzic complexes						На 01.01.2017 г.	
	2000 год 2000 year			2006 год 2006 year			2012 год 2012 year	
	Всего Total			Всего Total			Всего Total	
Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	% содержания в комплексе % of content in the complex			% содержания в комплексе % of content in the complex			% содержания в комплексе % of content in the complex	
	20-50% >50%			20-50% >50%			20-50% >50%	
Апанасенковский / Апанасенkovsky	135610	32608	40737	134778	33901	39030	125503	38110
Арзгирский / Arzgirsky	110308	24021	32101	109680	24959	30922	104118	24004
Левокумский / Levokumsky	61824	10614	28277	61138	13447	27133	56204	10599
Нефтекумский / Neftekumsk	50007	9631	11805	49699	12011	10490	44014	9625
Туркменский / Turkmensky	102901	25119	12146	102387	27091	10952	96833	25109
Итого по I зоне Total for the first zone	460650	101993	125066	457682	111409	118527	426672	101937
							462838	113796
							113234	119772



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

На основании 16-летних исследований по мониторингу распространения и использования засоленных, солонцеватых и солонцовых комплексов мы пришли к заключению, что, для повышения эффективности использования данных земель необходимо их качественное зонирование с последующей разработкой агромелиоративных мероприятий. На основании этого земли сельскохозяйственного назначения разделили на четыре группы:

- высокопродуктивные;
- продуктивные;
- низкопродуктивные;
- непродуктивные.

Данное разделение земель отражает их качественное состояние, степень подверженности различным деградационным процессам, возможность дальнейшего использования земель, а также позволяет разработать комплекс мероприятий по сохранению, восстановлению и охране этих угодий и закрепить соответствующего статуса конкретной зоны на основе разработанного регламента [5-7].

К высокопродуктивным угодьям следует отнести участки земель сельскохозяйственного назначения, которые на постоянной основе вовлечены в оборот, на которых отсутствуют признаки деградации и стабильно получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Продуктивными можно считать земли, которые также используются в сельском хозяйстве с получением хороших урожаев, но эти участки уже имеют признаки начальной степени деградации (I и II степени) и слабо деградированные.

Низкопродуктивными угодьями мы считаем земли, которые деградированы в средней степени (III степень), дающие ввиду своего качественного состояния низкие урожаи и на которых необходимо срочно внедрять комплекс охранных, защитных и рекультивационных мероприятий. К непродуктивным сельскохозяйственным угодьям мы относим земли, подверженные сильной степени деградации (IV степень) и, которые невозможно использовать в сельском хозяйстве. Данные участки должны быть выведены из сельскохозяйственного оборота с последующей разработкой и внедрением комплекса мелиоративных работ (табл. 6).

Таблица 6

**Распределение сельскохозяйственных угодий I агроклиматической зоны
Ставропольского края по продуктивности, га**

Table 6

**The distribution of agricultural land of the first agro-climatic zone
of the Stavropol Territory by productivity, ha**

Районы I зоны Areas of the first agro-climatic zone	Высокопродуктивные угодья Highly productive land	Продуктивные угодья Medium productive land	Низкопродуктивные угодья Low productive land	Непродуктивные Unproductive
Апанасенковский / Apanasenkovsky	20495	199800	37321	58273
Арзгирский / Arzgirsky	-	186047	63965	47742
Левокумский / Levokumsky	28874	288667	42318	56623
Нефтекумский / Neftekumsk	2353	173690	76626	74224
Туркменский / Turkmensky	14153	178772	33595	12720
Итого по I зоне Total for the first zone	65875	1026976	253825	249582

По каждой зоне необходимо разработать регламент использования данных земель, который должен включать возможное использование конкретного участка, мероприятия по защите и охране этих земель, ответственность собственника и основания, по которым данный участок может быть переведен в более высокий или низкий ранг. Также необо-



можно дифференцировать кадастровую стоимость земель в зависимости от качественного состояния конкретного участка, а также проводить бонитировку этих угодий в каждой агроклиматической зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2013 г. N 1297. г. Москва «О федеральной целевой программе «Юг России (2014-2020 годы)». Москва: 2013. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+zl7fIg7vLu4fDg5uDI8vH/IO3IIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDI5ODq9ujo&nd=102170697&page=1&rdk=0#I0 (дата обращения 10.10.2018)
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 176 с.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском в 2012 году». Ставрополь: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, 2013. 160 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». Москва: Минприроды России, НИИ-Природа, 2017. 746 с.
5. Братков В.В., Ключин П.В., Заурбеков Ш.Ш., Марьин А.Н. Дистанционное зондирование территории Северного Кавказа // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. Т. 76. N 4. С. 69-80.
6. Мусаев М.Р., Шаповалов Д.А., Широкова В.А., Ключин П.В., Хуторова А.О., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования в Северо-Кавказском федеральном округе // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, N 3. С. 181-192. Doi: 10.18470/1992-1098-2016-3-181-192
7. Савинова С.В., Ключин П.В., Марьин А.Н., Подколзин О.А. Мониторинг деградационных процессов земель сельскохозяйственного назначения Ставропольского края // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2009. Т. 59. N 11. С. 69-76.

REFERENCES

1. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 26 dekabrya 2013 g. N 1297. g. Moskva «O federal'noi tselevoi programme «Yug Rossii (2014-2020 gody)»»* [Order of the Government of the Russian Federation of December 26, 2013 N 1297. "On the Federal target program "South of Russia (2014-2020)"]]. Moscow, 2013. Available at: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+zl7fIg7vLu4fDg5uDI8vH/IO3IIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDI5ODq9ujo&nd=102170697&page=1&rdk=0#I0 (accessed 10.10.2018) (In Russian)
2. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya* [Report on the state and use of agricultural land]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2014, 176 p. (In Russian)
3. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu»* [State report "On the state of the environment and environmental management in Stavropol in 2012"]. Stavropol, Ministry of natural resources and environmental protection of Stavropol region. 2013, 160 p. (In Russian)
4. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu»* [State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2016"]. Moscow, Ministry of natural resources of Russia, NIA-Nature Publ., 2017, 746 p. (In Russian)
5. Bratkov V.V., Klyushin V.P., Zaurbekov S.S., Marin A.N. Remote sensing of the territory of the North Caucasus. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadaster]. 2011, vol. 76, no. 4, pp. 69-80. (In Russian)
6. Musaev M.R., Shapovalov D.A., Shirokova P.V., Klyushin S.O. Khutorova S.V., Savinova. Environmental problems of agricultural land use in the North Caucasus Federal district. *South of*



Russia: ecology, development, 2016, vol. 11, no. 3, pp.181-192. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2016-3-181-192

7. Savinova S.V., Klyushin P.V., Marin A.N., Podkolzin O.A. Monitoring of degradation processes of agricultural land in the Stavropol territory. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadaster]. 2009, vol. 59, no. 11, pp. 69-76. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Александр В. Лошаков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия.

Павел В. Ключин*, академик Российской академии естественных наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экономики недвижимости, Государственный университет по землеустройству, ул. Казакова, 15, г. Москва, 105064, Россия, e-mail: klyushinpv@gmail.com

Вера А. Широкова, доктор географических наук, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия.

Алла О. Хуторова, кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения, экологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия.

Светлана В. Савинова, кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения, экологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 19.11.2018

Принята в печать 24.12.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Alexander V. Loshakov, Candidate of agricultural Sciences, associate Professor, Stavropol state agrarian University, Stavropol, Russia.

Pavel V. Klyushin*, Academician of the Russian Academy of natural Sciences, doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department of real estate Economics, state University of land management, 15 Kazakova str., Moscow, 105064, Russia, e-mail: klyushinpv@gmail.com

Vera A. Shirokova, Doctor of geographical Sciences, Professor, Department of soil science, ecology and nature management, state University of land management, Moscow, Russia.

Alla O. Khutorova, Candidate of geographical Sciences, associate Professor of soil science, ecology and nature management, state University of land management, Moscow, Russia.

Svetlana V. Savinova, Candidate of geographical Sciences, associate Professor of soil science, ecology and nature management, state University of land management, Moscow, Russia.

Contribution

All authors equally participated in writing the manuscript and are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 19.11.2018

Accepted for publication 24.12.2018



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Обзорная статья / Review article

УДК: 911(332.1)

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

*Александр А. Чибилёв (мл.), Александр А. Чибилёв**

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук,
Оренбург, Россия, orensteppe@mail.ru*

Резюме. Цель. Оценить современное состояние элементов природно-экологического каркаса степных регионов Европейской России и особенности его пространственного распределения. **Обсуждение.** Важнейшей составляющей природно-экологического каркаса СЗЕР является система сохранившихся относительно крупных зональных ландшафтных ареалов природно-заповедного фонда, способствующих сохранению биоразнообразия, функциональной целостности ландшафтов и развитию экологических сетей. По состоянию на 1.01.2018 г. элементы природно-заповедного фонда федерального уровня на территории рассматриваемого мезорегиона представлены 22-мя особо охраняемыми природными территориями (10 заповедников, 5 национальных парков и 7 заказников) общей площадью 16,1 тыс. км². Доля площади ООПТ федерального уровня от площади рассматриваемого мезорегиона составляет около 2%. Практически для всех рассматриваемых регионах характерна ситуация, когда на территории субъекта выделены многочисленные природные территории со статусом «перспективные» для интеграции в природно-заповедный фонд, однако несмотря на усилия научного сообщества природоохранные службы и профильные министерства не слишком активны в реализации проектов по приданию им соответствующего статуса. **Заключение.** Для пространства, простирающегося от северной границы Саратовской области до центральной части Краснодарского края наиболее остро стоит проблема отсутствия ядер и узловых элементов, составляющих каркас природно-заповедного фонда. В шести субъектах мезорегиона степные ООПТ федерального уровня отсутствуют. Анализ современных схем территориального планирования регионов степной зоны свидетельствует о том, что природно-экологический каркас Европейской России до настоящего времени не стал основой принятия градостроительных решений. Вместе с тем, именно его структурные элементы (сохранившиеся зональные ландшафты, приближенно-природные и производные ландшафтные комплексы) наряду с автономно функционирующими природоподобными территориальными комплексами, регулируемые человеком, позволят создать благоприятную для населения среду.

Ключевые слова: природно-экологический каркас, ООПТ, заповедники, национальные парки, степные регионы европейской части России.

Формат цитирования: Чибилёв А.А. (мл.), Чибилёв А.А. Современное состояние и проблемы модернизации природно-экологического каркаса регионов степной зоны Евро-



пейской России // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125

CURRENT STATE AND PROBLEMS OF MODERNIZATION OF ECOLOGICAL FRAMEWORK OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF EUROPEAN RUSSIA

*Alexander A. Chibilyov (jr.), Alexander A. Chibilyov**
*Institute of Steppe of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia, orensteppe@mail.ru*

Abstract. *Aim.* The aim of the study is to assess the current state of the elements of the natural-ecological framework of the steppe regions of European Russia and the peculiarities of its spatial distribution. *Discussion.* The most important component of the environmental framework of the steppe regions of European Russia is the system of relatively large zonal landscape areas of the nature reserve fund which contribute to the preservation of biodiversity, the functional integrity of landscapes and the development of ecological networks. As of January 1, 2018, the natural reserve fund of the federal level in the territory of the considered mezoregion is represented by 22 specially protected natural territories (10 reserves, 5 national parks and 7 wildlife sanctuaries) with a total area of 16.1 thousand km². The share of the area of specially protected natural reservation is about 2% of the area of the considered mezoregion. Practically for all the regions under consideration, there is a situation where numerous natural territories with “prospective” status are considered for integration into the nature reserve fund; however, the efforts of the scientific community, environmental services and relevant ministries are not very active in implementing projects to give them corresponding status. *Conclusion.* For the territory stretching from the northern border of the Saratov region to the central part of the Krasnodar Territory, the problem of the absence of cores and key elements constituting the framework of the nature reserve fund is most acute. In six territorial subjects of the Mesoregion, there are no specially protected natural steppe reservations of the federal level. The analysis of modern territorial planning schemes of the steppe regions indicates that the environmental framework of European Russia has not yet become the basis for the adoption of urban planning decisions. At the same time, its structural elements (preserved zonal landscapes, natural and derived landscape complexes), along with autonomously functioning nature-like territorial complexes, will help create a favorable environment for the population.

Keywords: environmental framework, specially protected natural areas, reserves, national parks, steppe regions of the European part of Russia.

For citation: Chibilyov A.A. (jr.), Chibilyov A.A. Current state and problems of modernization of ecological framework of regions of the steppe zone of European Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 117-125. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе во многих российских степных регионах утрачена культура планирования использования и развития территории. В разработке пространственных моделей устойчивого социально-экономического развития регионов России важной со-



ставляющей является формирование системы опорных каркасов. Остов таких каркасов должен быть сформирован территориями «опережающего» развития. Узловыми элементами и ядрами для социально-экономического каркаса – выступают ключевые природно-хозяйственные системы, зоны приоритетного развития; для урбанизированного – городские агломерации, города ядра; для демографического – территории, обладающие расселенческим потенциалом, способные концентрировать на себе миграционные потоки; для транспортного – транспортно-логистические кластеры, связывающие транспортные и энергетические коридоры; для гидрологического – ключевые водохозяйственные участки бассейнов рек, водохозяйственные объекты, составляющие основу водообеспеченности регионов; для сельскохозяйственного – агропромышленные кластеры; для туристско-рекреационного – территории сосредоточения туристско-рекреационных и санаторно-курортных ресурсов, туристско-рекреационные кластеры; для историко-культурного – памятники истории и культуры, сформированные культурные ландшафты, центры народных промыслов, ареалы с самобытным обликом, культурно-историческим наследием и образом жизни [1; 2]; для природно-экологического – ключевые элементы природно-заповедного фонда (заповедники, национальные парки, заказники), а также ландшафтные эталоны, не охваченные системой ООПТ и т.д.

В настоящее время одна из важнейших задач научного сообщества состоит в разработке стратегии развития степного макрорегиона с учётом симметричного формирования ядер, осей и ареалов природно-экологических каркасов как основы регионального планирования на уровне регионов-субъектов РФ. К сожалению, на территории мезорегиона степной зоны Европейской России (СЗЕР) масштабы и темпы формирования природно-экологического каркаса значительно уступали интенсивности развития социально-экономического остова [2; 3]. Для территории с численностью населения около 27 млн. человек и плотностью населения около 34 чел./км², располагающей 6-ю крупнейшими агломерациями и 32-мя крупными городами с численностью населения свыше 100 тыс. человек [4], на которой сосредоточена 1/3 часть всех сельскохозяйственных угодий страны, проблемы организации природно-экологического каркаса приобретают особое значение.

ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейшей составляющей природно-экологического каркаса СЗЕР является система сохранившихся относительно крупных зональных ландшафтных ареалов природно-заповедного фонда (ПЗФ), способствующих сохранению биоразнообразия, функциональной целостности ландшафтов и развитию экологических сетей. Процесс организации и формирования федеральной системы ООПТ на территории исследуемых субъектов условно можно разделить на 3 этапа. В период 1923-1935 гг. создаются заповедники «Белогорье», Воронежский, Кавказский, Жигулёвский и Хопёрский. Этап организации и получения статуса ООПТ федерального уровня большинством из рассматриваемых элементов ПЗФ пришёлся на период с 1983 по 1995 гг., когда на рассматриваемой территории организуются 3 заповедника (Оренбургский, «Чёрные земли», Ростовский), 3 национальных парка и 6 заказников. В 2007-2017 гг. было организовано 2 заповедника («Утриш» и «Шайтан-Тау») и 2 национальных парка («Бузулукский бор» и Кисловодский). Помимо ООПТ федерального значения в качестве ядер и узловых элементов природно-экологического каркаса (ПЭК), рассматриваемого мезорегиона выступают элементы региональной системы ООПТ. Экологические коридоры представлены долинно-балочной сетью с пойменными комплексами, байрачными и аренными лесами, холмистовувалистыми водораздельными грядами, приводораздельными лесами, саморегулируемыми лесокультурными насаждениями и т.д. Оценка современного состояния элементов природно-экологического каркаса и особенностей его пространственного распределения позволит выявить лакуны (пустоты, зоны разрывов), сформулировать ключевые задачи,



которые необходимо решить на федеральном и территориальном уровнях для устойчивого функционирования социально-экономического и природно-экологического каркасов мезорегиона СЗЕР.

Основными источниками данных для оценки современного состояния структуры природно-экологических каркасов СЗЕР послужили схемы территориального планирования, доклады профильных министерств, статистические материалы из официальных источников, а также данные дистанционного зондирования (архивные спутниковые снимки среднего разрешения с 1985 по 2015 гг. Landsat (MSS, TM, ETM+, OLI). Исследование пространственного распределения элементов ПЭК было выполнено с использованием картографических методов, в том числе геоинформационных, с помощью инструментария ГИС MapInfo Professional 11.5.

По состоянию на 1.01.2018 г. элементы природно-заповедного фонда (ПЗФ) федерального уровня на территории мезорегиона СЗЕР представлены 22-мя особо охраняемыми природными территориями (10 заповедников, 5 национальных парков и 7 заказников) (рис. 1) общей площадью 16,1 тыс. км². Доля площади ООПТ федерального уровня от площади рассматриваемого мезорегиона составляет около 2%. В Воронежской, Ростовской, Оренбургской, Саратовской областях и Ставропольском крае доля ООПТ всех категорий не превышает 5%. В Воронежской области ООПТ федерального значения, которые, как правило, должны выступать ядрами и узловыми элементами ПЭК, расположены на периферии региона: Воронежский заповедник – на границе с Липецкой областью. Хопёрский заповедник, представляющий собой массив, тянущийся с севера на юг вдоль р.Хопёр на 50 км, также удалён в пространственном распределении на восточную границу области. Стоит отметить, что для пространства, простирающегося от северной границы Саратовской области до центральной части Краснодарского края, наиболее остро стоит проблема отсутствия ядер и узловых элементов, составляющих каркас природно-заповедного фонда. В шести субъектах мезорегиона степные ООПТ федерального уровня отсутствуют [5].

Практически для всех рассматриваемых регионов характерна ситуация, когда на территории субъекта выделены многочисленные природные территории со статусом «перспективные» для интеграции в природно-заповедный фонд, однако несмотря на усилия научного сообщества природоохранные службы и профильные министерства не слишком активны в реализации проектов по приданию им соответствующего статуса [6].

Для регионов, в которых наибольшая доля ООПТ среди рассматриваемых субъектов (табл. 1), проблемы развития природно-экологического каркаса, несмотря на это стоят не менее остро.

В Белгородской области единственный в области заповедник «Белогорье», кластерного типа, суммарной площадью – 2,1 тыс. га, составляет менее 0,1% от площади области. С учётом возрастающего антропогенного воздействия разработчиками схемы территориального планирования региона было предложено активизировать лесовосстановительные работы в области и довести площади средозащитных лесов до 25-30%. Вместе с тем, лесомелиоративные мероприятия представляют серьёзную угрозу для многих участков меловых степей области получивших природоохранный статус.

Стоит отметить количество региональных природных парков Белгородской области: в 2016 году их насчитывалось 75, памятников природы – 107, региональных заказников – 129. Практически во всех регионах СЗЕР ареалы ООПТ, ключевые природные территории вне ООПТ и природный связующий ландшафт разорваны участками с затруднёнными экологическими связями. Особенно сильно это проявляется в западных областях рассматриваемого мезорегиона.

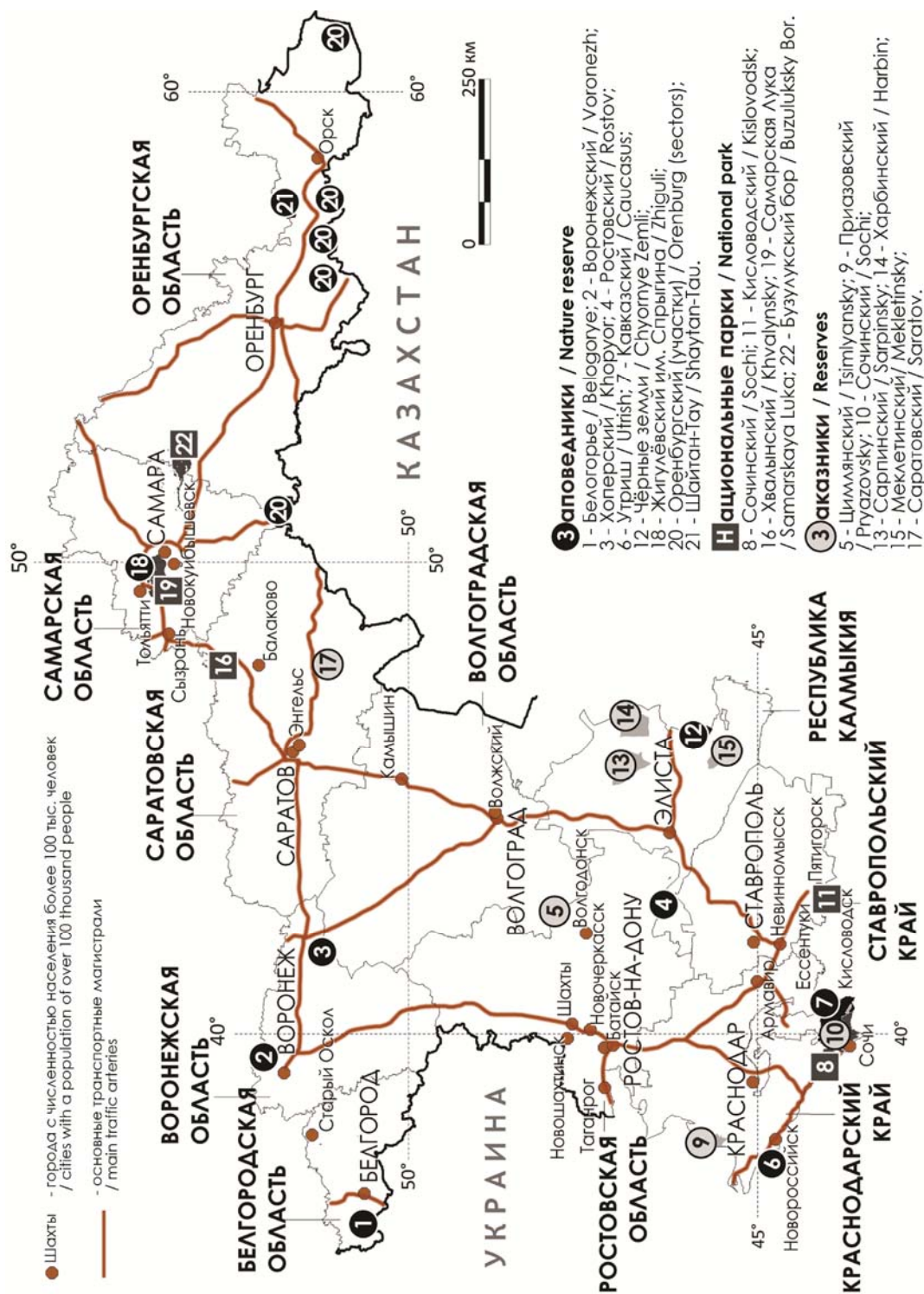


Рис.1. Пространственное распределение ядер природно-экологического каркаса степных регионов Европейской России
Fig.1. Spatial distribution of the nuclei of the environmental framework of the steppe regions of European Russia



Таблица 1

Показатели, характеризующие систему ООПТ регионов степной зоны
Европейской России [7; 8]

Table 1

Indicators characterizing SPNA system in the regions of the steppe zone
of European Russia [7; 8]

Субъект РФ Constituent entities of the Russian Federation	ООПТ федерального значения SPNA of federal importance			ООПТ регионального и местного значения SPNA of regional and local importance			ООПТ всех категорий SPNA of all categories	
	Кол-во Number	Площадь (тыс. га) Area (ths ha)	Доля Percentage %	Кол-во Number	Площадь (тыс. га) Area (ths ha)	Доля Percentage %	Площадь (тыс. га) Area (ths ha)	Доля Percentage %
Белгородская область Belgorod region	1	2,1	0,1	314	298,4	11,0	300,5	11,1
Воронежская область Voronezh region	2	62,6	1,2	214	109,3	2,1	171,9	3,3
Республика Калмыкия Republic of Kalmykia	4	582,7	7,8	19	601,9	8,1	1184,6	15,9
Краснодарский край Krasnodar region	5	445,5	5,9	384	337,1	4,5	782,6	10,4
Волгоградская область Volgograd region	0	0,0	0,0	57	999,6	8,9	999,6	8,9
Ростовская область Rostov region	2	50,5	0,5	88	178,3	1,8	228,8	2,3
Ставропольский край Stavropol region	1	0,2	0,0	107	115,2	1,7	115,4	1,7
Оренбургская область Orenburg region	3	99,0	0,8	341	59,2	0,5	158,2	1,3
Самарская область Samara region	2	203,7	3,8	208	91,4	1,7	295,1	5,5
Саратовская область Saratov region	2	70,8	0,7	88	73,5	0,7	144,3	1,4
Всего / Total:	22	1517,1	1,9	1820	2863,9	3,6	4381,0	5,6



С целью достижения непрерывности сети природно-экологического каркаса, необходимо предусмотреть при формировании градо-экологического каркаса создание структурных элементов рекреационных ландшафтных зон, жизненно необходимых в условиях степной зоны [9]. Это позволит сформировать средообразующую систему, способную удовлетворить потребности человека и создать комфортные условия проживания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современных схем территориального планирования регионов степной зоны свидетельствует о том, что природно-экологический каркас Европейской России до настоящего времени не стал основой принятия градостроительных решений. Вместе с тем, именно его структурные элементы (сохранившиеся зональные ландшафты, приближенно-природные и производные ландшафтные комплексы) наряду с автономно функционирующими природоподобными территориальными комплексами, регулируемые человеком, позволят создать благоприятную для населения среду [10; 11].

На современном этапе общественного развития для решения проблем устойчивого функционирования природно-экологического каркаса мезорегиона степной зоны Европейской России необходимо решить следующие ключевые задачи:

- разработать научные принципы соблюдения баланса и симметричного развития урбанизированных и природно-экологических каркасов на основе соблюдения экологического равновесия и взаимного сочетания их ядер, коридоров и буферных зон;
- минимизировать зоны разрывов экологических каркасов путём заполнения лакун природоподобными элементами ландшафта, необходимыми для его экологической оптимизации в условиях интенсивной хозяйственной деятельности, а также элементами градо-экологического каркаса;
- обеспечить реализацию комплекса мероприятий по предотвращению снижения степени природного разнообразия на территориях базовых резерватов;
- активизировать работу по созданию новых ООПТ федерального и регионального значения на территориях способных выполнять функции ядер природно-экологического каркаса;
- обеспечить количественную, площадную и биотическую репрезентативность элементов природно-заповедного фонда регионального и местного значения на основе формирования новых типов охраняемых территорий в качестве биотопных, потоковых и комплексных экологических коридоров, а также природоохранных буферных зон.

Благодарность: Работа выполнена по проекту РНФ № 17-17-01091 «Стратегия пространственного развития степных и постцелинных регионов Европейской России на основе каркасного территориального планирования и развития непрерывных экологических сетей».

Acknowledgement: This work is supported by Russian Science Foundation project No 17-17-01091 "A strategy of spatial development within steppe and post-virgin regions in European Russia on the base of a framework territorial planning and extension of sustained ecological networks".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чистобаев А.И. Пространственное планирование в России: состояние, проблемы, задачи географов // Вестник АРГО. 2013. N 2. С. 15-24. URL: <http://argorussia.ru/sites/default/files/filenode/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%90%D0%A0%D0%93%D0%9E%202013.pdf> (дата обращения: 02.07.2018)



2. Яковлева С.И. Каркасные модели в региональных схемах территориального планирования // Псковский регионологический журнал. 2013. N 15. С. 15-25.
3. Чибилёв А.А. Структура земельного фонда и образование неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах степной зоны европейской части России // Успехи современного естествознания. 2017. N 10. С. 127-133.
4. Чибилёв А.А. Особенности и динамика процессов развития урбанизированного каркаса регионов степной зоны европейской части России // Успехи современного естествознания. 2017. N 11. С. 146-152.
5. Чибилёв А.А. История и современное состояние заповедного дела в России // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87, N 3. С. 231-241.
6. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и её регионов / под ред. В.М. Котлякова, А.А. Тишкова. Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН N 13 в 2012-2014 гг. М.: Институт географии РАН, 2014. 166 с.
7. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа. 2017. 760 с.
8. Государственный (национальный доклад) о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2015 году. М.: Министерство экономического развития РФ. 2016. 202 с.
9. Кочуров Б.И., Хазиахметова Ю.А., Ивашкина И.В., Сукманова Е.А. Ландшафтный подход в градостроительном проектировании // Юг России: экология, развитие. 2018. Т.13, N 3. С.71-82. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-3-71-82
10. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Урболандшафты Москвы и их пространственная трансформация // Экология урбанизированных территорий. 2015. N 2. С. 48-54.
11. Красильникова Э.Э. Ландшафтный урбанизм: новый взгляд на старую проблему // Зеленый город. 2014. Т. 4. N 11. С. 33-35. URL: https://issuu.com/alexanderandrianov/docs/green_11_green (дата обращения 12.08.2018)

REFERENCES

1. Chistobaev A.I. [Spatial planning in Russia: state, problems, tasks of geographers]. *Vestnik ARGO*, 2013, no. 2, pp. 15-24. (In Russian) Available at: <http://argorussia.ru/sites/default/files/filenode/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%90%D0%A0%D0%93%D0%9E%202013.pdf>. (accessed 02.07.2018)
2. Yakovleva S.I. Wireframe in regional schemes of territorial planning. *Pskovskii regionologicheskii zhurnal* [Pskov regional journal]. 2013, no. 15, pp. 15-25. (In Russian)
3. Chibilev A.A. Land fund structure and formation of unused lands in the European part of Russia steppe zone regions. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences]. 2017, no. 10, pp. 127-133. (In Russian)
4. Chibilev A.A. Development processes' specifics and dynamics of the urbanization in regions in the European part of Russia steppe zone. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences]. 2017, no. 11, pp. 146-152. (In Russian)
5. Chibilev A.A. History and current state of nature conservation in Russia. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences]. 2017, vol. 87, no. 3, pp. 231-241. (In Russian)
6. Kotlyakov V.M., Tishkov A.A., eds. *Strategicheskie resursy i usloviya ustoichivogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii i ee regionov* [Strategic resources and conditions for sustainable development of the Russian Federation and its regions]. Moscow, Institute of geography of RAS Publ., 2014, 166 p. (In Russian)



7. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu» [State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2016"]. Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation Publ., 2017, 760 p. (In Russian)
8. Gosudarstvennyi (natsional'nyi doklad) o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiiskoi federatsii v 2015 godu [State report "On the state and use of land in Russian Federation in 2015"]. Moscow, Ministry of economic development of the Russian Federation Publ., 2016, 202 p. (In Russian)
9. Kochurov B.I., Khaziakhmetova Y.A., Ivashkina I.V., Sukmanova E.A. Landscape approach in city-planning. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 71-82. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2018-3-71-82
10. Kochurov B.I., Ivashkina I.V. Cityscapes of Moscow and their spatial transformation. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii* [Ecology of Urban Areas]. 2015, no. 2, pp. 48-54. (In Russian)
11. Krasil'nikova E.E. Landscape urbanism: a new look at the old problem. *Zelenyi gorod*, 2014, vol. 4, no. 11, pp. 33-35. (In Russian) Available at: https://issuu.com/alexanderandrianov/docs/green_11_green (accessed 12.08.2018)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Александр А. Чибилёв (младший), ведущий отделом социально-экономической географии, кандидат экономических наук; Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, г. Оренбург, Россия.

Александр А. Чибилёв*, главный научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, научный руководитель, академик РАН; Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, ул. Пионерская, 11, г. Оренбург, 460000, Россия. Тел.: +7(3532)77-62-47. E-mail: orensteppe@mail.ru

Критерии авторства

Александр А. Чибилёв, Александр А. Чибилёв (мл.) проанализировали данные, корректировали рукопись до подачи в редакцию и представили фактический материал. Все авторы несут ответственность за обнаружение плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 15.10.2018

Принята в печать 03.12.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Alexander A. Chibilyov (junior), head of socio-economic geography department, candidate of economy sciences, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia.

Alexander A. Chibilyov*, head research officer of the Landscape ecology department, scientific director, RAS academician. 460000, Orenburg, Pionerskaya St., 11. Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. +7(3532)77-62-47. E-mail: orensteppe@mail.ru

Contribution

Alexander A. Chibilyov and Alexander A. Chibilyov (junior) analyzed the data, corrected the manuscript before submitting to the editor and presented factual material. All authors are responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or other unethical issues.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.10.2018

Accepted for publication 03.12.2018



Оригинальная статья / Original article

УДК 581.5, 582.948, 615.322

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АЛЛАНТОИНА В ПОДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЕ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ

Аида Я. Тамахина*, Амина А. Ахкубекова, Абдуллах Б. Иттиев

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет,
Нальчик, Россия, aida17032007@yandex.ru

Резюме. Цель. Целью работы стало исследование динамики накопления аллантаина в подземной фитомассе *Echium vulgare* L., *Symphytum caucasicum* M. Bieb. и *S. asperum* Lepech., уточнение роли аллантаина в адаптации растений к стресс-факторам. **Методы.** Изучали корни растений, произрастающих в предгорной (г. Нальчик, 490-512 м над у. м.) и горной зоне Кабардино-Балкарской Республики (с. Терскол, 2530 м над у.м.; с. Верхняя Балкария, 2680 м над у.м.). Сбор корней производили в фазе розеткообразования, цветения, плодоношения и в конце вегетации. Водно-спиртовые вытяжки измельчённых корней анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. **Результаты.** Максимальное содержание аллантаина в корнях растений *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* отмечено в конце вегетации – соответственно 0,915; 0,342-0,658; 2,842-3,426%. В условиях низких температур и повышенной солнечной радиации содержание аллантаина в корнях возрастает в 1,2-1,9 раза по сравнению с растениями предгорной зоны. **Выводы.** Аллантаин играет важную роль в процессе адаптации видов семейства Boraginaceae к окислительному стрессу, вызванному гипотермией и повышенной солнечной радиацией. **Ключевые слова:** *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *Symphytum asperum*, аллантаин, окислительный стресс, адаптация.

Формат цитирования: Тамахина А.Я., Ахкубекова А.А., Иттиев А.Б. Динамика накопления аллантаина в подземной фитомассе видов семейства Boraginaceae и его роль в адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.126-136. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ACCUMULATION BEHAVIOUR OF ALLANTOIN IN THE UNDERGROUND PHYTOMASS OF THE BORAGINACEAE FAMILY AND ITS ROLE IN ADAPTING THE PLANTS TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS

Aida Ya. Tamakhina*, Amina A. Akhkubekova, Abdullakh B. Ittiev

Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, Russia,
aida17032007@yandex.ru



Abstract. Aim. The aim of the work described herein was to study the dynamics of allantoin accumulation in the underground phytomass of *Echium vulgare* L., *Symphytum caucasicum* M. Bieb. and *S. asperum* Lepech. as well as to clarify the role of allantoin in plant adaptation to stress factors. **Methods.** We studied the roots of plants growing in the foothill (Nalchik, 490–512 m above sea level) and the mountain zones of the Kabardino-Balkarian Republic (Terskol village, 2530 m above sea level; Verkhnyaya Balkaria village, 2680 m above sea level). The roots were collected at the stages of rosetting, flowering, fruiting and at the end of the growing season. Aqueous-alcoholic extracts of shredded roots were analyzed by high-performance liquid chromatography. **Results.** The highest content of allantoin in the roots of *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* plants was noted at the end of the growing season, respectively 0.915; 0.342–0.658; 2,842–3,426%. Under conditions of low temperatures and increased solar radiation, the content of allantoin in the roots increases 1.2–1.9 times as compared with the plants of the foothill zone. **Conclusion.** Allantoin plays an important role in the process of adapting species of the family Boraginaceae to oxidative stress caused by hypothermia and increased solar radiation.

Keywords: *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *Symphytum asperum*, allantoin, oxidative stress, adaptation.

For citation: Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A., Ittiev A.B. Accumulation behaviour of allantoin in the underground phytomass of the Boraginaceae family and its role in adapting the plants to adverse environmental factors. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 126-136. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ВВЕДЕНИЕ

Аллантоин (5-уреидогидантоин, $C_4H_6N_4O_3$) является низкомолекулярным гетероциклическим соединением, синтезируемым большинством видов растений и имеющим важное адаптивное значение. Многочисленными исследованиями установлена роль аллантоина в контроле клеточной пролиферации, защите от действия экстремальных факторов среды, опосредованных окислительным стрессом (низкая и высокая температура, дефицит воды, ультрафиолетовое излучение, загрязнение почв тяжелыми металлами и др.) [1-8].

В основе фармакологического действия аллантоина лежит стимулирование пролиферации и регенерации соединительной ткани, противомикробные и противовоспалительные свойства, что делает его незаменимым компонентом средств, используемых в лечении кожных заболеваний [4; 5; 9-14]. Аллантоин растительного происхождения блокирует теломеразу и индуцирует апоптоз в раковых клетках, на чём основана фитотерапия и профилактика опухолевого процесса [14; 15]. Антиоксидантные и антимутагенные свойства аллантоина позволяют использовать данную субстанцию в качестве регулятора роста растений, вводить в состав удобрений и ветеринарных дезинфицирующих средств [16; 17].

Впервые аллантоин был обнаружен в корнях окопника лекарственного, издавна применяемого в народной медицине как ранозаживляющее и регенерирующее средство. Содержание аллантоина в корнях *Symphytum officinale* L. в конце вегетации достигает 4,72% [18], а в фазе цветения-плодоношения значительно снижается [19]. Присутствие аллантоина, но в меньших количествах, характерно и для других видов семейства Boraginaceae (*Pulmonaria officinalis* L., *Cynoglossum officinale* L., *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.) [20]. В связи с существующей гипотезой об N-окислении аллантоина и его аминокислотных производных с образованием ряда пирролизидиновых алкалоидов [18]



представляет интерес поиск новых растительных источников аллантиина среди неисследованных ранее алкалоидоносных видов бурачниковых.

Целью исследования стало изучение динамики накопления аллантиина в подземной фитомассе и выяснение его роли в адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам на примере видов семейства Boraginaceae.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования стала подземная фитомасса (корни с корневищами) растений трех видов семейства бурачниковых – синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), окопники кавказский (*Symphytum caucasicum* M. Bieb) и шершавый (*S. asperum* Lepech.), произрастающих на территории Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Сбор корней особей разных возрастных состояний осуществляли в ценопопуляциях, произрастающих в предгорной (окрестности г. Нальчика, 490-512 м над у.м.) и горной зоне КБР (с. Терскол, Эльбрусский район КБР, 2530 м над у.м.; с. Верхняя Балкария, Черекский район КБР, 2680 м над у.м.). Динамику накопления аллантиина в корневищах окопников изучали у виргинильных (розеточный побег с 3-8 листьями), генеративных растений в фазах цветения (май-июнь), плодообразования (июль-август) и в конце вегетации (ноябрь). Корни имматурных растений синяка обыкновенного (конец 1-го года жизни, октябрь-ноябрь) и генеративных растений 2-го года жизни в фазе цветения – плодоношения выкапывали на придорожных участках окрестностей г. Нальчика и с. Терскол. Чёткое разграничение фаз цветения и плодоношения у синяка отсутствует в связи с постепенным распусканьем цветков и созреванием семян. Поэтому сбор корней генеративных растений проводили в предгорной зоне в июне и в конце сентября, а в горной зоне – в июле и в начале ноября. Сбор корней окопника шершавого производили в окрестностях г. Нальчика и с. Верхняя Балкария. Объединённые пробы включали не менее 10 корней растений изучаемых видов каждого возрастного состояния. Высушенные и измельчённые корни (размеры частиц 3-5 мм) делили на три равные части для аналитических целей.

Навеску измельчённых корней окопника кавказского и синяка обыкновенного массой 15 мг экстрагировали в смеси воды и спирта (1:3, 80 мл) в лабораторной микроволновой системе «Mars 6» при температуре 80°C и давлении 0,14 Бар в течение 30 минут. Экстракцию корней окопника шершавого проводили в 70% спирте в течение 36 часов при комнатной температуре, так как камеди, крахмал, пектины и смолы, присутствующие в корнях, при более высоких температурных параметрах способствуют образованию плохо фильтруемой вязкой вытяжки. Полученные экстракты фильтровали и анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии («Миличром А-02» с УФ спектрофотометрическим детектором). Аналитическая повторяемость трёхкратная.

Условия хроматографирования: колонка ProntoSIL-120-5-C18 AQ #1810 (2,0×75) мм, 5 мкм; подвижная фаза – смесь ацетонитрила и буферного раствора (1,36 г калия дигидрофосфата в 1000 мл воды) в соотношении 70:30; детектирование при длине волны 190 и 210 нм; скорость подачи подвижной фазы 0,2/мин; объем дозирования 2 мкл; температура 35°C; давление 4,1-4,4 МПа. Идентификацию аллантиина проводили путём сопоставления времени удерживания компонентов смеси со временем удерживания стандартного раствора аллантиина (Acros Organics, Бельгия, 1 мг на 1 мл воды). Количественное определение аллантиина проводили по площади пика, используя метод внешнего стандарта.

Содержание аллантиина ($X_{ал}$, % на абс. сух. сырье) определяли по формуле:

$$X_{ал} = \frac{S_x \cdot m_{cm} \cdot V_x \cdot P}{S_{cm} \cdot m_x \cdot (100 - w)},$$

где S_x – площадь пика аллантиина в исследуемом растворе;

S_{cm} – площадь пика аллантиина в стандартном растворе;



m_{cm} – масса аллантаина в стандартном растворе, мг;
 m_x – масса навески, мг;
 V_x – объем исследуемого раствора, мл;
 P – концентрация стандартного раствора, %;
 w – гигроскопическая влажность воздушно-сухого сырья, %.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия районов произрастания ценопопуляций растений значительно различаются. За период исследования (2016-2017 гг.) средние показатели температуры воздуха в г. Нальчике варьировали от $+27^{\circ}$ в июле, до минус 4°C в январе; средняя сумма осадков за год составила 612 мм, а суммарная солнечная радиация – 3561 МДж/м^2 . В с. Терскол средние температуры воздуха варьировали от $+11,3^{\circ}\text{C}$ в августе, до минус $8,8^{\circ}\text{C}$ в январе; снежный покров держался с ноября по апрель, в результате проникновения холодных воздушных масс температура воздуха несколько раз понижалась до минус 25°C и ниже, а почва промерзала до глубины 20-30 см; средняя сумма осадков за год составила 896 мм, а суммарная солнечная радиация – 5463 МДж/м^2 . В с. Верхняя Балкария среднегодовая температура воздуха варьировала от $+16,8^{\circ}\text{C}$ в июле до минус $7,2^{\circ}\text{C}$ в январе; средняя сумма осадков за год составила 720 мм, а суммарная солнечная радиация – 4856 МДж/м^2 .

Сравнительный анализ хроматограмм с детектированием при двух длинах волн показал, что чувствительность анализата на длине волны 190 нм более высокая (хорошее разделение пиков, меньшая продолжительность времени, снижение влияния примесей). По результатам качественного анализа по времени удерживания стандарта (1,2 мин.) аллантаин присутствует в корнях всех исследуемых видов, но в разном количестве (рис. 1).

Наибольшее содержание аллантаина обнаружено в корнях и корневищах *Symphytum asperum* (среднее за год 1,93-2,46%) а наименьшее – для *Echium vulgare* (среднее за год 0,29-0,54%). Синяк обыкновенный в отличие от видов *Symphytum* является поликарпиком с широкой экологической пластичностью, в основном, за счет морфологической адаптации, чем, по-видимому, и объясняется различие в уровне накопления аллантаина.

Максимальное содержание аллантаина в корнях окопников шершавого, кавказского и синяка обыкновенного, отмечено осенью (конец вегетации растений окопника и стадия розеткообразования синяка обыкновенного 1-го года жизни) (табл. 1).

В течение вегетационного периода содержание аллантаина в корнях растений снижается в 1,5-2,0 раза, и достигает минимума в фазе плодоношения. Полученные данные согласуются с имеющимися в научной литературе сведениями о накоплении аллантаина осенью в корнях растений, где он хранится до начала вегетации [18]. У окопника лекарственного максимальное содержание аллантаина в подземной фитомассе отмечено в конце вегетации, а минимальное – в фазах цветения и плодоношения [19].

В корнях растений, произрастающих в условиях низких температур и высокой солнечной радиации, отмечено усиление синтеза аллантаина. Так, у окопника шершавого (с. Верхняя Балкария) содержание аллантаина к концу вегетации увеличилось в 1,21, а у синяка обыкновенного (с. Терскол) – в 2 раза по сравнению с аналогичным показателем подземной фитомассы растений предгорной зоны. Минимальное содержание аллантаина, приходящееся на фазу плодоношения, превышает аналогичный показатель у растений предгорной зоны соответственно в 1,35 и 1,92 раза. Следовательно, пониженная температура и повышенная солнечная радиация являются факторами, обуславливающими накопление аллантаина в подземной фитомассе растений. Установлено, что в корнях растений окопника лекарственного накопление аллантаина зависит от климатических условий места произрастания. В Сумской (среднегодовая температура $+6,6^{\circ}\text{C}$, в т.ч. в зимний период минус $6,5^{\circ}\text{C}$, сумма осадков за год 603 мм) и Харьковской областях (среднегодовая температура $+7,5^{\circ}$, в т.ч. в зимний период минус $5,3^{\circ}\text{C}$, сумма осадков за год 540 мм) содер-



жение аллantoина в конце вегетации различалось в 1,3 раза и составляло соответственно 4,49 и 3,51% [19].

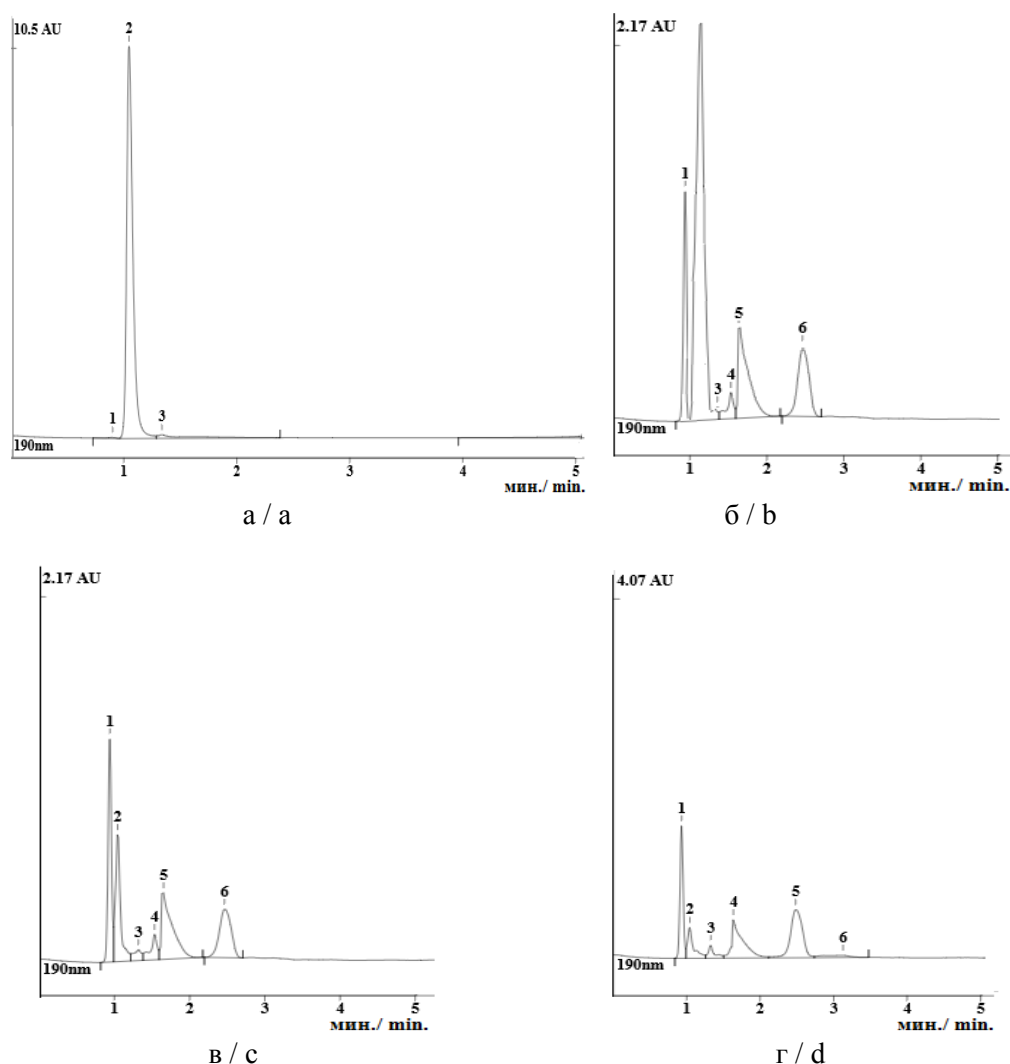


Рис.1. Хроматограмма аллantoина (пик 2) стандарта (а), вытяжки корней *Symphytum asperum* (б), *S. caucasicum* (в), *Echium vulgare* (г)

Fig.1. Chromatogram of allantoin (peak 2) standard (a), extracts of roots *Symphytum asperum* (b), *S. caucasicum* (c), *Echium vulgare* (d)

Среди защитных систем растений, активирующихся при холодовом стрессе, УФ-излучении и воздействии других стресс-факторов, особое место занимает антиоксидантная система, звеньями которой являются продукты катаболизма пуринов, в частности аллantoин [2; 3; 7; 21-23]. Роль аллantoина, как антиоксиданта, проявляется в снижении внутриклеточных концентраций активных форм кислорода, участии в ликвидации токсических продуктов взаимодействия активных форм кислорода с биополимерами и повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды вообще. Усиление синтеза аллantoина при действии неблагоприятных экологических факторов вносит вклад в общий антиоксидантный путь метаболизма, величина которого имеет для растений важнейшее адаптивное значение [6].



Таблица 1

Динамика содержания аллантиина (% от абс. с. в.) в зависимости от фазы развития растений и климатических условий места произрастания

Table 1

Dynamics of the content of allantoin (% of absolutely dry substance) Depending on the stage of plant growth and climatic conditions

Вид, место произрастания Species, place of growth	Содержание аллантиина в фазе Content of allantoin at different stages			
	розеткообразования rosette growth stage	цветения flowering	плодоношения fruiting	в конце вегетации at the end of vegetation
<i>Symphytum asperum</i> , г. Нальчик <i>Symphytum asperum</i> , Nalchik	1,948±0,043	1,570±0,038	1,344±0,022	2,842±0,024
<i>Symphytum asperum</i> , с. Верхняя Балкария <i>Symphytum asperum</i> , vil. Verkhnyaya Balkaria	2,495±0,051	2,120±0,044	1,815±0,036	3,426±0,041
<i>Symphytum caucasicum</i> , г. Нальчик <i>Symphytum caucasicum</i> , Nalchik	0,627±0,032	0,524±0,032	0,449±0,037	0,915±0,019
<i>Echium vulgare</i> , г. Нальчик <i>Echium vulgare</i> , Nalchik	0,342±0,026	0,289±0,021	0,253±0,025	-
<i>Echium vulgare</i> , с. Терскол <i>Echium vulgare</i> , vil. Terskol	0,658±0,045	0,516±0,036	0,442±0,038	-

В «неферментативной» антиоксидантной системе помимо аллантиина определённую роль играют и алкалоиды [24]. Установлено усиление синтеза алкалоидов в надземной фитомассе травянистых растений при Mo- и Cd-стрессе [25], а также в условиях засухи [26]. По результатам предварительных исследований нами выявлено повышение содержания алкалоидов в надземной части синяка обыкновенного, произрастающего в условиях гипотермии и загрязнения почв тяжёлыми металлами, по сравнению с контролем соответственно в 1,65 и 1,83 раза. Полученные данные подтверждают взаимосвязь синтеза аллантиина и алкалоидов при адаптации алкалоидоносных растений, в частности видов семейства Boraginaceae, к окислительному стрессу.

ВЫВОДЫ

По результатам анализа аллантиин обнаружен в подземной фитомассе видов *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* и *Echium vulgare*. Выявлена динамика в уровне накопления аллантиина в течение вегетационного периода. Максимальное содержание аллантиина в корнях растений отмечено осенью (конец вегетации растений *Symphytum caucasicum* и *S. asperum*, стадия розеткообразования *Echium vulgare* 1-го года жизни) – соответственно 0,915; 2,842-3,426; 0,342-0,658%. В фазе плодоношения содержание аллантиина снижается в 1,5-2 раза. В корнях растений, произрастающих в условиях низких температур и высокой солнечной радиации (горная зона КБР), уровень накопления аллантиина повышается в 1,2 раза у окопника шершавого и в 1,9 раза у синяка обыкновенного. Полученные



данные подтверждают важную роль аллантина в адаптации видов семейства Boraginaceae к окислительному стрессу в ответ на гипотермию и повышенную солнечную радиацию. Высказано предположение о взаимосвязи синтеза аллантина и алкалоидов при адаптации алкалоидоносных растений к стресс-факторам. Однако эта гипотеза требует более детальной проверки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуськов Е.П., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шкурят Т.П., Прокофьев В.Н., Жданов Ю.А. Аллантин как тушитель свободных радикалов // Доклады Академии наук. Биохимия и биофизика. 2002. Т. 383. N 2. С. 105-107.
2. Гуськов Е.П., Шкурят Т.П., Милютин Н.П., Прокофьев В.Н., Покудина И.О., Машкина Е.В., Тимофеева И.В. Влияние аллантина на активность ферментов, регулирующих ROS-зависимый статус организма // Доклады Академии наук. Биохимия и биофизика. 2001. Т. 379. N 3. С. 398-401.
3. Гуськов Е.П., Прокофьев В.Н., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Гапуренко О.А., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шестопапов А.В., Сазыкина М.А., Маркеев А.В., Шкурят Т.П., Малхосьян С.Р., Жданов Ю.А. Аллантин как витамин // Доклады Академии Наук. Биохимия и биофизика. 2004. Т. 398. N 6. С. 823-827.
4. Азарин К.В. Тяжёлые металлы как факторы индукции окислительного стресса и протекторные свойства некоторых природных азотсодержащих соединений // Материалы II Международной научно-практической конференции «Проблемы биологии, экологии, географии, образования: история и современность», Санкт-Петербург, 3-5 июня 2008. С. 157-159.
5. Сазыкина М.А., Чистяков В.А., Коленко М.А., Азарин К.В. Аллантин и урат как супрессоры генотоксического эффекта ультрафиолетового излучения длиной волны 300-400 нм // Экологическая генетика. 2009. Т. 7. N 2. С. 44-46.
6. Чистяков В.А., Азарин К.В., Усатов А.В. Антиоксидантный потенциал некоторых природных азотсодержащих соединений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2008. N 5. С. 75-77.
7. Ames B.N., Cathcart R., Schwiers E., Hochstein P. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant- and radical-caused aging and cancer: A hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1981. V. 78. Iss. 11. P. 6858-6862.
8. Wang P., Kong C.-H., Sun B., Xu X.-H. Distribution and function of allantoin (5-ureidohydantoin) in rice grains // J. Agric. Food Chem. 2012. V. 60. Iss. 11. P. 2793-2798. DOI: 10.1021/jf2051043
9. Зузук Б.М., Кузик Р.В., Костюк И.Р., Мельничук Г.Г., Гайдук Р.И. Окопник лекарственный. *Symphytum officinale* L. (аналитический обзор) // Провизор. 2004. N 18. С. 25-28. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N18/art_25.php (дата обращения: 10.08.2018)
10. Чигарина К.М., Алавердиев И.М., Залевская С.И., Андреева Е.В., Сапожникова Т.И., Рыченкова Т.В., Жукова О.П. Лифтинг-крем «Д» для сухой и чувствительной кожи. Патент RU 2242216, 2004.
11. Thornfeldt C. Cosmeceuticals containing herbs: fact, fiction, and future // Dermatol. Surg. 2005. V. 31. Iss. 7. Pt. 2. P. 873-880.
12. Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Klaassen C.D., Marks J.G.Jr., Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Andersen A.F. Final report of the safety assessment of allantoin and its related complexes // Int. J. Toxicol. 2010. V. 29. Iss. 3. Suppl. P. 84-97. Doi: 10.1177/1091581810362805
13. Xu B., Sung C., Han B. Crystal structure characterization of natural allantoin from edible lichen *Umbilicaria esculenta* // Crystals. 2011. V. 1. Iss. 3. P. 128-135. Doi: 10.3390/cryst1030128



14. Kaneko M., Hiruma T., Suetsugu M., Katagiri C., Iida T., Onodera T. SCCA-1 production inhibitor having a carboxamide derivative and/or a salt thereof as an active ingredient. Patent EP 2425831, 2012.
15. Корсун В.Ф., Корсун Е.В. О роли апоптоза в фитотерапии раковых заболеваний // Практическая фитотерапия. 2011. N 1. С. 14-21.
16. Kramer A. Antimicrobial composition for antiseptic and disinfectant for skin – comprises compounds yielding oxygen and chlorine, ammonium compound, surfactant, aluminum chloride carbamide, urea, allantoin, panthenol and lactic acid. Patent DE 4137544, 1993.
17. Fox L.K., Gradle C., Dee A. Short communication: disinfectant containing a complex of skin conditioners // J. Dairy Sci. 2006. V. 89. P. 2539-2541.
18. Зузук Б.М., Куцик Р.В., Костюк И.Р., Мельничук Г.Г., Гайдук Р.Й. Окопник лекарственный *Symphytum officinale* L. (Аналитический обзор) // Провизор. 2004. N 17. С. 30-34. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N17/art_30.php (дата обращения: 17.09.2018)
19. Гонтова Т.М. Динаміка накопичення основних діючих речовин у коренях живокосту лікарського // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2012. N 2. С. 46-47.
20. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Caprifoliaceae – Plantaginaceae. Л.: Наука, 1990. 328 с.
21. Гуськов Е.П., Вардуни Т.В., Машкина Е.В., Покудина И.О., Шиманская Е.И., Гуськов Г.Е., Беличенко Н.И., Александрова А.А. Генетика окислительного стресса. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2009. 155 с.
22. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. 2018. Т. 43. Вип. 1. С. 6-33.
23. Foyer C.H., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications // Antioxid Redox Signal. 2009. V. 11. Iss. 4. P. 861-906. Doi: 10.1089/ars.2008.2177
24. Ветрова Е.В., Борисенко Н.И., Хизриева С.С., Бутаева А.Ф. Изучение антиоксидантной активности апорфинового алкалоида глауцина и полученного в субкритической воде феноантренового алкалоида дес-глауцина // Химия растительного сырья. 2017. N 1. С. 85-91. Doi: 10.14258/jcprm.2017011383
25. Rai V., Khatoon S., Bisht S.S., Mehrotra S. Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn // Chemosphere. 2005. V. 61. Iss. 11. P. 1644-1650. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.052
26. Бабыкина А.М., Анцупова Т.П. Влияние некоторых эколого-географических факторов на накопление алкалоидов в двух видах мака // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. 2012. N 4. С. 85-87.

REFERENCES

1. Gus'kov E.P., Kletskii M.E., Kornienko I.V., Olekhovich L.P., Chistyakov V.A., Shkurat T.P., Prokof'ev V.N., Zhdanov Y.A. Allantoin as a free-radical scavenger. Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]. 2002, vol. 383, no. 2, pp. 105-107. (In Russian)
2. Gus'kov E.P., Shkurat T.P., Milyutina N.P., Prokof'ev V.N., Pokudina I.O., Mashkina E.V., Timofeeva I.V. Effect of allantoin on the activity of enzymes providing regulation of the redox-dependent status of an organism. Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]. 2001, vol. 379, no. 3, pp. 398-401. (In Russian)
3. Gus'kov E.P., Prokof'ev V.N., Kletskii M.E., Kornienko I.V., Gapurenko O.A., Olekhovich L.P., Chistyakov V.A., Shestopalov A.V., Sazykina M.A., Markeev A.V., Shkurat T.P.,



- Malkhos'yan S.R., Zhdanov Y.A. Allantoin as a vitamin. *Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]*. 2004, vol. 398, no. 6, pp. 823-827. (In Russian)
4. Azarin K.V. Tyazhelye metally kak faktory induktsii okislitel'nogo stressa i protekturnye svoystva nekotorykh prirodnkh azotsoderzhashchikh soedinenii [Heavy metals as induction factors of oxidative stress and protective properties of some natural nitrogen-containing compounds]. *Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Problemy biologii, ekologii, geografii, obrazovaniya: istoriya i sovremennost'"*, Sankt-Peterburg, 3-5 iyunya 2008 [Materials of the II International Scientific and Practical Conference "Problems of Biology, Ecology, Geography, Education: Past and Present", St. Petersburg, 3-5 June 2008]. St. Petersburg, 2008, pp. 157-159. (In Russian)
5. Sazykina M.A., Chistyakov V.A., Kolenko M.A., Azarin K.V. Allantoin and urate as the suppressors of genotoxic effect of the ultraviolet irradiation with wavelength 300-400 nm. *Ekologicheskaya genetika [Ecological genetics]*. 2009, vol. 7, no. 2, pp. 44-46. (In Russian)
6. Chistyakov V.A., Azarin K.V., Usatov A.V. Antioxidant potential some natural nitrogen-containing compounds. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki [News of universities. North Caucasus region. Natural Sciences]*. 2008, no. 5, pp. 75-77. (In Russian)
7. Ames B.N., Cathcart R., Schwiers E., Hochstein P. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant- and radical-caused aging and cancer: A hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1981, vol. 78, iss. 11, pp. 6858-6862.
8. Wang P., Kong C.-H., Sun B., Xu X.-H. Distribution and function of allantoin (5-ureidohydantoin) in rice grains. *J. Agric. Food Chem*, 2012, vol. 60, iss. 11, pp. 2793-2798. Doi: 10.1021/jf2051043
9. Zuzuk B.M., Kutsik R.V., Kostyuk I.R., Mel'nichuk G.G., Gaiduk R.I. [Comfrey medicinal. *Symphytum officinale* L. (Analytical Review)]. *Provizor*, 2004, no. 18, pp. 25-28. (In Russian) Available at: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N18/art_25.php (accessed 10.08.2018)
10. Chigarina K.M., Alaverdiev I.M., Zalevskaya S.I., Andreeva E.V., Sapozhnikova T.I., Rychenkova T.V., Zhukova O.P. *Lifting-krem «D» dlya sukhoi i chuvstvitel'noi kozhi* [Lifting cream "D" for dry and sensitive skin]. Patent RF, no. 2242216, 2004.
11. Thornfeldt C. Cosmeceuticals containing herbs: fact, fiction, and future. *Dermatol. Surg.* 2005, vol. 31, iss. 7, pt. 2, pp. 873-880.
12. Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Klaassen C.D., Marks J.G.Jr., Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Andersen A.F. Final report of the safety assessment of allantoin and its related complexes. *Int. J. Toxicol*, 2010, vol. 29, iss. 3, Suppl., pp. 84-97. Doi: 10.1177/1091581810362805
13. Xu B., Sung C., Han B. Crystal structure characterization of natural allantoin from edible lichen *Umbilicaria esculenta*. *Crystals*, 2011, vol. 1, iss. 3, pp. 128-135. Doi: 10.3390/cryst1030128
14. Kaneko M., Hiruma T., Suetsugu M., Katagiri C., Iida T., Onodera T. SCCA-1 production inhibitor having a carboxamide derivative and/or a salt thereof as an active ingredient. Patent EP, no. 2425831, 2012.
15. Korsun V.F., Korsun E.V. On the role of apoptosis in herbal medicine of cancer. *Prakticheskaya fitoterapiya [Practical herbal medicine]*. 2011, no. 1, pp. 14-21. (In Russian)
16. Kramer A. Antimicrobial composition for antiseptic and disinfectant for skin –comprises compounds yielding oxygen and chlorine, ammonium compound, surfactant, aluminum chloride carbamide, urea, allantoin, panthenol and lactic acid. Patent DE, no. 4137544, 1993.
17. Fox L.K., Gradle C., Dee A. Short communication: disinfectant containing a complex of skin conditioners. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, pp. 2539-2541.



18. Zuzuk B.M., Kutsik R.V., Kostyuk I.R., Mel'nichuk G.G., Gaiduk R.I. [Comfrey medicinal. *Symphytum officinale* L. (Analytical Review)]. *Provizor*, 2004, no. 17, pp. 30-34. (In Russian) Available at: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N17/art_30.php (accessed 17.09.2018)
19. Gontova T.M. Accumulation of the basal active substances in *symphytum officinale* roots subject to vegetative stage. *Zdobutki klinichnoi i eksperimental'noi meditsini* [Achievements of clinical and experimental medicine]. 2012, no. 2, pp. 46-47. (In Ukrainian)
20. *Rastitel'nye resursy SSSR: tsvetkovye rasteniya, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie; semeistva Caprifoliaceae – Plantaginaceae* [Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use; Caprifoliaceae-Plantaginaceae]. Leningrad, Nauka Publ., 1990, 328 p. (In Russian)
21. Gus'kov E.P., Varduni T.V., Mashkina E.V., Pokudina I.O., Shimanskaya E.I., Gus'kov G.E., Belichenko N.I., Aleksandrova A.A. *Genetika okislitel'nogo stressa* [Genetics of oxidative stress]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh Publ., 2009, 155 p. (In Russian)
22. Kolupaev Yu.E., Gorelova E.I., Yastreb T.O. Mechanisms of plant adaptation to hypothermia: role of antioxidant system. *Visnik Kharkivs'kogo natsional'nogo agrarnogo universitetu* [Bulletin of the Kharkov National Agrarian University. Biology Series]. 2018, vol. 43, iss. 1, pp. 6-33. (In Russian)
23. Foyer C.H., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications. *Antioxid Redox Signal*, 2009, vol. 11, iss. 4, pp. 861-906. Doi: 10.1089/ars.2008.2177
24. Vetrova E.V., Borisenko N.I., Hizrieva S.S., Bugaeva A.F. The study of antioxidant activity of the aporphine alkaloid of glaucine and the phenanthrene alkaloid of seco-glaucine obtained in subcritical water. *Chemistry of plant materials*, 2017, no. 1, pp. 85-91. Doi: 10.14258/jcprm.2017011383
25. Rai V., Khatoon S., Bisht S.S., Mehrotra S. Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn. *Chemosphere*, 2005, vol. 61, iss. 11, pp. 1644-1650. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.052
26. Babykina A.M., Antsupova T.P. The Influence of Some Ecology-geographical Factors on the Accumulation of Alkaloids in two Sorts of Poppy. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. Geografiya* [Journal of the Buryat State University. Biology, geography]. 2012, no. 4, pp. 85-88.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Аида Я. Тамахина*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет; пр. Ленина, 1 в, г. Нальчик, 360030, Россия. Тел. +7(8662)40-41-07, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Амина А. Ахкубекова, аспирант кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, Россия.

Абдуллах Б. Иттиев, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, Кабар-

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Aida Ya. Tamakhina*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Lenina Ave., 1 v, Nalchik, 360030, Russia, tel. +7(8662)40-41-07, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Amina A. Akhkubekova, Postgraduate student, Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia.

Abdullakh B. Ittiev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of



дино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, Россия.

Критерии авторства

Аида Я. Тамахина проанализировала данные, написала рукопись. Амина А. Ахкубекова собрала флористический материал и подготовила пробы. Абдуллах Б. Иттиев провёл хроматографический анализ. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 06.11.2018

Принята в печать 17.12.2018

Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia.

Contribution

Aida Ya. Tamakhina analyzed the data, wrote the manuscript and is responsible for avoiding the plagiarism; Amina A. Akhkubekova collected floristic specimens, conducted a sample preparation; Abdullakh B. Ittiev carried out the chromatographic analysis. All authors are responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 06.11.2018

Accepted for publication 17.12.2018



Оригинальная статья / Original article

УДК 574.9

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149

АНАЛИЗ МИГРАЦИЙ ПТИЦ ВОДНОГО И ОКОЛОВОДНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК МОНИТОРИНГА ГРИППА ТИПА А

¹Александр Ю. Алексеев, ¹Татьяна А. Мурашкина,

²Джамалутдин М. Джамалутдинов, ²Самурутдин С. Абдуллаев,

³Хабибула А. Ахмедрабаданов, ¹Кирилл А. Шаршов*

¹Федеральный исследовательский центр фундаментальной и
трансляционной медицины, Новосибирск, Россия, sharshov@yandex.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Дагестанский государственный аграрный университет
им. М.М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

Резюме. Цель. Анализ водно-болотных угодий на территории Республики Дагестан с целью обоснования и выбора мест сбора материала от перелетных птиц водного и околоводного комплексов для мониторинга гриппа типа А. **Материал и методы.** Используя опубликованные материалы разных лет и сведения, имеющиеся по водно-болотным угодьям Прикаспийского Дагестана, установлены районы концентрации околоводных и водоплавающих птиц, где возможен эффективный отбор проб на птичий грипп. **Результаты.** Распространение вирусов гриппа птиц в природе неразрывно связано с миграционными перемещениями птиц. Западная часть Прикаспия благодаря наличию большого числа водоемов объединяет на своих территориях значительные популяции диких водно-болотных птиц из различных мест, в пределах их миграционных маршрутов. При массовых скоплениях возникают контакты птиц разных видов и популяций, что создает благоприятные условия для распространения различных вирусных и инфекционных заболеваний. **Заключение.** Для интегральной оценки состояния популяций околоводных и водоплавающих птиц, а также мониторинга зараженности орнитофауны вирусами птичьего гриппа, в качестве модельных территорий предлагается использовать водно-болотные угодья озера Аджи (Папас), озера Южный Аграхан, Аграханского залива и дельты реки Терек, Ачикольскую систему озер.

Ключевые слова: Дагестан, птичий грипп, орнитофауна, видовое разнообразие птиц, сезонные миграции.

Формат цитирования: Алексеев А.Ю., Мурашкина Т.А., Джамалутдинов Дж.М., Абдуллаев С.С., Ахмедрабаданов Х.А., Шаршов К.А. Анализ миграций птиц водного и околоводного комплекса на территории Республики Дагестан и обоснование выбора ключевых точек мониторинга гриппа типа А // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.137-149. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149



ANALYSIS OF MIGRATION OF AQUATIC AND SEMIAQUATIC BIRDS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN AND JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF KEY POINTS OF MONITORING OF INFLUENZA A VIRUS

¹Alexander Yu. Alekseev, ¹Tatyana A. Murashkina,

¹Jalalutdin M. Jamalutdinov, ²Samurutdin S. Abdullaev,

³Khabibula A. Akhmedrabadanov, ¹Kirill A. Sharshov*

¹Research Institute of Experimental and Clinical Medicine, Novosibirsk,
Russia, sharshov@yandex.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov,
Makhachkala, Russia

Abstract. Aim. The aim of the work is to carry out an analysis of the wetlands of the Republic of Dagestan in order to justify the selection of the collecting sites for material from migratory aquatic and semi aquatic birds in order to monitor the influenza A virus. **Material and methods.** Studying scientific publications of different years and available information on the wetlands of the Caspian Dagestan allowed establishing the areas of concentration of aquatic and semiaquatic birds where effective sampling for avian influenza is possible. **Results.** The spread of avian influenza viruses in nature is inextricably linked with migration of birds. Due to the presence of a large number of reservoirs, the western part of the Caspian region brings together large populations of wild waterbirds from various places within their migration routes. Mass accumulation encourages the interaction of birds of different species and populations, which in turn creates favorable conditions for the spread of various viral diseases. **Conclusion.** For an integrated assessment of the state of aquatic and semiaquatic bird populations, as well as monitoring the avian influenza infection rates, it is proposed to consider as model areas the wetlands of the Lake Aji (Papas), Lake Yuzhny Agrakhan, Agrakhansky Gulf, the Terek River delta and the Achikolsky systems of lake.

Keywords: Dagestan, avian influenza, avifauna, bird species diversity, seasonal migrations.

For citation: Alekseev A.Yu., Murashkina T.A., Jamalutdinov J.M., Abdullaev S.S., Akhmedrabadanov Kh.A., Sharshov K.A. Analysis of migration of aquatic and semiaquatic birds on the territory of the Republic of Dagestan and justification of the choice of key points of monitoring of influenza A virus. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 137-149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149

ВВЕДЕНИЕ

Дикие водоплавающие птицы считаются природным источником всех вирусов группы А. Возможно, на протяжении веков именно они являлись распространителями вирусов данного заболевания. Перелетные птицы известны как носители вирусов подтипов H5 и H7, хотя обычно не в столь агрессивной патогенной форме. Последние случаи заболевания свидетельствуют о том, что некоторые перелетные птицы непосредственно распространяют вирус H5N1 в высокопатогенной форме. В этой связи прогнозируется распространение данного вируса в новых регионах. Поэтому проблема сезонных миграций в пограничных районах РФ приобретает особую актуальность.



Вирусы гриппа типа А имеют наибольшую значимость для общественного здравоохранения, поскольку они потенциально могут вызывать пандемию гриппа (например, подтипы вируса птичьего гриппа H5N1 и H9N2). Поэтому, возможность того, что некоторые штаммы АIV будут мутировать, превращаясь в формы передаваемые между людьми и порождая крупные пандемии гриппа, является предметом серьезной озабоченности [1].

Вспышки высоко патогенных штаммов вирусов птичьего гриппа (АIV) способны вызывать значительные экономические потери для птицеводства. Анализ вспышки птичьего гриппа в странах Юго-Восточной Азии в 2004 г. показывает, что вирус H5N1 демонстрирует значительный пандемический потенциал [2].

Распространение вирусов гриппа птиц в природе неразрывно связано с миграционными перемещениями птиц. На территории России выделяются 6 территориальных группировок или географических популяций [книга-атлас Юрлова], которым свойственны общность районов гнездования, пролета и зимовок, а также четко выраженные пролетные пути. Границы географических популяций определены на основании данных кольцевания, но из-за недостатка возвратов окольцованных птиц весьма приблизительны. Кроме того, эти границы весьма динамичны, так как большинству видов уток и гусей свойственны межпопуляционные связи и обмен особями.

Вдоль дагестанской части западного побережья Каспия пролегает путь сезонных миграций значительного числа видов орнитофауны из северной части Евразии к местам зимовок и обратно [3; 4]. Водно-болотные экосистемы – приморские болота, лагуны с солоноватой водой, дельты, острова в мелководной части, сублиторальные банки – являются наиболее обычными типами прибрежно-морских экотопов, где в сезоны миграций отмечается резкое увеличение общей численности и видового разнообразия фауны околотовдных водоплавающих видов птиц. Линейное расположение лагун вдоль Западного Каспия [5; 6], обуславливает наличие в этом районе практически круглогодичной миграционно-кочевой динамики плотности птичьего населения.

С целью выбора мест сбора материала от перелетных птиц водного и околотовдного комплексов для мониторинга гриппа типа А был проведен анализ водно-болотных угодий на территории Республики Дагестан.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выборе районов пригодных для репрезентативного отбора проб на птичий грипп, было принято во внимание использование территорий в качестве охотничьих угодий для сезонной добычи околотовдных и водоплавающих птиц. Помимо высокой концентрации видового состава, для наших целей, важное значение имела и транспортная доступность районов, т.к. от этого зависит оперативность организации выездов на отбор проб в период охоты.

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

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основой эпизоотологического мониторинга за гриппом птиц в природных условиях является обследование водных и околотовдных биоценологических комплексов. Поиск возбудителя гриппа птиц должен проводиться, в первую очередь, в околотовдных биотопах, расположенных как в местах концентрации и гнездования, так и вдоль и внутри межконтинентальных трасс сезонных перелетов или кочевок диких птиц водно-болотного комплекса. Через территорию России проходят пять основных миграционных путей диких птиц. Но для территории каспийского региона и Республики Дагестан осо-



бую важность представляет Западно-Азиатский-Восточно-Африканский (по другой классификации более общий Афро-Евразийский пролётный путь) (рис. 1).

Ранее нами определены ключевые точки мониторинга за вирусом гриппа птиц в РФ (hotspots), позволяющими выявлять современные генетические варианты вируса [7-20]. При анализе территориального распределения основных миграционных путей, для азиатской части России можно выделить несколько регионов на территории Сибири и Дальнего востока, играющих важную роль в эпизоотологии вируса гриппа А. В частности, это территории Чановской озерной системы в Западной Сибири [7; 9; 10; 16], Центральная Азия [8; 12-14] и территория Дальнего Востока России [10; 15]. Здесь мы предлагаем и обосновываем важность мониторинга вируса в Прикаспии (Республика Дагестан). В целом, данные регионы, благодаря наличию большого числа водоемов, объединяют на своих территориях значительные популяции диких водно-болотных птиц из различных мест, в пределах их миграционных маршрутов. При массовых скоплениях возникают контакты птиц разных видов и популяций, что создает благоприятные условия для распространения различных вирусных и инфекционных заболеваний.

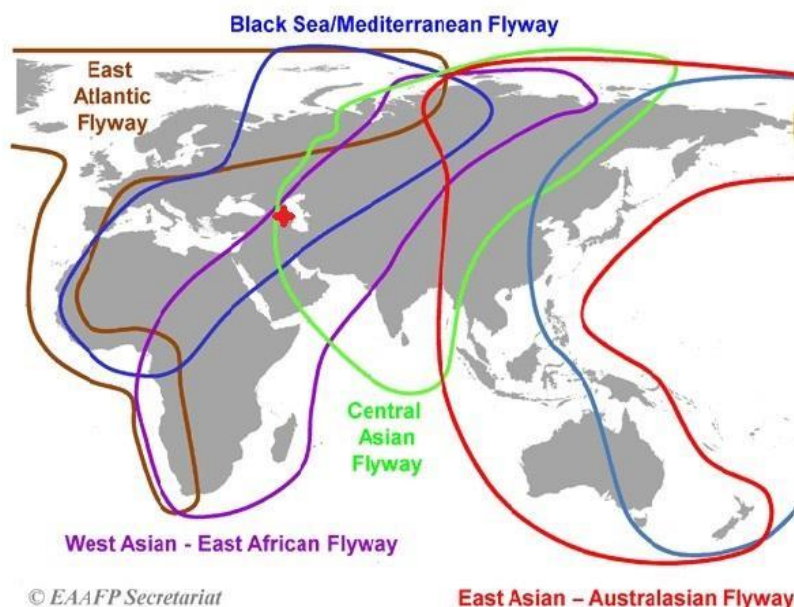


Рис.1. Основные миграционные пути диких птиц.

Отмечена анализируемая территория западного Прикаспия.

В качестве основы рисунка использовано изображение секретариата ЕААФП (The East Asian - Australasian Flyway Partnership) [<https://www.eaaflyway.net/about-us/the-flyway/>]

Fig.1. Main migration routes of wild birds.

The analyzed territory of the western Caspian is marked.

As a basis of image, we used the resources of EAAFP (The East Asian - Australasian Flyway Partnership) [<https://www.eaaflyway.net/about-us/the-flyway/>]

Динамика численности и видового состава перелетных птиц наиболее ярко прослеживается в периоды сезонных миграций вдоль западного побережья Каспия, где проходит один из крупнейших в России миграционных путей палеарктических мигрантов – Западно-Азиатский-Восточно-Африканский. По этому традиционному пути птицы ежегодно летят на зимовку и обратно из бореально-арктических, северо-восточных и западно-сибирских районов России, Приуралья, Северного Казахстана, Поволжья и северо-западного Каспия [21-24]. Особое тяготение мигрантов к западно-каспийскому побережью связано с южным положением моря, большой протяженностью береговой линии



(свыше 1200 км), мягким климатом и значительным числом водно-болотных угодий (в отличие от восточного), привлекающих мигрантов на отдых, кормежку, зимовку и гнездование. В этой связи, величина миграционного потока на западном побережье Каспия в 14.9 раз выше, чем на восточном.

Об общей численности водоплавающих птиц в прикаспийском регионе Российской Федерации дает представление таблица 1. Дагестан среди прикаспийских субъектов нашей страны имеет самую большую протяженность береговой линии Каспия – около 530 км. Основные морские водно-болотные угодья, являющиеся станциями обитания орнитофауны, приурочены к мелководным заливам, приустьевым участкам крупных рек, а также к побережью и шельфовым зонам островов. В Дагестане имеется примерно 600 водоемов с площадью зеркала более 3 га, свыше 450 из них расположены на равнине, остальные – в предгорной и горной зонах [25]. При этом водоемов площадью более 50 га не более 110. Общая площадь водного зеркала озер и водохранилищ Дагестана – около 400 км². Большинство крупных водоемов расположено в низменной части Дагестана. По своему генезису они имеют лагунно-морское, пойменное и лиманное происхождение.

Таблица 1

Численность водоплавающих птиц в регионе Прикаспия (тыс. особей) [3]

Table 1

Number of aquatic birds in the Caspian region (thous. birds) [3]

Виды и группы птиц Types and groups of birds	Численность The number of individuals	Доля в общей численности (%) Share in total
Серый гусь <i>Anser anser</i> L.	69,0	3,2
Итого гусей / Total geese	69,0	3,2
Лебедь-шипун <i>Cygnus olor</i> Gmelin	48,8	2,3
Итого лебедей / Total swans	48,8	2,3
Огарь <i>Tadorna ferruginea</i> Gmelin	7,5	0,4
Пеганка <i>Tadorna tadorna</i> L.	15,4	0,7
Итого земляных уток / Total earth ducks	22,9	1,1
Кряква <i>Anas platyrhynchos</i> L.	359,0	16,9
Серая утка <i>Anas strepera</i> L.	11,0	0,5
Чирок-трескунок <i>Spatula querquedula</i> L.	152,0	7,2
Итого речных уток / Total river ducks	522,0	24,6
Красноносый нырок <i>Netta rufina</i> P.	86,5	4,1
Красноголовая чернеть <i>Aythya ferina</i> L.	98,0	4,6
Итого нырковых уток / Total diving ducks	184,5	8,7
Итого гусеобразных / Total Anseriformes	847,2	39,9
Лысуха <i>Fulica atra</i> L.	1277,5	60,1
Итого лысух / Total coots	1277,5	60,1
ВСЕГО / TOTAL	2124,7	100

На территории Дагестана выделено и включено в инвентаризационный список 22 наиболее важных и достаточно хорошо изученных водно-болотных угодья, которые соответствуют критериям Рамсарской конвенции [26]. 16 из них расположены в пределах Терско-Кумской низменности и южной части Каспийского побережья: «Нижне-кумские разливы» (Дагестан и Калмыкия), «Кизлярский залив» (Дагестан и Калмыкия), «Солёные озёра Большой и Малый Маныч», «Каракольские озёра», «Ачикольские (Нижнетерские) озёра», «Аграханский залив и дельта реки Терек», «Озеро Южный Аграхан», «Водохранилище Мехтеб», «Сулакская бухта», «Озеро Шайтан-Казак», «Бакаские болота», «Сулакская лагуна», «Темиргойские озёра», «Озера Турали», «Озеро Аджи», «Дельта реки Самур».



Меридиональная ориентация лагун вдоль западного побережья Каспия изначально предопределила наличие в этом районе весьма оживленной миграционно-кочевой динамики, прослеживающейся на протяжении 10-10.5 месяцев в году, что, вы принципе, характерно и для других районов дагестанского Прикаспия [23; 24].

Только за осенний сезон вдоль западного побережья Каспия (и, соответственно, через лагуны), пролетает не менее 6-7 млн. водных и околоводных птиц, из которых 56 % приходится на долю гусиных [27]. В этой связи, по мнению А.В. Михеева [24], западное побережье Каспия (включая лагуны) можно расценивать как самый мощный в стране пролетный путь только охотничье-промысловых птиц.

На территории прикаспийской части Республики Дагестан выделяются ряд водно-болотных угодий с наиболее высокой концентрацией околоводной орнитофауны во время сезонных миграций. Водно-болотные угодья озера Аджи (Папас), озера Южный Аграхан, Аграханского залива и дельты реки Терек, Ачикольской системы озер регулярно используются для сезонной охоты на водоплавающую дичь. Озеро Аджи находится примерно на 250 км южнее остальных районов. Такая пространственная разобшенность указанных районов дает возможность отбора проб в разных физико-географических районах Прикаспийского Дагестана. Это важно для обеспечения репрезентативности проб на птичий грипп. Помимо высокой концентрации видового состава, для наших целей, важное значение имела и транспортная доступность районов, т.к. от этого зависит оперативность организации выездов на отбор проб в период охоты.

На территории оз. Аджи и в его окрестностях зарегистрировано 263 вида птиц, из которых 116 видов гнездятся (включая предположительно и вероятно гнездящихся). Основу орнитокомплексов во все сезоны года составляют водоплавающие и околоводные птицы, а также пустынно-степные кампофильные виды прилегающих полупустынь и песков [28]. Ядро сообщества гнездящихся водоплавающих и околоводных птиц оз. Аджи составляют чомга (самый многочисленный гнездящийся вид водоплавающих птиц, в 2005 г. ее численность оценена в 150-200 пар), черношейная поганка, серая (10-15 пар) и рыжая (15-20 пар) цапли, малая выпь, огарь (7-10 пар), пеганка (7-10 пар), серая утка (3050 пар), кряква (до 10 пар), чирок-трескунок (50-70 пар), красноносый нырок (самый многочисленный вид гнездящихся уток, в 2005 г. на озере гнезилось 100-150 пар), белоглазый нырок, болотный лушь (20-25 пар), лысуха (100-120 пар), камышница, малый и морской зуйки, травник, чибис, ходулочник, луговая тиркушка (30-40 пар), белошекая и речная крачки [29].

В период миграций на Южном Аграхане отмечаются скопления более 20 тыс. водно-болотных птиц (доминируют речные утки и лысуха, нередки лебедь-шипун и серый гусь). Во время среднезимних учетов водоплавающих и околоводных птиц в январе 2004 г. здесь учтено 20,7 тыс. ос. не менее 18 видов (больше всего было лысухи – 8 тыс., речных и нырковых уток – 11,6 тыс. и гусей – 0,8 тыс. ос.); в феврале 2005 г. учтено 11,9 тыс. ос. не менее 21 вида (снова доминировали лысуха – 2 тыс. и утки – 8,7 тыс., а также большой баклан – 0,5 тыс. и хохотунья – 0,5 тыс. ос.) [30].

Аграханский залив и дельта реки Терек – во время миграций и в период зимовки здесь скапливается от 30 до 40 тысяч особей водоплавающих и околоводных птиц (в отдельные годы до 300 тыс.). Всего здесь зарегистрировано 287 видов птиц. Орнитофауна заказника включает представителей 19 отрядов, среди которых доминируют воробьинообразные (105 видов), ржанкообразные (59 видов), соколообразные (30 видов), гусеобразные (28 видов), аистообразные (13 видов) и журавлеобразные (12 видов) птицы [31].

Ачикольская система озер. По результатам учетов птиц в 2001-2003 гг. [32], минимальная оценка численности гнездящихся на озерах редких и ценных видов составила (в парах): малая поганка – 60-70, кудрявый пеликан – 12-14 (в 1997 г. здесь гнезилось 30-40), малый баклан – 250-300 (в 1970-82 гг. гнезилось 60-150 пар, в 1988 г. – не более 20), большая выпь – 60-70, желтая цапля – 40-50, египетская цапля – 8-10, большая белая



цапля – 35-40, малая белая цапля – 30-50, серая цапля – 50-60, рыжая цапля – 35-40, колпица – 2-5, каравайка – 20-25, серый гусь – 12-16, лебедь-шипун – 20-25, пеганка – 8-10, огарь – 14-16 (в 1981-82 гг. гнездилось 25-30), кряква – 300-350, серая утка – 20-30, чирок-трескунок – 40-50, широконоска – 80-100, красноносый нырок – 200-250 (в 1980-90-х гг. гнездилось 1200-1300), белоглазый нырок – 120-140 (в 1980-90-х гг. гнездилось до 300), султанка – 30-40 (в 1980-90-х гг. гнездилось 6-10), лысуха – не менее 1 200, морской зуек – 20-25, ходулочник – 80-100, луговая тиркушка – 40-50, степная тиркушка – 10-15.

В ходе регулярных масштабных исследований нами показано, что комплексный эпизоотологический мониторинг среди диких птиц вышеуказанных регионов, с большой вероятностью позволит своевременно выявить вирус гриппа птиц в природных биотопах и отслеживать особенности распространения этой инфекции среди диких птиц околотовского комплекса [7-20].

Особое значение при мониторинге вируса гриппа А представляют отдельные локальные географические регионы, где регулярно наблюдаются эпизоотии гриппа птиц. В настоящий момент особую угрозу для человека и домашних животных представляет вирус гриппа H5N1, H7N9, H5N8 субтипов. Таким образом, для раннего обнаружения заносов высокопатогенного вируса гриппа птиц важнейшее значение имеет постоянный мониторинг на ключевых территориях, в том числе на территории Республики Дагестан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распространение вирусов гриппа птиц в природе неразрывно связано с миграционными перемещениями птиц. В целом, западная часть Прикаспия, благодаря наличию большого числа водоемов, объединяет на своих территориях значительные популяции диких водно-болотных птиц из различных мест, в пределах их миграционных маршрутов. При массовых скоплениях возникают контакты птиц разных видов и популяций, что создает благоприятные условия для распространения различных вирусных и инфекционных заболеваний.

Озеро Аджи (Папас), озеро Южный Аграхан, Аграханский залив и дельта реки Терек, Ачикольская система озер по своему географическому положению, транспортной доступности, видовому разнообразию околотовских и водоплавающих птиц, а также регулярному использованию в качестве сезонных охотничьих водно-болотных угодий могут быть местами репрезентативного сбора материала на предмет зараженности орнитофауны вирусами птичьего гриппа. Эти районы также могут быть модельными для наблюдения за численностью, возрастным составом, физическим состоянием здоровья на пролете и рядом других показателей. Результаты такого мониторинга представляют интерес как основа интегральной оценки состояния популяций многих видов Европейской части России и Западной Сибири для предупреждения возможных угроз и разработки превентивных мер.

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

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Птичий грипп и другие виды зоонозного гриппа. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(avian-and-other-zoonotic\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)) (дата обращения: 08.10.2018)
2. Птичий грипп: оценка угрозы пандемии. Всемирная организация здравоохранения 2005. URL:



- https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68985/WHO_CDS_2005.29_rus.pdf;jsessionid=EE02AFF8C2A44DAFB3066AC8D1AD335F?sequence=2 (дата обращения: 08.10.2018)
3. Кривенко В.Г., Виноградов В.Г. Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц России и проблемы их охраны. М., 2003. URL: <http://biodat.ru/doc/ducks/> (дата обращения: 08.10.2018)
 4. Михеев А.В. Видимый дневной пролет водных и околоводных птиц по западному побережью Каспийского моря. Ставрополь, 1997. 160 с.
 5. Вилков Е.В. Орнитофауна лагунного комплекса Среднего Каспия // Сборник научных статей «Инвентаризация, мониторинг и охрана ключевых орнитологических территорий России». 1999. С. 75-82.
 6. Вилков Е.В. Лагуны Дагестана (Рамсарский проект). Махачкала, 2000. 76 с.
 7. De Marco M.A., Delogu M., Sivay M., Sharshov K., Yurlov A., Cotti C., Shestopalov A. Virological evaluation of avian influenza virus persistence in natural and anthropic ecosystems of Western Siberia (Novosibirsk Region, summer 2012) // PLoS One. 2014. V. 9. Iss. 6. e100859. Doi: 10.1371/journal.pone.0100859
 8. Sharshov K., Sivay M., Liu D., Pantin-Jackwood M., Marchenko V., Durymanov A., Alekseev A., Damdindorj T., Gao G.F., Swayne D.E., Shestopalov A. Molecular characterization and phylogenetics of a reassortant H13N8 influenza virus isolated from gulls in Mongolia // Virus Genes. 2014. V. 49. Iss. 2. P. 237-49. Doi: 10.1007/s11262-014-1083-7
 9. Sivay M.V., Baranovich T., Marchenko V.Y., Sharshov K.A., Govorkova E.A., Shestopalov A.M., Webby R.J. Influenza A (H15N4) Virus Isolation in Western Siberia, Russia // J Virol. 2013. V. 87. Iss. 6. P. 3578-3582. doi: 10.1128/JVI.02521-12
 10. Sivay M.V., Sharshov K.A., Pantin-Jackwood M., Muzyka V.V., Shestopalov A.M. Avian Influenza Virus with Hemagglutinin-Neuraminidase Combination H8N8, Isolated in Russia // Genome Announc. 2014. V. 2. Iss. 3. e00545-14. doi: 10.1128/genomeA.00545-14
 11. Marchenko V.Y., Alekseev A.Y., Sharshov K.A., Petrov V.N., Silko N.Y., Susloparov I.M., Tserennorov D., Otgonbaatar D., Savchenko I.A., Shestopalov A.M. Ecology of Influenza Virus in Wild Bird Populations in Central Asia // Avian Diseases. 2012. V. 56. N 1. P. 234-237. Doi: 10.1637/9834-061611-ResNote.1
 12. Марченко В.Ю., Шаршов К.А., Силко Н.Ю., Суслопаров И.М., Дурыманов А.Г., Зайковская А.В., Алексеев А.Ю., Смоловская О.В., Стефаненко А.П., Малкова Е.М., Шестопалов А.М. Характеристика вируса гриппа субтипа H5N1, выделенного во время вспышки среди диких птиц в России (Республика Тува) в 2010 г. // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2011. N 4. С. 36-40.
 13. Марченко В.Ю., Шаршов К.А., Шестопалов А.М. Экология вируса гриппа в популяциях диких птиц Центральной Азии // Бюллетень Восточно-Сибирского Научного Центра СО РАМН. 2012. Т. 87. N 5-1. С. 271-275.
 14. Сайфутдинова С.Г., Шаршов К.А., Герасимов Ю.Н., Шестопалов А.М. Экология вируса гриппа у чаек Дальнего Востока России // Бюллетень Восточно-Сибирского Научного Центра СО РАМН. 2012. Т. 87. N 5-1. С. 316-318.
 15. Сивай М.В., Юрлов А.К., Друзяка А.В., Шаршов К.А., Шестопалов А.М. Уникальные варианты вируса гриппа юга Западной Сибири // Бюллетень Восточно-Сибирского Научного Центра СО РАМН. 2012. Т. 87. N 5-1. С. 319-322.
 16. Шаршов К.А., Дурыманов А.Г., Романовская А.А., Зайковская А.В., Марченко В.Ю., Силко Н.Ю., Ильиных Ф.А., Суслопаров И.М., Алексеев А.Ю., Шестопалов А.М. Молекулярно-биологические и антигенные особенности штаммов высокопатогенного вируса гриппа H5N1-субтипа, выделенных на юге Сибири в 2005-2009 гг. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2011. Т. 80. N 5. С. 40-43.



17. Шаршов К.А., Марченко В.Ю., Юрлов А.К., Шестопапов А.М. Экология и эволюция высокопатогенного вируса гриппа H5N1 в России (2005-2012 гг.) // Бюллетень Восточно-Сибирского Научного Центра СО РАМН. 2012. Т. 87. N 5-1. С. 393-396.
18. Донченко А.С., Юшков Ю.Г., Сивай М.В., Шаршов К.А., Шестопапов А.М., Гуляева М.А. Генотипирование вирусов гриппа А, выделенных от диких птиц на юге Западной Сибири в 2011г. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. N 6. С. 84-89.
19. Прокудин А.В., Лайшев К.А., Шаршов К.А., Дурыманов А.Г., Шестопапов А.М. Вирус гриппа А: серологические исследования желтков яиц диких птиц полуострова Таймыр в 2007-2012 гг. // Достижения науки и техники АПК. 2013. N 11. С. 48-50.
20. Шаршов К.А., Сивай М.В., Марченко В.Ю., Алексеев А.Ю., Лайсинг Ли, Шестопапов А.М., Шкурупий В.А. Оценка патогенного потенциала вируса гриппа А/H13N8, выделенного от серебристой чайки (*Larus argentatus*) // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. 2014. Т. 12. N 2. С. 5-11.
21. Вилков Е.В. Особенности экологии и авифауны лагун Дагестана – как важных рефугиумов Биоразнообразия, остро нуждающихся в охране // Труды Третьей Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа». Нальчик, 2004. С. 83-11.
22. Карри-Линдал К. Птицы над сушей и морем. М.: Мысль, 1984. 203 с.
23. Лебедева Е.А. Сезонная динамика фауны и населения птиц в южных районах интенсивных миграций. Диссертация на соискание ученой степени к.б.н.. ПГУ: М., 1994. 320 с.
24. Михеев А.В. Видимый дневной пролет водных и околотовных птиц по западному побережью Каспийского моря. Ставрополь, 1997. 160 с.
25. Водные ресурсы Дагестана: состояние и проблемы / Отв. ред. И.М. Сайпулаев, Э.М. Эльдаров. Махачкала, 1996. 180 с.
26. Рамсарская конвенция. URL: www.ramsar.org (дата обращения: 12.11.2018).
27. Вилков Е.В. Специфика миграций птиц в районе лагун западного побережья Среднего Каспия // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12. N 29. С. 63-76.
28. Баник М.В., Джамирозев Г.С., Атемасов А.А., Гончаров Г.Л. Гнездящиеся водоплавающие и околотовные птицы озера Аджи (Дагестан) // Русский орнитологический журнал. 2014. Т. 23. N 1044. С. 2773-2775.
29. Озеро Аджи. Краткая информация о водно-болотном угодье. URL: <http://www.fesk.ru/wetlands/353.html> (дата обращения: 12.11.2018)
30. Озеро Южный Аграхан. Краткая информация о водно-болотном угодье. URL: <http://www.fesk.ru/wetlands/361.html> (дата обращения: 12.11.2018)
31. Джамирозев Г. С., Букреев С. А. Значение федеральных заказников Дагестана в сохранении орнитофауны и редких видов птиц // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. Т. 11. N 4. С. 43-51.
32. Джамирозев Г.С., Магомедов Г.М., Пишванов Ю.В., Прилуцкая Л.И. Птицы заповедника «Дагестанский». Махачкала, 2004. 94 с.

REFERENCES

1. *Ptichii gripp i drugie vidy zoonoznogo grippa* [Avian influenza and other zoonotic influenza]. Available at: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(avian-and-other-zoonotic\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)) (accessed 08.10.2018)
2. *Ptichii gripp: otsenka ugrozy pandemii. Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya* [Avian influenza: an assessment of the threat of a pandemic. World Health Organization]. 2005 Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68985/WHO_CDS_2005.29_rus.pdf;jsessionid=EE02AFF8C2A44DAFB3066AC8D1AD335F?sequence=2 (accessed 08.10.2018)



3. Krivenko V.G., Vinogradov V.G. *Sovremennoe sostoyanie resursov vodoplavayushchikh ptits Rossii i problemy ikh okhrany* [The current state of the resources of waterfowl of Russia and the problems of their protection]. Moscow, 2003. (In Russian) Available at: <http://biodat.ru/doc/ducks/> (accessed 08.10.2018)
4. Mikheev A.V. *Vidimyi dnevnoi prolet vodnykh i okolovodnykh ptits po zapadnomu poberezh'yu Kaspiiskogo morya* [Visible day flight of water and near-water birds along the western coast of the Caspian Sea]. Stavropol', 1997, 160 p. (In Russian)
5. Vilkov E.V. Ornithofauna of the lagoon complex of the Middle Caspian. In: *Sbornik nauchnykh statei «Inventarizatsiya, monitoring i okhrana klyuchevykh ornitologicheskikh territorii Rossii»* [Collection of scientific articles "Inventory, monitoring and protection of key ornithological territories of Russia"]. 1999, pp. 75-82. (In Russian)
6. Vilkov E.V. *Laguny Dagestana (Ramsarskii proekt)* [Lagoons of Dagestan (Ramsar Project)]. Makhachkala, 2000, 76 p. (In Russian)
7. De Marco M.A., Delogu M., Sivay M., Sharshov K., Yurlov A., Cotti C., Shestopalov A. Virological evaluation of avian influenza virus persistence in natural and anthropic ecosystems of Western Siberia (Novosibirsk Region, summer 2012). *PLoS One*, 2014, vol. 9, iss. 6. e100859. doi: 10.1371/journal.pone.0100859
8. Sharshov K., Sivay M., Liu D., Pantin-Jackwood M., Marchenko V., Durymanov A., Alekseev A., Damdindorj T., Gao G.F., Swayne D.E., Shestopalov A. Molecular characterization and phylogenetics of a reassortant H13N8 influenza virus isolated from gulls in Mongolia. *Virus Genes*, 2014, vol. 49, iss. 2, pp. 237-49. Doi: 10.1007/s11262-014-1083-7
9. Sivay M.V., Baranovich T., Marchenko V.Y., Sharshov K.A., Govorkova E.A., Shestopalov A.M., Webby R.J. Influenza A (H15N4) Virus Isolation in Western Siberia, Russia. *J Virol*, 2013, vol. 87, iss. 6, pp. 3578-3582. doi: 10.1128/JVI.02521-12
10. Sivay M.V., Sharshov K.A., Pantin-Jackwood M., Muzyka V.V., Shestopalov A.M. Avian Influenza Virus with Hemagglutinin-Neuraminidase Combination H8N8, Isolated in Russia. *Genome Announc*, 2014, vol. 2, iss. 3, e00545-14. doi: 10.1128/genomeA.00545-14
11. Marchenko V.Y., Alekseev A.Y., Sharshov K.A., Petrov V.N., Silko N.Y., Susloparov I.M., Tserennorov D., Otgonbaatar D., Savchenko I.A., Shestopalov A.M. Ecology of Influenza Virus in Wild Bird Populations in Central Asia. *Avian Diseases*, 2012, vol. 56, no. 1, pp. 234-237. Doi: 10.1637/9834-061611-ResNote.1
12. Marchenko V.Y., Sharshov K.A., Silko N.Y., Susloparov I.M., Durymanov A.G., Zaykovskaya A.V., Alekseev A.Y., Malkova E.M., Shestopalova A.M., Smolovskaya O.V., Stefanenko A.P. Characterization of the H5N1 influenza virus isolated during an outbreak among wild birds in Russia (Tuva Republic) in 2010. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2011, vol. 26, no. 4, pp. 186-190.
13. Marchenko V.Yu., Sharshov K.A., Shestopalov A.M. Ecology of influenza virus in wild bird populations in Central Asia. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra SO RAMN* [Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012, vol. 87, no. 5-1, pp. 271-275. (In Russian)
14. Sayfutdinova S.G., Sharshov K.A., Gerasimov Yu.N., Shestopalov A.M. Ecology of influenza A viruses, isolated from gulls of the Russian Far East. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra SO RAMN* [Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012, vol. 87, no. 5-1, pp. 316-318. (In Russian)
15. Sivay M.V., Yurlov A.K., Druzyaka A.V., Sharshov K.A., Shestopalov A.M. Rare influenza virus subtypes isolated from birds of the South of Western Siberia. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra SO RAMN* [Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the



- Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012, vol. 87, no. 5-1, pp. 319-322. (In Russian)
16. Sharshov K.A., Durymanov A.G., Romanovskaia A.A., Zaikovskaia A.V., Marchenko V.Yu., Silko N.Yu., Ilinykh F.A., Susloparov I.M., Alekseev A.Yu., Shestopalov A.M. Molecular-biological and antigenic features of H5N1 subtype highly pathogenic influenza virus strains isolated in southern Siberia in 2005-2009. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Zhurnal Mikrobiol Epidemiol Immunobiol]. 2011, no. 5. pp. 40-43. (In Russian)
17. Sharshov K.A., Marchenko V.Yu., Yurlov A.K., Shestopalov A.M. Ecology and evolution of highly pathogenic avian influenza H5N1 in Russia (2005-2012). *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra SO RAMN* [Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012, vol. 87, no. 5-1, pp. 393-396. (In Russian)
18. Donchenko A.S., Yushkov Yu.G., Sivay M.V., Sharshov K.A., Shestopalov A.M., Gulyaeva M.A. Genotyping of influenza A viruses isolated from wild birds in the South of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science]. 2012, no. 6, pp. 84-89. (In Russian)
19. Prokudin A.V., Laishev K.A., Sharshov K.A., Durymanov A.G., Shestopalov A.M. The influenza A virus: serological studies of egg yolk wild birds of the Taimyr peninsula in 2007-2012. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2013, no. 11, pp. 48-50. (In Russian)
20. Sharshov K.A., Sivay M.V., Marchenko V. Yu., Alekseev A. Yu., Laixing Li, Shestopalov A.M., Shkurupiy V.A. Pathogenic potential assessment of Avian H13N8 influenza virus, isolated from herring gull (*Larus argentatus*). *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina* [Bulletin of the Novosibirsk State University. Series: Biology, Clinical Medicine]. 2014, vol. 12, no. 2, pp. 5-11. (In Russia)
21. Vilkov E.V. Peculiarities of the ecology and avifauna of the lagoon of Dagestan - as important refugiums of biodiversity, in urgent need of protection. In: *Trudy Tret'ei Mezhdunarodnoi konferentsii «Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza»* [Proceedings of the Third International Conference "Biological Diversity of the Caucasus"]. Nal'chik, 2004, pp. 83-11. (In Russian)
22. Karri-Lindal K. *Ptitsy nad sushei i morem* [Birds over land and sea]. Moscow, Mysl' Publ., 1984, 203 p. (In Russian)
23. Lebedeva E.A. *Sezonnaya dinamika fauny i naseleniya ptits v yuzhnykh raionakh intensivnykh migratsii*. Diss. kand. bio. nauk. [Seasonal dynamics of the fauna and bird population in the southern areas of intensive migration. PhD Diss.]. Moscow, PSU Publ., 1994, 320 p. (In Russian)
24. Mikheev A.V. *Vidimyi dnevnoi prolet vodnykh i okolovodnykh ptits po zapadnomu poberezh'yu Kaspiiskogo moraya* [Visible day flight of water and near-water birds along the western coast of the Caspian Sea]. Stavropol', 1997, 160 p. (In Russian)
25. Saipulaev I.M., El'darov E.M., eds. *Vodnye resursy Dagestana: sostoyanie i problemy* [Water resources of Dagestan: state and problems]. Makhachkala, 1996, 180 p. (In Russian)
26. *Ramsarskaya konventsiya* [Ramsar Convention]. (In Russian) Available at: www.ramsar.org (accessed 12.11.2018)
27. Vilkov E.V. Specificity of bird's migration in the lagoon area on the western coast of the middle Caspian Sea. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems]. 2006, vol. 12, no. 29, pp. 63-76. (In Russian)
28. Banik M.V., Dzhamirzoev G.S., Atemasov A.A., Goncharov G.L. Nesting waterfowl and near-water birds of Lake Adji (Dagestan). *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [The Russian Journal of Ornithology]. 2014, vol. 23, no. 1044, pp. 2773-2775. (In Russian)



29. Ozero Adzhi. *Kratkaya informatsiya o vodno-bolotnom ugod'e* [Lake Adji. Brief information about the wetland]. (In Russian) Available at: <http://www.fesk.ru/wetlands/353.html> (accessed 12.11.2018)
30. Ozero Yuzhnyi Agrakhan. *Kratkaya informatsiya o vodno-bolotnom ugod'e* [Lake South Agrakhan. Brief information about the wetland]. (In Russian) Available at: <http://www.fesk.ru/wetlands/361.html> (accessed 12.11.2018)
31. Dzhamirzoev G.S., Bukreev S.A. The Value of Dagestan Federal Reserves in the Species Diversity and Conservation of Avifauna. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences]. 2017, vol. 11, no. 4, pp. 43-51. (In Russian)
32. Dzhamirzoev G.S., Magomedov G.M., Pishvanov Yu.V., Prilutskaya L.I. *Ptitsy zapovednika «Dagestanskii»* [Birds of the reserve "Dagestan"]. Makhachkala, 2004, 94 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Александр Ю. Алексеев, кандидат биологических наук, руководитель лаборатории разработки и испытания фармакологических средств, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, г. Новосибирск, Россия.

Татьяна А. Мурашкина, младший научный сотрудник лаборатории разработки и испытания фармакологических средств, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, г. Новосибирск, Россия.

Джалалутдин М. Джамалутдинов, аспирант кафедры биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия.

Хабибула А. Ахмедрабаданов, кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии, ветсанэкспертизы, акушерства и хирургии, Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, г. Махачкала, Россия.

Кирилл А. Шаршов*, кандидат биологических наук, руководитель лаборатории моделирования и мониторинга инфекционных процессов, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, ул. Тимакова, 2, г. Новосибирск, Россия, тел. +7(383)335-94-05, e-mail: sharshov@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Alexander Yu. Alekseev, Ph.D. in Biology, Head of the Laboratory for the Development and Testing of Pharmacological Agents, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia.

Tatyana A. Murashkina, Junior Researcher of the Laboratory for the Development and Testing of Pharmacological Agents, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia.

Jalalutdin M. Jamalutdinov, PhD student of the Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

Khabibula A. Akhmedrabadanov, Ph.D. in Biology, Associate Professor of the Department of Parasitology, veterinary sanitary exam, obstetrics and surgery, Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia.

Kirill A. Sharshov*, Ph.D. in Biology, Head of the Laboratory for Modeling and Monitoring Infectious Diseases, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, 630117, Timakova str., 2, Novosibirsk, Russia. Phone: +7(383)335-94-05, e-mail: sharshov@yandex.ru



Критерии авторства

Все авторы участвовали в написании статьи, и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 01.12.2018

Принята в печать 14.01.2019

Contribution

All authors participated in writing the article and are equally responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issue.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

Received 01.12.2018

Accepted for publication 14.01.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК 57.08:[591.133.3:597]

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-150-158

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СПЕКТРОВ РЫБ

¹Елена В. Дзюба, ¹Илья Г. Кондратов, ¹Сергей В. Кирильчик,

¹Игорь В. Ханаев, ¹Наталья Н. Деникина*, ¹Иван А. Небесных,

¹Бахтияр Э. Богданов, ²Владимир А. Полюнов, ¹Нина В. Кулакова

¹Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук,
Иркутск, Россия, denikina@lin.irk.ru

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Резюме. Целью являлась апробация молекулярно-генетических методов анализа содержимого желудков рыб на примере малоглазой широколобки *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906. **Методы.** Сбор проб осуществляли с борта научно-исследовательского судна «Г.Ю. Верещагин» в августе 2017 г. в северной котловине озера Байкал. Для исследования питания рыб проводили отработку выделения ДНК и подбор условий проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР). Фрагмент гена CO1 амплифицировали из суммарной ДНК, выделенной из содержимого желудков рыб. Состав кормовых организмов исследовали на основании анализа нуклеотидных последовательностей, клонированных в плазмидный вектор pJET. **Результаты.** В составе пищи рыб детектирован один вид амфипод наиболее близкий к *Odontogammarus calcaratus* Dybowsky, 1874. Кроме этого, в исследованных образцах обнаружены последовательности рогатковидных рыб. До настоящего времени сведения о наличии рыб в пищевом спектре этого вида отсутствовали. **Выводы.** Основной проблемой использования молекулярно-генетических методов в исследовании пищевых спектров рыб является недостаточная представленность ваучерных последовательностей гена CO1 байкальских организмов в базах данных генетической информации. Несмотря на перспективность использования анализа гена CO1 для изучения спектров питания рыб, разрешающая способность этого гена не позволяет проводить дифференциацию между особями одного вида.

Ключевые слова: молекулярно-генетические методы, CO1, содержимое желудков, пищевые спектры, *Abyssocottus korotneffi*, озеро Байкал.

Формат цитирования: Дзюба Е.В., Кондратов И.Г., Кирильчик С.В., Ханаев И.В., Деникина Н.Н., Небесных И.А., Богданов Б.Э., Полюнов В.А., Кулакова Н.В. Проблемы использования молекулярно-генетических методов для исследования пищевых спектров рыб // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.150-158. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-150-158

PROBLEMS OF USING MOLECULAR-GENETIC METHODS FOR THE STUDY OF FISH FEEDING

¹Elena V. Dzyuba, ¹Ilya G. Kondratov, ¹Sergei V. Kirilchik, ¹Igor V. Khanaev,

¹Natalia N. Denikina*, ¹Ivan A. Nebesnykh, ¹Bakhtiar E. Bogdanov,

²Vladimir A. Polynov, ¹Nina V. Kulakova



¹*Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russia, denikina@lin.irk.ru*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

Abstract. The *aim* of the study was an approbation of molecular-genetic methods for an analysis of contents of fish stomachs of *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906, as an example. **Methods.** Sampling carried out at the board of the research vessel «G.Yu. Vereshchagin» in August 2017 in the northern basin of Lake Baikal. To study a fish feeding, testing of a DNA extraction methods and PCR conditions was performed. A fragments of the CO1 gene were amplified from total DNA isolated from the contents of the fish stomachs. The composition of food was studied based on the analysis of nucleotide sequences cloned into the plasmid pJET vector. **Results.** One species of amphipods closest to *Odontogammarus calculator* Dybowsky, 1874 was detected in fish food. In addition, sequences of cottoid fish were found in the studied samples. To date, information about a presence of fish in the food spectrum of this species was absent. **Conclusions.** The main problem of using molecular-genetic methods in studies of fish food spectrum is not enough number of data of voucher sequences of the CO1 gene of Baikal organisms in the genetic databases. Despite on advantages of analysis of the CO1 gene in studies of fish food feeding, this approach does not allow to distinguish between organisms of the same species.

Keywords: molecular genetic methods, CO1, contents of the stomachs, fish feeding, *Abyssocottus korotneffi*, Lake Baikal.

For citation: Dzyuba E.V., Kondratov I.G., Kirilchik S.V., Khanaev I.V., Denikina N.N., Nebesnykh I.A., Bogdanov B.E., Polynov V.A., Kulakova N.V. Problems of using molecular-genetic methods for the study of fish feeding. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 150-158. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-150-158

ВВЕДЕНИЕ

Анализ содержимого желудков является необходимой частью исследований, посвященных вопросам экологии рыб. Несмотря на большое разнообразие существующих подходов и методов исследования питания рыб, они продолжают активно развиваться и совершенствоваться [1-3]. Молекулярно-генетические методы исследования содержимого желудков успешно применяются для идентификации кормовых объектов рыб [4-6], в том числе и байкальских [7]. Использование этого инструмента особенно актуально при анализе сильно переваренных кормовых объектов, икры рыб, коконов беспозвоночных животных и др. Преимущество молекулярно-генетического подхода заключается в анализе коротких фрагментов ДНК, присутствующих в содержимом желудочно-кишечного тракта рыб, даже при отсутствии материала, пригодного для идентификации по морфологическим признакам. Питание представителя байкальского эндемичного семейства *Abyssocottidae* – малоглазой широколобки *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906 (рис. 1) до настоящего времени остается малоизученным [8; 9].

Малоглазая широколобка распространена по всему Байкалу, однако является малочисленным видом [8]. Кроме этого, определенные сложности в исследовании питания этого вида вызваны тем, что при подъеме рыб с больших глубин у них часто происходит выбрасывание пищи из желудка, а у рыб, в желудках которых она сохраняется, затруднена идентификация кормовых объектов из-за её сильной переваренности. В связи с этим использование молекулярно-генетических методов исследования питания рыб позволит существенно расширить наши знания об их экологии и трофических предпочтениях.



Рис.1. Малоглазая широколобка *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906
Fig.1. *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906

Целью исследования являлась апробация молекулярно-генетических методов анализа содержимого желудков рыб на примере малоглазой широколобки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отлов рыб осуществляли салазочным бим-тралом с борта научно-исследовательского судна «Г.Ю. Верещагин» 3 августа 2017 г. в северной котловине озера Байкал, южнее бухты Сосновка, напротив мыса Разбор, с глубин 560-620 м. Из пяти отловленных особей длиной от 112 до 115 мм, только у двух желудки содержали пищу. Непосредственно после отлова рыб отбирали содержимое желудков. Отбор проб проводили в стерильных условиях, необходимых для молекулярно-генетического анализа пищевого спектра рыб. Для сравнения целевых последовательностей ДНК исследуемых особей и рыб – предположительных кормовых объектов, у всех пяти экземпляров были взяты образцы головного мозга.

Отбор проб и выделение ДНК. К содержимому желудков рыб добавляли равный объем стерильной деионизированной воды и тщательно суспендировали. Образцы головного мозга использовали для выделения ДНК без дополнительной обработки. Суммарную ДНК выделяли с применением коммерческого набора ДНК-сорб В (ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва) согласно протоколу производителя. ДНК растворяли в ТЕ буфере. Оценку качества выделенной ДНК проводили с помощью электрофореза в геле 1% агарозы. Количество ДНК измеряли с помощью спектрофотометра NanoVue (GE Healthcare).

Определение и анализ нуклеотидных последовательностей. Для отработки ПЦР использовали две пары праймеров, амплифицирующих фрагменты гена CO1 митохондриальной ДНК. К универсальному праймеру LCO1490 5'-ggcacaacatacagaatattgg [10] разработали и синтезировали обратный праймер CO1r200 5'-cartnccraahcchccratyatt для амплификации более короткого фрагмента CO1 длиной 200 нуклеотидов для широкого спектра таксонов. Праймеры mlCO1intF 5'-ggwacwggwtgaacwgtwtayccysc [11] и jgHCO2198R 5'-taiacytciggrtgicccraaraayca [12] инициировали синтез ампликона длиной 313 нуклеотидов. ПЦР проводили в 15 мкл реакционной смеси, содержащей 1U Tersus полимеразы (ЗАО Евrogen), 1 х ПЦР буфер, 2 mM MgCl₂, 0,2 mM каждого dNTP, 10 pmol прямого и обратного праймеров и 20-40 нг ДНК. ПЦР проводили на амплификаторе BioRadT100. Режим амплификации: денатурация – 95°C (3 мин); циклирование – 95°C (30 сек), 63-45°C (30 сек), с понижением температуры отжига на 1°C за каждый цикл, 72°C (40 сек), 18 циклов; 95°C (30 сек), 45°C (30 сек), 72°C (40 сек), 10 циклов; 72°C – 10 мин. Каждый образец амплифицировали в 3-х повторностях, ампликоны объединяли для анализа. Амплифицированные фрагменты визуализировали при освещении УФ светом окрашенного бромистым этидием геля 1% агарозы после проведения горизонтального электрофореза. Ампликоны вырезали из геля, очищали с помощью замораживания и центрифугирования при 10000 об/мин. по 20 минут и клонировали в плазмидном векторе pJET 1.2 (Fermentas). Клоны анализировали в ПЦР с помощью универсальных праймеров: 5'-cgactcactatagggagagcggc и 5'-aagaacatcgattttccatggcag. Нуклеотидные последовательно-



сти полученных фрагментов ДНК ожидаемой длины определяли прямым секвенированием с помощью набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit на генетическом анализаторе 3500 Genetic Analyzer (Thermo Fisher Scientific) по протоколу производителя. Полученные последовательности фрагмента гена CO1 анализировали путем поиска ближайших гомологов в программе Blast (NCBI). Выбор филогенетической модели проводили с использованием программы jmodeltest 3.7, построение филогенетического дерева амфипод проводили с помощью алгоритма максимального правдоподобия (ML), модель T92 + G, в программе MEGAX с 1000 бутстреп-реплик.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ДНК, выделенной из содержимого желудков рыб, показал, что размер фрагментов ДНК составляет 150-350 нуклеотидов. ДНК большего размера, до 600 нуклеотидов, представлена в следовых количествах. Выявленная деградация характерна для ДНК, выделенной из желудочно-кишечного тракта, и соответствовала ожидаемым результатам. Исходя из полученного размера фрагментов ДНК, для отработки ПЦР использовали две пары праймеров, амплифицирующих фрагменты гена CO1. При их сравнении для анализа ДНК из содержимого желудков рыб и из головного мозга рыбы-хозяина, пара праймеров LCO1490/ CO1r200 более эффективно срабатывала с ДНК рыбы-хозяина и не была использована в дальнейшем анализе.

С помощью пары праймеров mlCO1intF/jgHCO2198R были успешно амплифицированы фрагменты гена CO1 размером около 320 п.н. В результате молекулярно-генетического анализа содержимого желудков малоглазой широколобки получено 47 нуклеотидных последовательностей гена CO1, принадлежащих амфиподам (13) и рыбам (34). Последовательности амфипод были обнаружены в желудках обеих рыб. Поиск ближайших гомологов в базе данных нуклеотидных последовательностей GenBank (NCBI) показал отдаленное родство (85% нуклеотидного сходства) с *Odontogammarus calcaratus* (FJ756341). Все полученные последовательности ДНК амфипод были близкородственными, доля нуклеотидных различий варьировала от 0 до 1%. Учитывая генетические дистанции по гену CO1 между другими видами амфипод [13], последовательности из желудков рыб принадлежат одному виду амфипод. Результаты анализа филогенетических взаимоотношений указывают на значительную вероятность принадлежности детектированных амфипод к роду *Odontogammarus* (рис. 2). Отсутствие последовательностей близкородственных организмов в базах данных не позволяет провести более точную видовую идентификацию, что свидетельствует о недостаточной изученности фауны оз. Байкал с позиций молекулярной генетики.

Питание малоглазой широколобки до настоящего времени остается малоизученным [8; 9]. В работе Д.Н. Талиева [8] представлены результаты исследования содержимого желудков трех экземпляров малоглазой широколобки, пойманных на глубине 1000 м в районе пос. Листвничное. Отмечены сильная переваренность кормовых объектов (амфипод) и наличие одного вида – *Macropereiopos flori* Dybowsky, 1874. В 1990 г. были опубликованы результаты исследования состава пищи 24 экз. малоглазой широколобки и показано, что содержимое желудков рыб включало в себя детрит и пять видов нектобентических амфипод: *Paragarjajewia petersii* Dybowsky, 1874, *Sentogammarus zienkowiezi* Dybowsky, 1874 (= *Plesiogammarus zienkowiezi*), *Garjaewia cabanisii* Dybowsky, 1874, *Brachyuropus grewingkii* Dybowsky, 1874 (= *Acanthogammarus grewingki*) и *Odontogammarus margaritaceus* Dybowsky, 1874 [9]. Таким образом, амфиподы рода *Odontogammarus* ранее отмечались в пищевом спектре малоглазой широколобки [9]. Однако, поскольку данные о нуклеотидных последовательностях этого рода амфипод в международных базах представлены только для *O. calcaratus*, мы не можем утверждать, что детектированные в нашем исследовании последовательности принадлежат именно этому виду.

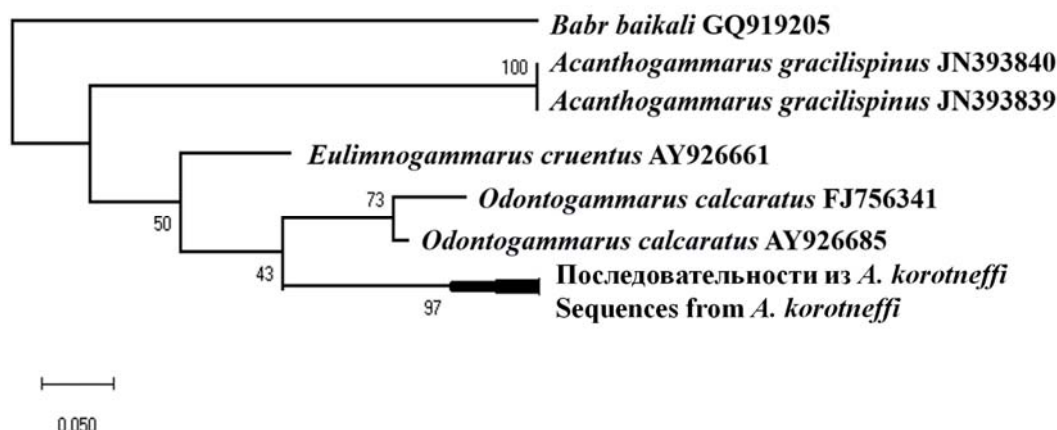


Рис.2. Филогенетическое древо на основании анализа нуклеотидных последовательностей фрагмента гена CO1 амфипод длиной 184 п.н., полученных из содержимого желудков. Шкала показывает количество нуклеотидных замен на сайт

Fig.2. The phylogenetic tree is based on the analysis of the CO1 gene sequences derived from fish stomachs. The length of analysed fragment was 184 nucleotides. The scale below the figure indicate the number of nucleotide substitutions per site

Сведения о наличии рыб в пищевом спектре малоглазой широколобки до настоящего времени отсутствовали. В результате проведенных нами исследований в содержимом желудков, кроме последовательностей амфипод, детектированы последовательности рогатковидных рыб. Ранее на основании формы зубов было сделано предположение о том, что малоглазая широколобка является довольно хищной формой [8]. Кроме этого, было отмечено, что основу рыбного рациона абиссальных видов составляют голомянки и донные Abyssocottidae, преимущественно рода *Limnocottus* [9]. Случаи каннибализма часто отмечаются у пресноводных рыб [14; 15]. Для проверки предположения о каннибализме малоглазой широколобки было проведено сравнение полученных из желудков последовательностей с последовательностями клонов ДНК головного мозга рыб. Выяснилось, что фрагмент CO1 ДНК, выделенной из кишечника (ДНКк), идентичен нуклеотидным последовательностям хозяина. Таким образом, несмотря на перспективность использования анализа гена CO1 для изучения спектров питания рыб, разрешающая способность этого гена не позволяет проводить дифференциацию между особями одного вида.

ВЫВОДЫ

Определение спектра питания рыб осуществляется при сравнительном анализе нуклеотидных последовательностей с имеющимися последовательностями в генетических базах данных, например в GenBank (NCBI). Такой подход позволяет не только определить спектр питания рыб в целом, но и получить данные о видовой и популяционной принадлежности кормовых организмов. В связи с необходимостью аннотировать нуклеотидные последовательности к имеющимся в базах данных, существенным является выбор молекулярного маркера. Для разных групп организмов представленность наиболее исследованных генных регионов – 18SpДНК, ITS2, CO1 и др. в базах данных генетической информации различается. Кроме того, недостаточная разрешающая способность маркера (в ряде случаев ген 18SpPHK) также может ограничивать его применение. Анализ исследований с использованием различных маркеров показал, что ген CO1 может быть успешно применен для скрининга спектра питания рыб, кроме того для этого гена разработаны универсальные праймеры, в том числе адаптированные для платформ секвенирования



нового поколения, позволяющие амплифицировать широкий спектр организмов. Для применения молекулярной идентификации при анализе питания важным является тот факт, что анализируемая ДНК подвержена сильной деградации в желудочно-кишечном тракте, кроме того, велика вероятность амплификации ДНК рыбы-хозяина, что требует отработки методик и подбора условий для проведения анализа. Таким образом, несмотря на успешное использование молекулярного анализа для исследования питания малоизученных животных, эффективность этого метода для байкальских глубоководных рыб требовала дополнительной оценки. Анализ питания малоглазой широколобкой показал возможность использования молекулярно-генетической идентификации последовательностей фрагмента гена CO1 в содержимом желудков рыб для исследования их пищевых спектров. В составе пищевого кома рыб детектированы последовательности амфипод рода *Odontogammarus* и рогатковидных рыб. Установлено, что основной проблемой использования молекулярно-генетических методов в исследовании пищевых спектров рыб является недостаточная представленность ваучерных последовательностей гена CO1 байкальских организмов в базах данных генетической информации. Широко распространенный каннибализм среди рыб также представляет серьезные затруднения в использовании фрагментов ДНК традиционных для баркодирования видов. Таким образом, анализ спектров питания рыб молекулярно-генетическими методами должен включать в себя традиционное определение кормовых объектов с использованием микроскопии.

Благодарность: Работа выполнена в рамках государственного задания (темы № 0345–2019–0004 и № 0345–2019–0002).

Acknowledgment: This research was supported by the State Projects (No. 0345–2019–0004, 0345–2019–0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решетников Ю.С., Попова О.А. О методиках полевых ихтиологических исследований и точности полученных результатов // Труды ВНИРО: Водные биологические ресурсы. 2015. Т. 156. С. 114–131.
2. Saikia S.K. On the methodology of feeding ecology in fish // European Journal of Ecology. 2016. V. 2. Iss. 1. P. 35–46. Doi: 10.1515/eje-2016-0004
3. Buckland A., Baker R., Loneragan N., Sheaves M. Standardising fish stomach content analysis: the importance of prey condition // Fisheries Research. 2017. V. 196. P. 126–140. Doi: 10.1016/j.fishres.2017.08.003
4. Symondson W.O.C. Molecular identification of prey in predator diets // Molecular Ecology. 2002. V. 11. N 4. P. 627–641. Doi: 10.1046/j.1365-294X.2002.01471.x
5. Carreon-Martinez L., Johnson T.B., Ludsins S.A., Heath D.D. Utilization of stomach content DNA to determine diet diversity in piscivorous fishes // Journal of Fish Biology. 2011. V. 78. Iss. 4. P. 1170–1182. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2011.02925.x
6. Harms-Tuohy C.A., Schizas N.V., Appeldoorn R.S. Use of DNA metabarcoding for stomach content analysis in the invasive lionfish *Pterois volitans* in Puerto Rico // Marine Ecology Progress Series. 2016. V. 558. P. 181–191. Doi: 10.3354/meps11738
7. Kuznedelov K.D., Dziuba E.V. The determination of the species classification of Baikal planarian cocoons found in the stomach of the black grayling (*Thymallus arcticus baicalensis*) by a comparative analysis of the nucleotide sequences of the ribosomal RNA gene // Journal of General Biology. 1999. V. 60. N 4. P. 445–450.
8. Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала / Ред. Д.В. Наливкин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 603 с.



9. Сиделева В.Г., Механикова И.В. Пищевая специализация и эволюция керчаковых рыб (Cottoidei) озера Байкал // Труды Зоологического Института АН СССР. 1990. Т. 222. С. 144-161.
10. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // Molecular Marine Biology and Biotechnology. 1994. V. 3. Iss. 5. P. 294-299.
11. Leray M., Yang J.Y., Meyer C.P., Mills S.C., Agudelo N., Ranwez V., Boehm J.T., Machida R.J. A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents // Frontiers in Zoology. 2013. V. 10. Iss. 34. P. 1-14. Doi: 10.1186/1742-9994-10-34
12. Geller J., Meyer C., Parker M., Hawk H. Redesign of PCR primers for mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all-taxa biotic surveys // Molecular Ecology Resources. 2013. V. 13. Iss. 5. P. 851-861. Doi: 10.1111/1755-0998.12138
13. Гоманенко Г.В., Камалтынов Р.М., Кузьменкова Ж.В., Беренос К., Щербakov Д.Ю. Популяционная структура байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) // Генетика. 2005. Т. 41. N 8. С. 1108-1114. Doi: 10.1007/s11177-005-0179-5
14. Pereira L.S., Keppeler F.W., Agostinho A.A., Winemiller K.O. Is there a relationship between fish cannibalism and latitude or species richness? // PLoS One. 2017. V. 12. Iss. 1. e0169813. Doi: 10.1371/journal.pone.0169813
15. Pereira L.S., Agostinho A.A., Winemiller K.O. Revisiting cannibalism in fishes // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2017. V. 27. P. 499-513. Doi: 10.1007/s11160-017-9469-y

REFERENCES

1. Reshetnikov Yu.S., Popova O.A. About Field Ichthyological Methods and Errors in Our Conclusions. Trudy VNIRO: Vodnye biologicheskie resursy [Trudy VNIRO: Aquatic Biological Resources]. 2015, vol. 156, pp. 114-131. (In Russian)
2. Saikia S.K. On the methodology of feeding ecology in fish. *European Journal of Ecology*, 2016, vol. 2, iss. 1, pp. 35-46. DOI: 10.1515/eje-2016-0004
3. Buckland A., Baker R., Loneragan N., Sheaves M. Standardising fish stomach content analysis: the importance of prey condition. *Fisheries Research*, 2017, vol. 196, pp. 126-140. Doi: 10.1016/j.fishres.2017.08.003
4. Symondson W.O.C. Molecular identification of prey in predator diets. *Molecular Ecology*, 2002, vol. 11, no. 4, pp. 627-641. Doi: 10.1046/j.1365-294X.2002.01471.x
5. Carreon-Martinez L., Johnson T.B., Ludsins S.A., Heath D.D. Utilization of stomach content DNA to determine diet diversity in piscivorous fishes. *Journal of Fish Biology*, 2011, vol. 78, iss. 4, pp. 1170-1182. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2011.02925.x
6. Harms-Tuohy C.A., Schizas N.V., Appeldoorn R.S. Use of DNA metabarcoding for stomach content analysis in the invasive lionfish *Pterois volitans* in Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series*, 2016, vol. 558, pp. 181-191. Doi: 10.3354/meps11738
7. Kuznedelov K.D., Dziuba E.V. The determination of the species classification of Baikal planarian cocoons found in the stomach of the black grayling (*Thymallus arcticus baicalensis*) by a comparative analysis of the nucleotide sequences of the ribosomal RNA gene. *Journal of General Biology*, 1999, vol. 60, no. 4, pp. 445-450.
8. Taliev D.N. *Bychki-podkamenshchiki Baikala* [Bychki-podkamenshchiki Baikala (Cottoidei of Lake Baikal)]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1955, 603 p. (In Russian)
9. Sideleva V.G., Mechanikova I.V. Feeding preference and evolution of the Cottoid of the Lake Baikal. Trudy Zoologicheskogo Instituta AN SSR [Proceedings of the Zoological Institute]. 1990, vol. 222, pp. 144-161. (In Russian)



10. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 1994, vol. 3, iss. 5, pp. 294-299.
11. Leray M., Yang J.Y., Meyer C.P., Mills S.C., Agudelo N., Ranwez V., Boehm J.T., Machida R.J. A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents. *Frontiers in Zoology*, 2013, vol. 10, iss. 34, pp. 1-14. Doi: 10.1186/1742-9994-10-34
12. Geller J., Meyer C., Parker M., Hawk H. Redesign of PCR primers for mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all-taxa biotic surveys. *Molecular Ecology Resources*, 2013, vol. 13, no. 5, pp. 851-861. Doi: 10.1111/1755-0998.12138
13. Gomanenko G.V., Kamaltynov R.M., Kuzmenkova Zh.V., Sherbakov D.Yu., Bêrênos K. Population structure of the Baikalian amphipod *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). *Russian Journal of Genetics*, 2005, vol. 41, no. 8, pp. 907-912. Doi: 10.1007/s11177-005-0179-5
14. Pereira L.S., Keppeler F.W., Agostinho A.A., Winemiller K.O. Is there a relationship between fish cannibalism and latitude or species richness? *PLoS One*, 2017, vol. 12, iss. 1, e0169813. Doi: 10.1371/journal.pone.0169813
15. Pereira L.S., Agostinho A.A., Winemiller K.O. Revisiting cannibalism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2017, vol. 27, pp. 499-513. Doi: 10.1007/s11160-017-9469-y

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Елена В. Дзюба, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ихтиологии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Илья Г. Кондратов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аналитической биоорганической химии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Сергей В. Кирилчик, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ихтиологии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Игорь В. Ханаев, старший научный сотрудник лаборатории ихтиологии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Наталья Н. Деникина*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории аналитической биоорганической химии, Лимнологический институт

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Yelena V. Dzyuba, Ph.D., Head of Laboratory of Ichthyology, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Ilya G. Kondratov, Ph.D., Leading Researcher Laboratory of Analytical and Bioorganic Chemistry, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Sergei V. Kirilchik, Ph.D., Senior Researcher Laboratory of Ichthyology, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Igor V. Khanaev, Senior Researcher Laboratory of Ichthyology, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Natalia N. Denikina*, Ph.D., Senior Researcher Laboratory of Analytical and Bioorganic Chemistry, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,



Сибирского отделения Российской академии наук; ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278, г. Иркутск, 664033, Россия; тел. +7(3952)422695, e-mail: denikina@lin.irk.ru

Иван А. Небесных, кандидат биологических наук, ведущий инженер лаборатории ихтиологии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Бахтиар Э. Богданов, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории ихтиологии, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Владимир А. Полюнов, кандидат биологических наук, доцент, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия.

Нина В. Кулакова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геносистематики, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия.

Критерии авторства

Елена В. Дзюба проводила сводный анализ полученных результатов и литературы по теме исследования. Игорь В. Ханаев, Иван А. Небесных и Владимир А. Полюнов отлавливали рыб для анализа. Бахтиар Э. Богданов определял виды рыб. Илья Г. Кондратов, Сергей В. Кирильчик, Наталья Н. Деникина и Нина В. Кулакова проводили молекулярно-генетический анализ. Елена В. Дзюба, Наталья Н. Деникина и Нина В. Кулакова корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе. 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.

Поступила в редакцию 03.12.2018

Принята в печать 24.12.2018

Ulan-Batorskaya 3, Irkutsk 664033, Russia; tel. +7(3952)422695, e-mail: denikina@lin.irk.ru

Ivan A. Nebesnykh, Ph.D., Lead Engineer Laboratory of Ichthyology, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Bakhtiar E. Bogdanov, Ph.D., Researcher Laboratory of Ichthyology, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Vladimir A. Polynov, Ph.D., Associate Professor of Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Nina V. Kulakova, Ph.D., Senior Researcher Laboratory of Genosystematics, Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

Contribution

Yelena V. Dzyuba conducted a consolidated analysis of collected data and previous research. Igor V. Khanaev, Ivan A. Nebesnykh and Vladimir A. Polynov caught fish for analysis. Bakhtiar E. Bogdanov specified fish species. Ilya G. Kondratov, Sergei V. Kirilchik, Natalia N. Denikina and Nina V. Kulakova performed molecular genetic analysis. Yelena V. Dzyuba, Natalia N. Denikina and Nina V. Kulakova corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors have been equally involved in this research. Authors are equally responsible for the manuscript and for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.12.2018

Accepted for publication 24.12.2018



Оригинальная статья / Original article

УДК 504.75: 628.5

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-159-168

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ ПИТЬЕВЫХ И ИСХОДНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ARIMA-МОДЕЛИ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Дмитрий В. Макаров, Евгений А. Кантор, Наталья А. Красулина,*

Андрей В. Греб, Зульфия З. Бережнова

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

Уфа, Россия, fizkultura-ugntu@yandex.ru

Резюме. *Цель.* В работе проведено сравнение методов искусственного нейросетевого (ИНС) моделирования и ARIMA-модели для прогнозирования значений цветности воды. **Методы.** Исходными данными послужили значения цветности питьевой и исходной воды инфильтрационного водозабора (ИВ) юго-восточной части Республики Беларусь. Определение цветности проводилось за период с 2009 по 2017 гг. два раза в сутки, временные ряды значений включали по 5215 значений. Определение параметров моделей проводилось по 85% значений временных рядов, а по оставшимся 15% значений (тестовом периоде) проводилось сравнение значений, прогнозных с фактическими. Оптимальные конфигурации ARIMA-моделей определялись по результатам сравнения усредненных значений среднеквадратических ошибок, а ИНС – усредненных значений среднеквадратических ошибок и производительностей на тестовых периодах. Сравнение методов прогнозирования проводилось на основе сопоставления усредненных значений абсолютной и относительной ошибок на тестовых выборках. **Результаты.** Выявлено, что ИНС моделирование позволяет получать прогнозные значения цветности с несколько большей точностью по сравнению с ARIMA-моделированием. **Заключение.** Программная реализация ИНС моделирования в среде MATLAB показала, что использование данного метода позволяет, с достаточной точностью, получить прогноз как исходной, так и питьевой воды на 100 значений.

Ключевые слова: подземные воды, показатели качества воды, цветность, искусственные нейронные сети, ARIMA-модель.

Формат цитирования: Макаров Д.В., Кантор Е.А., Красулина Н.А., Греб А.В., Бережнова З.З. Прогнозирование значений цветности питьевых и исходных вод с помощью ARIMA-модели и нейронной сети // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.159-168. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-159-168

FORECASTING VALUES OF CHROMATICITY OF DRINKING AND SOURCE WATERS USING ARIMA MODEL AND NEURAL NETWORK

Dmitry V. Makarov, Evgeny A. Kantor, Natalya A. Krasulina,*

Andrey V. Greb, Zulfiya Z. Berezhnova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, fizkultura-ugntu@yandex.ru



Abstract. Aim. In the present investigation artificial neural network (ANN) and ARIMA-model are compared for forecasting of data of colour of water. **Methods.** Data corresponds to the colour of water of groundwater and drinking water of water intake of south-east region of the Republic of Belarus. The definition of colour was carried out for the period from 2009 to 2017, twice a day, the time series of values included 5215 values. The parameters of the models were estimated by 85% of the time series values, and the remaining 15% of the values (the test period) compared the forecast values with the actual ones. Optimal configurations of ARIMA-models were determined from the results of comparing the averaged values of the root mean squared errors (RMSE); optimal configurations of ANN were determined from the results of comparing the averaged values of RMSE and correlation coefficients (CC) on the test periods. **Results.** Comparison of forecasting methods was carried out on the basis of the averaged values of mean absolute error and mean relative error on the test periods. It was revealed that ANN allows to obtain the predicted values of colour of water more accurate than ARIMA-model. **Main conclusions.** Software implementation of ANN in the MATLAB environment empowers with sufficient accuracy get forecast values of groundwater and drinking water for 100 values.

Keywords: groundwater, water quality indices, artificial neural network, colour, ARIMA-model.

For citation: Makarov D.V., Kantor E.A., Krasulina N.A., Greb A.V., Berezhnova Z.Z. Forecasting values of chromaticity of drinking and source waters using ARIMA-model and neural network. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 159-168. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-159-168

ВВЕДЕНИЕ

Цветность воды – один из важнейших физико-химических показателей качества питьевых вод, во многом определяющий ее органолептические свойства [1]. Это условно принятая количественная характеристика вод (как природных, так и питьевых), имеющих естественную окраску [1]. Она характеризуется наличием окрашенного органического вещества, гуминовых и фульвовых кислот [2-3]. На цветность воды большое влияние оказывает наличие металлов, в частности железа, в первую очередь в виде минералов, продуктов коррозии, а также другие минеральные примеси [4-6]. Всероссийской организации здравоохранения (ВОЗ) значения цветности в питьевой воде не нормируются.

Цветность вод определяют визуально (ориентировочная оценка) и фотометрически (количественная оценка, с применением хром-кобальтовой или платино-кобальтовой шкал для калибровки) [7-9].

В сфере экологического мониторинга, в частности, в прогнозировании показателей качества вод, нашла широкое применение модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего Бокса-Дженкинса (ARIMA) [10-13]. В последнее время происходит активное развитие систем искусственного интеллекта, основанного на применении аппарата ИНС [13-18].

Нами проведено прогнозирование значений цветности в исходной и питьевой водах методами ИНС и ARIMA-моделированием.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных данных использованы значения цветности питьевой и исходной вод инфильтрационного водозабора (ИВ) юго-восточной части Республики Беларусь с 2009 по 2017 гг. Измерение исследуемого показателя проводилось два раза в сутки; исходные временные ряды включали по 5215 значения.



Для построения ARIMA-модели рекомендуется временной ряд разбивать на два отрезка. Один из которых (85% значений) служит основой для построения прогнозной модели. По этой модели рассчитывалась вторая часть временного ряда (15% значений) и проводилось сравнение моделируемых значений с фактическими. О соответствии результатов модели истинным значениям позволяли судить средние значения абсолютных и относительных ошибок на вторых частях временных рядов. Реализация метода осуществлялась в программе Statistica 10.0. Анализ временного ряда по ARIMA-модели включает следующие этапы:

- проверка на стационарность исходного временного ряда (проведено построение и анализ: автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (АКФ, ЧАКФ) [19], расширенного теста Дики-Фуллера (РДФ). Для реализации РДФ-теста использовался программный комплекс EViews 10);

- преобразование временного ряда к стационарному виду (использовалось вычитание среднего значения из каждого члена временного ряда и определение разности первого порядка);

- идентификация математической модели (выбор определенного вида уравнения). Общий вид ARIMA-модели записывается в следующем виде:

$$w_t = (\phi_0 +) \phi_1 \cdot w_{t-1} + \dots + \phi_p \cdot w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q},$$

где: $w_t = \Delta^d u_t$; ε_t – «белый шум»; d – порядок разности; p, q – параметры авторегрессии и скользящего среднего.

Далее проведен подбор характеристик модели: параметров авторегрессии и скользящего среднего (p и q соответственно), порядка разности (d).

- проверка адекватности модели, включающая анализ АКФ и распределение остатков (абсолютных ошибок). Адекватная модель характеризуется рядом остатков похожим на белый шум (т.е. их выборочные значения АКФ не отличаются от нуля) [2; 20].

Реализация метода ИНС проведена с использованием программного комплекса MATLABR 2017a. Прогнозирование показателя реализовано с использованием нелинейной авторегрессионной модели (NAR). Для осуществления NAR модели применяют динамические ИНС, позволяющие обеспечить лучший результат при работе с зашумленными нестационарными временными рядами [4; 21; 22]. В качестве алгоритмов обучения использовались методы Левенберга-Марквардта (Levenberg-Marquard), Байесовской регуляризации (Bayesian Regularization), сопряженных градиентов (Scaled Conjugate Gradient). Обучение нейронной сети проводилось по выборкам, разделенным в соотношении 70, 15, 15%, для обучающей, тестовой и валидационной выборки соответственно. Оптимальное количество нейронов определялось эмпирически по результатам сравнения разных нейронных сетей с числом скрытых нейронов от 1 до 10. Окончательно принималась ИНС с минимальной среднеквадратической ошибкой (mse) и максимальной производительностью (R) [22].

Сравнение методов прогнозирования осуществлялось на основе сравнения средних значений абсолютной и относительной ошибок на тестовых выборках. В последующем проводилось формирование программных кодов для выбранных методов прогнозирования в среде MATLAB.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Временные ряды значений цветности в исходной и питьевой водах характеризуются отсутствием сезонной компоненты и незначительной тенденцией к увеличению значений (рис. 1). Тренд значений цветности питьевых и исходных вод характеризуется увеличением на 2 и 1,5 цветности, соответственно.

Анализ АКФ, ЧАКФ и РДФ-теста показывает, что исходный временной ряд значений цветности в питьевой воде не стационарен. Наиболее простым методом приведения временного ряда значений по цветности в питьевой воде к стационарному виду является



вычитание среднего значения из каждого члена временного ряда, о чем свидетельствуют результаты сравнения АКФ, ЧАКФ и РДФ-теста.

Экспоненциальное убывание АКФ и ее максимальное значение на первом лаге, значительно превосходящее остальные в ЧАКФ свидетельствуют о целесообразности выбора значения $p=1$ и $q=2$ [11]. По результатам сравнения mse выбрана модель ARIMA (1; 0; 2) с остатком 4,86.

Моделированием ИНС установлена оптимальная конфигурация сети с методом обучения Левенберга-Марквардта и 6 скрытыми слоями. R полученной сети составило 0,84; 0,82 и 0,81, а mse 4,19; 4,06 и 4,36 на обучающей, валидационной и тестовой выборках, соответственно.

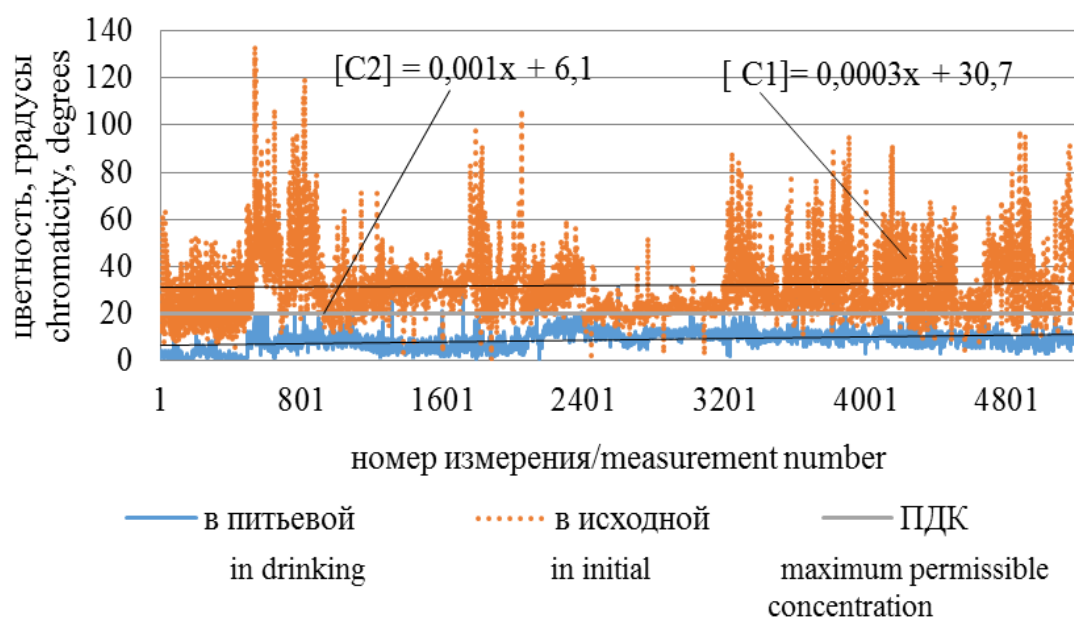


Рис.1. Фактические временные ряды значений цветности исходной и питьевой вод
Fig.1. Actual time series of chromaticity values of source and drinking water

Приведение ряда к стационарному виду проводится вычитанием средних значений, поэтому полученный прогноз методом ARIMA скорректирован на эту же величину. Таким образом, прогнозные значения, полученные методом ARIMA (1; 0; 2), являются усредненными по сравнению с тестовой выборкой ИНС и реальными значениями. В рассмотренном периоде результаты моделирования ИНС практически совпадают с реальными показаниями (рис. 2).

Результаты анализа АКФ, ЧАКФ и РДФ-теста свидетельствуют о том, что временной ряд значений цветности в исходной воде не стационарен. Наиболее простым методом приведения временного ряда значений по цветности в исходной воде к стационарному виду является взятие разности первого порядка (т.е. вычитание из каждого последующего значения временного ряда предыдущее), о чем свидетельствуют результаты сравнения АКФ, ЧАКФ и РДФ-теста.

В результате сравнения mse выбрана модель ARIMA (1; 1; 1) с остатком 126,07.

По результатам моделирования ИНС установлено, что наиболее близкие к реальным значениям обеспечивает сеть с методом обучения Байесовской регуляризации и 4 скрытыми нейронами. R полученной сети составило 0,76; 0,00 и 0,71, а mse 9,39; 0,00 и 9,51 на обучающей, валидационной и тестовой выборках, соответственно. Поскольку алгоритм Байесовской регуляризации не предусматривает переобучения, то этап валидации не производится, а значит, оценочные коэффициенты отсутствуют.

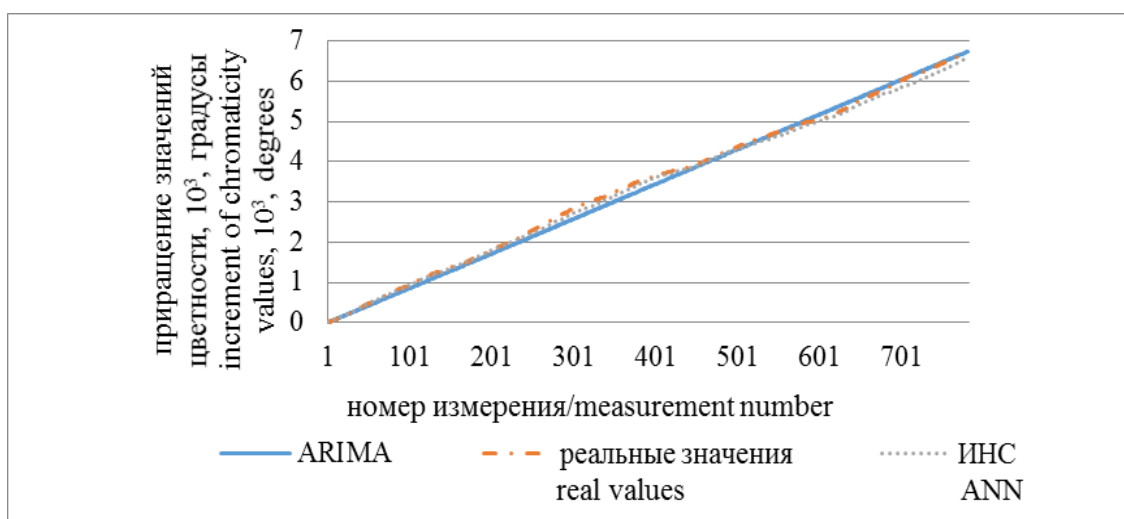


Рис.2. График с накоплением прогнозных и реальных значений цветности в питьевой воде

Fig.2. Graph with accumulation of predicted and real chromaticity values in drinking water

Результаты моделирования цветности в исходной воде методом ИНС практически совпадают с реальными показаниями (рис. 3).

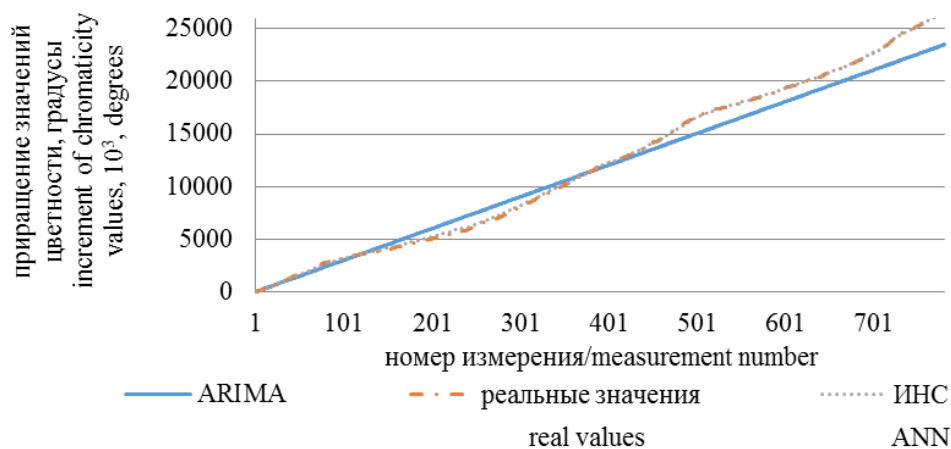


Рис.3. График с накоплением прогнозных и реальных значений цветности в исходной воде

Fig.3. Graph with accumulation of predicted and real chromaticity values in the initial water

Сравнение средних значений относительных и абсолютных ошибок двух способов моделирования, для питьевой и исходной вод, указывает на несколько большую достоверность прогнозирования показателя цветности методом ИНС (табл. 1).

Программная реализация ИНС для питьевой и исходной вод, осуществлена средствами MATLABR 2017a. С помощью построенных ИНС получены прогнозные значения на 1, 2 и 6 месяцев (рис. 4).

Определено, что обученные ИНС позволяют осуществлять относительно точное прогнозирование ориентировочно на 100 значений.



Таблица 1
Сравнение средних значений ошибок рассчитанных показаний двумя методами
Table 1

Comparison of the mean errors of the calculated readings by two methods

Метод Method	Средняя ошибка / Average error			
	Относительная / Relative		Абсолютная / Absolute	
	Для питьевых вод For drinking water	Для исходных вод For initial water	Для питьевых вод For drinking water	Для исходных вод For initial water
ARIMA	0,1	0,08	-0,01	-4,74
ИНС/ANN	0,04	0,08	-0,19	-0,59

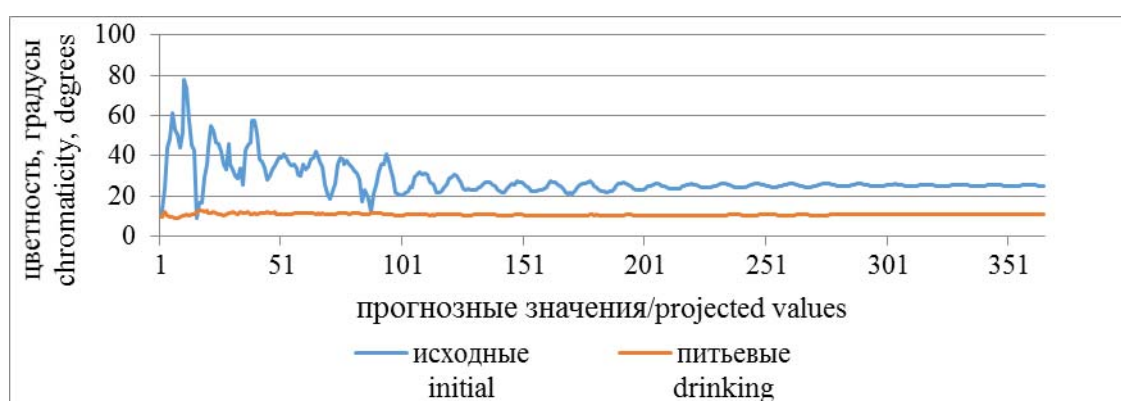


Рис.4. Прогнозные значения цветности в исходной и питьевой водах
Fig.4. Forecast values of chromaticity in the source and drinking water

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнением методов ИНС и ARIMA моделирования для получения прогнозных значений цветности питьевой и исходной вод инфильтрационного водозабора юго-восточной части Республики Беларусь, установлено, что использование нейросетевого моделирования дает возможность прогнозирования значений показателя цветности воды с несколько большей точностью по сравнению с ARIMA-моделированием.

В результате сравнения среднеквадратических ошибок определены оптимальные ARIMA-модели с параметрами: $p=1, d=0, q=2$ для питьевой и $p=1, d=1, q=1$ для исходной вод. В результате сравнения усредненных значений среднеквадратических ошибок и производительностей выявлены наилучшие конфигурации, содержащие 6 скрытых слоев с обучением методом Левенберга-Марквардта и 4 скрытых слоев с обучением методом Байесовской регуляризации для питьевой и исходной вод, соответственно. При сравнение последних 15% временных рядов, моделируемых рассматриваемыми методами, установлено, что прогнозные значения нейросетевого моделирования ближе к исходным значениям цветности. Вероятно, это связано с тем, что использование искусственных нейронных сетей предполагает работу с временными рядами со сложной и нелинейной структурой, тогда как ARIMA-модель предназначена для работы с временными рядами, имеющими более заметные структурные закономерности. Программная реализация ИНС в среде MATLAB показала, что прогноз на 100 значений, как для питьевой, так и для исходной вод, может быть осуществлен с достаточной достоверностью.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31868-2012. Вода. Методы определения цветности. М.: Стандартинформ, 2012. 7 с.
2. Домашенко Д.В., Никулин Э.Е. Прогнозирование рядов динамики рыночных индикаторов на основе нелинейной авторегрессионной нейронной сети // Статистика и экономика. 2017. N 3. С. 4-9. Doi: 10.21686/2500-3925-2017-3-4-9
3. Труфанов А.И. Формирование железистых подземных вод. Москва: Наука, 1982. 131 с.
4. Васильчук Т.А., Осипенко В.П. Компонентный состав растворенных органических веществ природных поверхностных вод с высокой цветностью // Гідрологія, гідрохімія и гідроекологія. 2010. Т. 3. N 20. С. 136-141.
5. Крючин О.В., Козадаев А.С., Дудаков В.П. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар // Исследовано в России. 2010. N 30. URL: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30915193/030.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1537347148&Signature=mn85sr3INFbxVkyrvElCbl%2FB%2FBU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D30915193.pdf> (дата обращения: 19.09.2018)
6. Сериков Л.В., Шиян Л.Н., Тропина Е.А., Хряпов П.А. Цветность подземных вод Западно-Сибирского региона // Известия Томского политехнического университета. 2009. N 3. С. 54-58.
7. Жигалова А.В., Кантор И.В., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Влияние попусков Павловского водохранилища на мутность и цветность в створах водозаборов города Уфы // Материалы XIX Международной молодежной научно-практической конференции «Научные исследования и разработки молодых ученых», Новосибирск, 16-17 июня, 2017. С. 67-71.
8. Ялалетдинова А.В., Еникеева Л.В., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Статистические характеристики взаимосвязи мутности и расходов воды в реке, вызванных попусками водохранилища // Теоретическая и прикладная экология. 2018. N 1. С. 33-42.
9. Потылицына Е.Н., Липинский Л.В., Сугак Е.В. Использование искусственных нейронных сетей для решения прикладных экологических задач // Современные проблемы науки и образования. 2013. N 4. С. 1-8. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9779> (дата обращения: 17.08.2018)
10. Kurunç A., Yürekli K., Çevik O. Performance of two stochastic approaches for forecasting water quality and streamflow data from Yeşilırmak River, Turkey // Environmental Modelling & Software. 2005. Vol. 20. Iss. 9. P. 1195-1200. Doi: 10.1016/j.envsoft.2004.11.001
11. Hernández N., Camargo J., Moreno F., Plazas-Nossa L., Torres A. Arima as a forecasting tool for water quality time series measured with UV-Vis spectrometers in a constructed wetland // Tecnología y Ciencias del Agua. 2017. V. 8. N 5. P. 127-139. Doi: 10.24850/j-tyca-2017-05-09
12. Park S.-H., Koo J. Sedimentation Process Modeling using Transfer Function ARIMA for Water Quality Diagnosis and Prediction // Advanced Science and Technology Letters. 2015. V. 99. N 1. P. 97-100. Doi: 10.14257/astl.2015.99.24
13. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельников Г.М. Численные методы. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 636 с.
14. Jiang C., Song F. Sunspot Forecasting by Using Chaotic Time-series Analysis and NARX Network // Journal of Computers. 2011. V. 6. Iss. 7. P. 1424-1429. Doi: 10.4304/jcp.6.7.1424-1429
15. Sarkar A., Pandey P. River Water Quality Modelling using Artificial Neural Network Technique // Aquatic Procedia. 2015. V. 4. P. 1070-1077. Doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.135



16. Khandelwal I., Adhikari R., Verma G. Time Series Forecasting Using Hybrid ARIMA and ANN Models Based on DWT Decomposition // *Procedia Computer Science*. 2015. V. 48. P. 173-179. Doi: 10.1016/j.procs.2015.04.167
17. Babu C.N., Reddy B.C. A moving-average filter based hybrid ARIMA-ANN model for forecasting time series data // *Applied Soft Computing*. 2014. V. 23. P. 27-38. Doi: 10.1016/j.asoc.2014.05.028
18. Araya F.K., Zhang L. Time series analysis of water quality parameters at Stillaguamish River using order series method // *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2015. V. 29. Iss. 1. P. 227-239. Doi: 10.1007/s00477-014-0907-2
19. Мироновская А.В., Унгурияну Т.Н., Гудков А.Б. Роль природно-климатических и экологических факторов в возникновении неотложных состояний сердечно-сосудистой системы: анализ временного ряда // *Экология человека*. 2010. N 9. С. 13-17.
20. Кирюхин В.К., Мелькановицкая С.Г., Швеиц В.М. Определение органических веществ в подземных водах. М.: Недра, 1976. 192 с.
21. Darrat A.F., Zhong M. On testing the random walk Hypothesis: A model-comparison approach // *Financial Review*. 2000. V. 35. Iss. 3. P. 105-124. Doi: 10.1111/j.1540-6288.2000.tb01423.x
22. Olden J.D. An artificial neural network approach for studying phytoplankton succession // *Hydrobiologia*. 2000. V. 436. Iss. 1-3. P. 131-143.

REFERENCES

1. GOST 31868-2012. *Voda. Metody opredeleniya tsvetnosti* [GOST31868-2012. Water. Methods for chroma determining]. Moscow, Standardinform Publ., 2012, 7 p. (In Russian)
2. Domashhenko D.V., Nikulin E.E. Forecasting time series of the market indicators based on a nonlinear autoregressive neural network. *Statistics and Economics*, 2017, no. 3, pp. 4-9. (In Russian) Doi: 10.21686/2500-3925-2017-3-4-9
3. Trufanov A.I. *Formirovanie zhelezistykh podzemnykh vod* [Formation of ferruginous groundwaters]. Moscow, Nauka Publ., 1982, 131 p. (In Russian)
4. Vasilchuk T.A., Osypenko V.P. Component content of dissolved organic matter of the highly coloured surface water. *Gidrologiya, gidrokimiya i gidroekologiya* [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]. 2010, vol. 3, no. 20, pp. 136-141. (In Russian)
5. Kryuchin O.V., Kozadaev A.S., Dudakov V.P. Forecasting time series using artificial neural networks and regression models based on the forecasting of quotations of currency pairs. *Issledovano v Rossii*, 2010, no. 30, (In Russian) Available at: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30915193/030.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1537347148&Signature=mn85sr3INFbxVkyvpElCbl%2FB%2FBU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D30915193.pdf> (accessed 19.09.2018)
6. Serikov L.V., Shiyan L.N., Tropina E.A., Khryapov P.A. Chromaticity of ground water in West-Siberian region. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University]. 2009, no. 3, pp. 54-58. (In Russian)
7. Zhigalova A.V., Kantor I.V., Vozhdaeva M.Yu., Kantor E.A. Vliyanie popuskov Pavlovskogo vodokhranilishcha na mutnost' i tsvetnost' v stvorakh vodozaborov goroda Ufy [Influence of releases of the Pavlovsk reservoir on turbidity and chromaticity in the water intake points of the city of Ufa]. *Materialy XIX Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnye issledovaniya i razrabotki molodykh uchenykh»*, Novosibirsk, 16-17 iyunya, 2017 [Materials of the XIX International Youth Scientific and Practical Conference "Research and development of young scientists", Novosibirsk, 16-17 June 2017]. Novosibirsk, 2017, pp. 67-71. (In Russian)
8. Yalaletdinova A.V., Enikeeva L.V., Vozhdayeva M.Yu., Kantor E.A. Statistical characteristics of relationships between turbidity and water flow rate caused by releases of the water reser-



- voir. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology]. 2018, no. 1, pp. 33-42. (In Russian)
9. Potylitsyna E.N., Lipinskiy L.V., Sugak E.V. The use of artificial neural networks for applied environmental problems. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 4, pp. 1-8. (In Russian) Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9779> (accessed 17.08.2018)
10. Kurunç A., Yürekli K., Çevik O. Performance of two stochastic approaches for forecasting water quality and streamflow data from Yeşilirmak River, Turkey. *Environmental Modelling & Software*, 2005, vol. 20, iss. 9, pp. 1195-1200. Doi: 10.1016/j.envsoft.2004.11.001
11. Hernández N., Camargo J., Moreno F., Plazas-Nossa L., Torres A. Arima as a forecasting tool for water quality time series measured with UV-Vis spectrometers in a constructed wetland. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2017, vol. 8, no. 5, pp. 127-139. Doi: 10.24850/j-tyca-2017-05-09
12. Park S.-H., Koo J. Sedimentation Process Modeling using Transfer Function ARIMA for Water Quality Diagnosis and Prediction. *Advanced Science and Technology Letters*, 2015, vol. 99, no. 1, pp. 97-100. Doi: 10.14257/astl.2015.99.24
13. Bakhvalov N.S., Zhidkov N.P., Kobelnikov G.M. *Chislennyye metody* [Numerical methods]. Moscow, BINOM Publ., 2006, 636 p. (In Russian)
14. Jiang C., Song F. Sunspot Forecasting by Using Chaotic Time-series Analysis and NARX Network. *Journal of Computers*, 2011, vol. 6, iss. 7, pp. 1424-1429. Doi: 10.4304/jcp.6.7.1424-1429
15. Sarkar A., Pandey P. River Water Quality Modelling using Artificial Neural Network Technique. *Aquatic Procedia*, 2015, vol. 4, pp. 1070-1077. Doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.135
16. Khandelwal I., Adhikari R., Verma G. Time Series Forecasting Using Hybrid ARIMA and ANN Models Based on DWT Decomposition. *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 48, pp. 173-179. Doi: 10.1016/j.procs.2015.04.167
17. Babu C.N., Reddy B.C. A moving-average filter based hybrid ARIMA-ANN model for forecasting time series data. *Applied Soft Computing*, 2014, vol. 23, pp. 27-38. Doi: 10.1016/j.asoc.2014.05.028
18. Araya F.K., Zhang L. Time series analysis of water quality parameters at Stillaguamish River using order series method. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2015, vol. 29, iss. 1, pp. 227-239. Doi: 10.1007/s00477-014-0907-2
19. Mironovskaya A.V., Unguryanu T.N., Gudkov A.B. Role of natural-climatic and ecological factors in appearance of emergency states of cardiovascular system: time series analysis. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, no. 9, pp. 13-17. (In Russian)
20. Kiryukhin V.K., Mel'kanovitskaya S.G., Shvets V.M. *Opredelenie organicheskikh veshchestv v podzemnykh vodakh* [Determination of organic substances in groundwater]. Moscow, Nedra Publ., 1976, 192 p. (In Russian)
21. Darrat A.F., Zhong M. On testing the random walk Hypothesis: A model-comparison approach. *Financial Review*, 2000, vol. 35, iss. 3, pp. 105-124. Doi: 10.1111/j.1540-6288.2000.tb01423.x
22. Olden J.D. An artificial neural network approach for studying phytoplankton succession. *Hydrobiologia*, 2000, vol. 436, iss. 1-3, pp. 131-143.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Дмитрий В. Макаров, аспирант кафедры
«Прикладная экология» ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный нефтяной

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Dmitry V. Makarov, Postgraduate student of
the Department "Applied ecology" of the
FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological



технический университет», г. Уфа, Россия,
e-mail: dmitrij.makarov-1990@yandex.ru

Евгений А. Кантор, доктор химических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа, Россия, e-mail: evgkantor@mail.ru

Наталья А. Красулина*, кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов 6/1; тел. (347) 243-19-56, e-mail: fizkultura-ugntu@yandex.ru

Андрей В. Греб, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Россия.

Зульфия З. Бережнова, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа, Россия.

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; Андрей В. Греб и Зульфия З. Бережнова несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 22.10.2018

Принята в печать 26.11.2018

University», Ufa, Russia, e-mail: dmitrij.makarov-1990@yandex.ru

Evgeny A. Kantor, Doctor of chemical Sciences., Professor, FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russia, e-mail: evgkantor@mail.ru

Natalya A. Krasulina*, Candidate of chemical Sciences., associate Professor, FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», 450062, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov 6/1, phone: (347) 243-19-56, e-mail: fizkultura-ugntu@yandex.ru

Andrey V. Greb, Candidate of technical Sciences, associate Professor, FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russia.

Zulfiya Z. Berezhnova, Senior lecturer, FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russia.

Contribution

Dmitry V. Makarov has developed the study concept, collected the material, conducted tests, analyzed data, and wrote the manuscript; Eugene A. Kantor developed the scientific design; Natalya A. Krasulina corrected the manuscript prior to submission to the editors; Andrey V. Greb and Zulfia Z. Berezhnova responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 22.10.2018

Accepted for publication 26.11.2018



Оригинальная статья / Original article

УДК 636.08.003

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-169-177

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА УЛОВОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ В ВОДОЕМАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПЕРИОДА КОНЦА XX – НАЧАЛА XXI ВЕКОВ

Евгений Г. Мишвелов, Иван А. Бакуменко*

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, mishvelov@mail.ru

Резюме. Цель. Проанализировать видовую структуру уловов промысловых рыб в водоемах Ставропольского края для двух периодов с 1986 г по настоящее время. **Методы.** Условно выделен первый период с 1986-2003 гг. и второй период с 2009-2017 гг. Данные по линейным и площадным характеристикам территориальных объектов получены при использовании снимков спутника Landsat 8. **Результаты.** В сфере рыбоводства Ставропольского края в 2017 году было произведено 10,8 тысяч тонн товарной рыбы, что составило примерно 70% от максимума производства в 1990 г. Доля производства карпа составила 58%, белый и пестрый толстолобики – 34%, амур белый – 5%, прочие карповые виды рыб – 3%, форель и осетровые – 1%. В 2017 году произведено 1415 тонн рыбопосадочного материала, что составило 19 млн. штук, а это в 4 раза меньше, чем в 1990 году. Значение рыболовства в обеспечении населения края рыбой не столь велико в сравнении с рыбоводством. В различные периоды последних тридцати лет общий годовой вылов в краевых государственных водоемах (водохранилищах) колебался от максимальных 1065 тонн (1990 г.) до минимальных 82 тонн (2016 г.). Среднегодовой вылов всех госводоемов для периода 1986-2003 гг. составлял 357 т, рыбопродуктивность составляла 32 кг, при колебаниях по одиннадцати водоемам от 2 до 113 кг/га. За последние 9 лет, начиная с 2009 г., среднегодовой улов всех госводоемов сократился и составлял 285 т. **Заключение.** Для периода 1986-2003 гг. средний ежегодный вылов сазана (карпа) и серебряного карася составлял по 94 т, толстолобиков – 79 т, на суммарную долю этих трех видов в выловах приходилось 85%. За последние 9 лет (2009-2017 гг.) суммарная доля этих рыб в уловах сократилась до 66%. Средний ежегодный вылов сазана (карпа) и толстолобиков сократился практически вдвое, тогда как вылов менее ценного серебряного карася вырос и достиг 103 т.

Ключевые слова: биоресурсы, промысловые рыбы, рыбоводство, рыболовство, рыбохозяйственный комплекс.

Формат цитирования: Мишвелов Е.Г., Бакуменко И.А. Видовая структура уловов промысловых рыб в водоемах Ставропольского края для периода конца XX – начала XXI веков // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.169-177. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-169-177

SPECIES COMPOSITION OF COMMERCIAL FISH CATCHES IN WATER BODIES OF THE STAVROPOL TERRITORY FOR THE PERIOD OF THE LATE XX – EARLY XXI CENTURIES

Evgeny G. Mishvelov, Ivan A. Bakumenko*

North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia, mishvelov@mail.ru



Abstract. Aim. The aim of the study is to analyze the species composition of commercial fish catches in water bodies of the Stavropol Territory for two periods from 1986 to the present. **Methods.** The first period from 1986 to 2003 is conventionally highlighted and the second period from 2009 to 2017. Data on linear and area characteristics of the territorial objects was obtained using Landsat 8 satellite imagery. **Results.** In 2017, in the fish industry of the Stavropol Territory, 10.8 thousand tons of marketable fish were produced, which was about 70% of the best production level in 1990. The share of common carp production was 58%, silver carp – 34%, white Amur – 5% , other carp fish species – 3%, trout and sturgeon – 1%. In 2017, 1415 tons of fish seeds were produced bringing the total to 19 million units, which is 4 times less than in 1990. The importance of fish catching in providing the population of the region with fish is not so great in comparison with fish farming. In different periods of the last thirty years, the total annual catch in regional state water bodies (reservoirs) ranged from a maximum of 1065 tons (1990) to a minimum of 82 tons (2016). The average annual catch in all state water bodies for the period 1986 – 2003 amounted to 357 tons; fish productivity was 32 kg, with fluctuations from 2 to 113 kg/ha in eleven water bodies. Over the past 9 years, since 2009, the average annual catch in all state water bodies has decreased and amounted to 285 tons. **Conclusion.** For the period of 1986-2003, the average annual catch of common carp and silver crucian carp was 94 tons each and 79 tons of silver carp; the total share of these three species in catches was 85%. Over the past 9 years (2009-2017), the total share of these fish in the catches has decreased to 66%. The average annual catch of common carp and silver carps was almost halved, while the catch of less valuable silver crucian carp increased and reached 103 tons.

Keywords: biological resources, commercial fish, fish farming, fisheries, fishery complex.

For citation: Mishvelov E.G., Bakumenko I.A. Species composition of commercial fish catches in water bodies of the Stavropol territory for the period of the late XX – early XXI centuries. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 169-177. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-169-177

ВВЕДЕНИЕ

В современных водных экологических системах происходит замещение наиболее ценных видов биоресурсов малоценными или видами, не имеющими промыслового значения. Концепция развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года, Федеральный закон «Об аквакультуре (рыбоводстве)...» от 01 07 2017 N 148-ФЗ в этой связи ориентируют на переход развития рыбохозяйственного комплекса от экспортно-сырьевого типа к инновационному типу развития на основе сохранения, воспроизводства, рационального использования водных биологических ресурсов. Рыбоводству и рыболовству в различных регионах страны придается сейчас приоритетное значение как одному из источников обеспечения продовольственной безопасности России [1; 2].

Рыбоводство и рыболовство для Ставропольского края – одно из важных направлений развития хозяйственной деятельности. Общая площадь внутренних водоемов, расположенных на территории Ставрополя, составляет 39,5 тысяч га. В составе водного фонда 18 водохранилищ, 4 озера, 9 рек с 250 притоками. В сфере рыборазведения края используется около 800 русловых прудов общей площадью 9 тысяч гектаров, производством товарной рыбы занимаются более двухсот организаций и индивидуальных предпринимателей [3].

Анализируя современное состояние рыбоводства можно отметить, что в 2017 году в Ставропольском крае было произведено 10,8 тысяч тонн товарной рыбы, что составило примерно 70% от максимума производства в 1990 г. (рис. 1). Доля производства карпа



составила 58%, белый и пестрый толстолобики – 34%, амур белый – 5%, прочие карповые виды рыб – 3%, форель и осетровые – 1%. В 2017 году произведено 1415 тонн рыбопосадочного материала, что составило 19 млн. штук, а это в 4 раза меньше, чем в 1990 году [3].

Значение рыболовства в обеспечении населения края рыбой не столь велико в сравнении с рыбоводством (рис. 1). Рыболовство, реализуемое на государственных водоемах (водохранилищах) Ставропольского края, может быть охарактеризовано среднегодовым объемом вылова (добычи) рыбы, рыбопродуктивностью, уровнем освоения квот и другими показателями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности современного рыбохозяйственного использования водного фонда Ставропольского края были проанализированы на основании фондовых материалов, отчетов МСХ Ставропольского края, АЧТУ Росрыболовства, специализированных рыбохозяйственных структур и публикаций в открытых источниках.

В настоящей работе проанализированы два периода с 1986 г. по настоящее время. Условно выделен первый период с 1986-2003 гг. и второй период с 2009-2017 гг. При обработке цифровых материалов использовали программный пакет MS Excel. Данные по линейным и площадным характеристикам территориальных объектов получены при использовании снимков спутника Landsat 8.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В различные периоды последних тридцати лет общий годовой вылов в краевых государственных водоемах (водохранилищах) колебался от максимальных 1065 т (1990 г.) до минимальных 82 т (2016 г.), что связано, главным образом, с социально-экономическими причинами и особенностями государственного менеджмента в рыболовстве и аквакультуре (рис. 1). Среднегодовой вылов во всех госводоемах для первого периода составлял 357 т, средний вылов с одного га в год (рыбопродуктивность) составил 32 кг, при колебаниях по одиннадцати водоемам от 2 до 113 кг/га. За последние 9 лет, начиная с 2009 г., среднегодовой улов всех госводоемов сократился и составлял 285 т, причем эффективность освоения квот вылова за этот период в среднем составила 54%.

Особенности использования рыбных ресурсов государственных водоемов (водохранилищах) Ставропольского края за период с 1986 г. по 2003 г. оказались следующими.

1. Стабильно эксплуатируемыми с целью рыболовства в этот период являлись такие водоемы как Курское, Ростовановское, Отказненское, Лысый лиман, Волчьи Ворота и Чограйское.

2. Высокий уровень рыбопродуктивности в первом периоде отмечался для водоемов Стройманыч, Отказненское и Мокрая Буйвола – 113,2; 81,7 и 59,5 кг/га, соответственно, что связано с благоприятными природно-климатическими условиями, высоким уровнем развития естественной кормовой базы и интенсивным рыбохозяйственным использованием, в первую очередь, с регулярным зарыблением (до начала 90-х годов) рыбопосадочным материалом карпа и растительноядных рыб.

Важно отметить, что для вышеперечисленных водоемов характерны и максимальные значения рыбопродуктивности, они достигали в отдельные годы 450,5; 195,1; 110,0 и 90,4 кг/га практически для тех же водоемов: Стройманыч, Отказненское, Ростовановское и Мокрая Буйвола. Мало эффективно использовались рыбные ресурсы таких водоемов как Чограйское и Новотроицкое водохранилища, средняя рыбопродуктивность по вылову не превышала 1-2 кг/га.

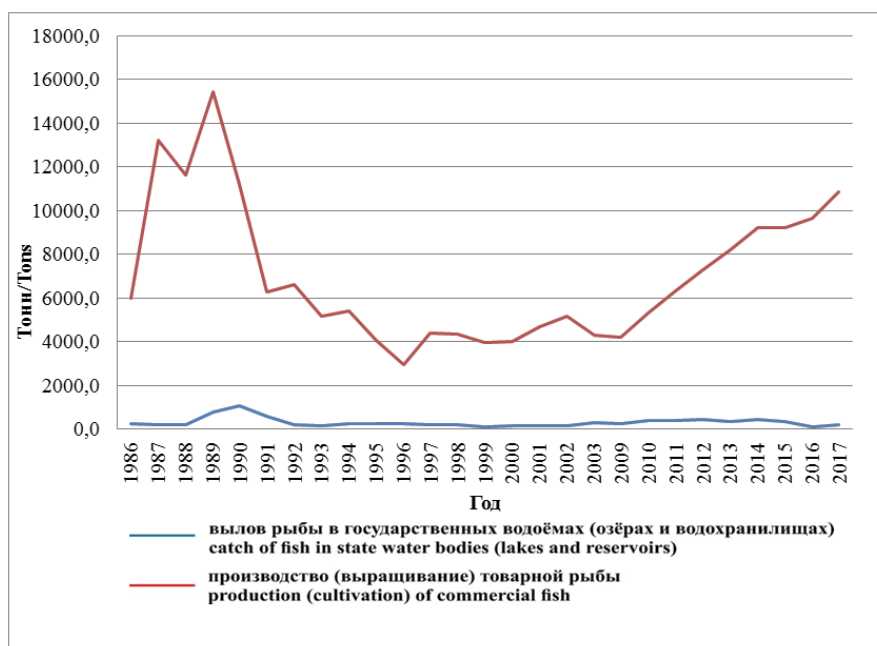


Рис.1. Производство и добыча рыбы в Ставропольском крае (1986-2017 гг.)

Fig.1. Production and catch of fish in the Stavropol Territory (1986-2017)

Особо следует выделить рыбохозяйственную деятельность на Отказненском водохранилище. Созданное в 1965 г., оно имело низкий расчетный срок эксплуатации – 35 лет. Промысловый улов в отдельные годы (1989 г.) на Отказненском водохранилище достигал 351 т, при рыбопродуктивности 195,1 кг/га, а среднегодовой вылов из водоема с 1986 по 2010 гг. составил 154,7 т. Рыбопродуктивность водохранилища Отказненское оказалась в 3-5 раз выше, чем таковая для водохранилищ Мокрая Буйвола и Волчьих Ворот из этого же бассейна р. Кума. Значительная рыбопродуктивность водохранилища Отказненское во многом связана с высоким уровнем технологической культуры проводимой рыбохозяйственной деятельности. Это подтверждают и общие среднегодовые запасы рыбы водоема, они были связаны в основном с вселенцами – карпом и толстолобиками, их доля в уловах 2006-2010 гг. была более 50%, а в отдельные годы (1986-1987 гг.) достигала 90% и более. Серебряный карась занимал в уловах периода 2006-2010 гг. второе по массе значение, его доля в среднем достигала 40%. Рыбное население анализируемого водоема определялось, в целом, ихтиофауной р. Кумы, а также интродуцентами и могло достигать 19 видов, относящихся к 5 семействам. В структуре биоразнообразия водоема особо могут быть выделены редкие виды, в т.ч. занесённые в Красную книгу Ставропольского края, такие как терский подуст и предкавказская щиповка [4]. Ситуация с рыбохозяйственной деятельностью кардинально изменилась с 2015 г., когда площадь и объемы водоема резко сократились в связи с эксплуатационным заилением. Площадь водоема уменьшилась с 17,7 км² до 2,5 км² (27.06.2018 г. космоснимок Landsat 8), т.е. на 86%, а акватория на сегодняшний день представлена тремя изолированными фрагментами (рис. 2). Квоты вылова для водоема сократились с 203 т в 2014 году до 7, 6 и 3 т в 2015, 2016 и 2017 гг. соответственно. Отказненское водохранилище практически потеряло свое рыбохозяйственное значение.

Эффективность освоения суммарных квот вылова в государственных водоемах (озёра и водохранилища) края для периода 2009-2017 гг. в среднем составила 53,9%. Максимальное освоение квот вылова в среднем для указанного девятилетнего периода отмечалось у толстолобиков – 63% и карася – 62%. Неэффективно осваивались ресурсы сома обыкновенного и краснопёрки, доля освоения квот для периода 2009-2017 гг. соста-



вила 10,5 и 13,5% соответственно. Учитывая незначительные запасы данных видов рыб в водоемах, влияние на объемы суммарных выловов малозначимы.



Рис.2. Карта-схема Отказненского водохранилища на космоснимке ресурса Landsat 8 (27.06.2018 г.)

Fig.2. Schematic map of the Otkaznensky reservoir/ Landsat 8 satellite image (06.27.2018)

Характеризуя динамику видовой структуры рыб уловов государственных водоемов (озёра и водохранилища) Ставропольского края, можно отметить следующие особенности.

Серебряный карась в уловах двух анализируемых периодов занимает ведущее место. Для периода 1986-2003 гг. средний ежегодный вылов карася в крае равнялся 93,6 т, доля в уловах при этом составляла 30% (табл. 1). Максимальный вылов серебряного карася приходился на 1990 г. – 487,5 т, его доля в улове при этом 46%. Доля серебряного карася в уловах для периода 2009-2017 гг. возросла и в среднем достигла 35% при сходном значении среднего ежегодного вылова – 102,9 т.

Сазан (каarp) – ценная и значимая рыба в государственных водоёмах (водохранилища) Ставропольского края. Для периода 1986-2003 гг. средний ежегодный вылов достигал 94 т, а в структуре вылова на него приходилось 30% (табл. 1). Максимальный вылов для всех госводоемов зафиксирован в 1989 и 1990 гг. – 420,1 и 439,7 тонн, а это практически половина выловленной в эти годы рыбы. В последнее десятилетие (2009-2017 гг.) средний ежегодный вылов сазана (каarp) уменьшился почти вдвое и составил 49,5 т, что отразилось и на его доле в уловах – 17%. Данный спад обусловлен различными причинами, но, главным образом, резким снижением мер по зарыблению госводоемов рыбопосадочным материалом, в первую очередь, уменьшением производства молоди в крае в 4 раза по сравнению с 1990 г.



Толстолобики (белый и пестрый) в структуре уловов промысловых рыб в государственных водоёмах (водохранилища) Ставропольского края для периода 1986 – 2003 гг. разделяли лидирующие места с серебряным карасем и карпом (сазаном), на долю этих растительноядных рыб приходилось 25% (табл. 1), при этом средний ежегодный улов достигал 79,2 т. Максимальный вылов отмечен в 2003 г. – 127,5 т. Для периода 2009 – 2017 гг. средний ежегодный улов толстолобиков снизился до 45,2 т, уловы трех последних лет вообще не превышали 9-13 т (доля в улове 2015 г. – 4%, 2017 г. – 7%), т.е. его добывалось меньше чем леща. Падение добычи толстолобика также, как и сазана (карпа) обусловлено, главным образом, снижением мер по зарыблению рыбопосадочным материалом водоемов.

Таблица 1

**Вылов рыбы в государственных водоёмах (озёра и водохранилища)
Ставропольского края**

Table 1

Catch of fish in state water bodies (lakes and reservoirs) of the Stavropol Territory

Виды рыб Fish species	В среднем ежегодно за период 1986-2003 гг. Annually, on average for the period of 1986-2003		В среднем ежегодно за период 2009-2017 гг. Annually, on average for the period of 2009-2017	
	Вылов, т Catch, ton	Доля от всего вылова, % Share of total catch, %	Вылов, т Catch, ton	Доля от всего вылова, % Share of total catch, %
Амур белый White Amur	0,6	0,2	3,9	1
Карась серебряный Silver crucian carp	93,6	30,0	102,9	35
Сазан (карп) Common carp	93,8	30,1	49,5	17
Толстолобик Silver carp	79,2	25,4	45,2	15
Лещ / Bream	20,8	6,7	46,5	16
Окунь / Perch	1,7	0,5	28,9	10
Судак Pike perch	14,6	4,7	4,4	2
Щука / Pike	0,4	0,1	1,2	0
Сом обыкновенный Catfish	0,0	0,0	0,1	0
Краснопёрка Common rudd	–	–	0,1	0
Плотва Common roach	7,0	2,3	6,2	2
Густера White bream	–	–	0,9	0
Прочие Other species	–	–	4,1	1
Всего / Total	311,7	100	294,1	100



Известно, что растительноядные рыбы, интродуцированные в составе поликультуры, более полно осваивают кормовые биоресурсы водоема, недоступные или малодоступные для представителей туводной ихтиофауны, при этом они обеспечивают значительный мелиоративный эффект, улучшают экологическое состояние водной экосистемы и, конечно, существенно повышают рыбопродуктивность. Например, В.И. Козлов отмечал, что за счет растительноядных рыб естественная рыбопродуктивность для I-VI зоны по сеголеткам возрастает с 200 до 1070 кг/га, а по товарной рыбе – с 550 до 950 кг/га [5]. Отмеченное снижение доли растительноядных рыб в выловах госводоемов края, на наш взгляд, свидетельствует о значительном ограничении возможности использования суммарного потенциала водных биологических ресурсов региона, включая кормовые. Следует помнить, что трофические пищевые цепи рыб фитофагов, в первую очередь, белого толстолобика и белого амура короче, чем у многих других традиционных промысловых рыб, а это повышает эффективность биоконверсии вещества и энергии кормовых организмов в высокоценную рыбную продукцию [6; 7].

Значение леща в уловах последнего десятилетия (2009-2017 гг.) значительно выросло в сравнении с периодом 1986-2003 гг. Вылов увеличился более чем в 2 раза и достиг 46,5 т, доля в структуре также выросла в два раза и составила 16% (табл. 1).

Многokратно увеличилась добыча окуня. В последнее десятилетие (2009-2017 гг.) средний ежегодный вылов составил 29 т, тогда как в предшествующий период был менее 2 т (табл. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В различные периоды конца XX – начала XXI веков общий годовой вылов в краевых государственных водоемах колебался от максимальных 1065 т (1990 г.) до минимальных 82 т (2016 г.), что связано, главным образом, с социально-экономическими причинами и особенностями государственного менеджмента в рыболовстве и рыбоводстве.

Из 13 видов рыб, вылавливаемых в водохранилищах Ставропольского края, доминирующими являлись сазан (каrp), серебряный карась и толстолобик. Для периода 1986-2003 гг. средний ежегодный вылов сазана (карпа) и серебряного карася составлял по 94 т, толстолобиков – 79 т, на суммарную долю этих трех видов в выловах приходилось 85%. За последние 9 лет (2009-2017 гг.) суммарная доля этих рыб в уловах сократилась до 66%. Средний ежегодный вылов сазана (карпа) и толстолобиков сократился практически вдвое, тогда как вылов менее ценного серебряного карася вырос и достиг 103 т. В целом, эффективность освоения суммарных квот вылова за этот период в среднем составила 54%.

Существенным образом увеличились выловы менее ценных рыб, практически не осваиваемых до 2000 г. – леща и окуня, суммарно их доля в уловах 2009-2017 гг. достигла 26%, тогда как для периода 1986-2003 гг. составляла лишь 7%.

Уменьшение доли растительноядных рыб в выловах водохранилищ Ставропольского края, связанное со снижением мер по зарыблению рыбопосадочным материалом, снизило мелиоративный эффект влияния этих рыб на водные экосистемы, а также значительно ограничило возможности использования суммарного потенциала водных биологических ресурсов региона, включая кормовые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Витенко О.А., Дерман А.А., Куценко А.Н. Актуальные аспекты рыборазведения в современных условиях. СПб: ГосНИОРХ, 1999. 173 с.
2. Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.
3. Мишвелов Е.Г., Аввакумов Э.Н., Бакуменко И.А. Динамика производства и вылова рыбы на территории Ставропольского края // Естественные науки – основа настоящего и фундамент для будущего: Материалы VI ежегодной научно-практической конференции



Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону», Ставрополь, 2018. 439 с.

4. Чумакова И.В., Мишвелов Е.Г., Деревягин Е.В. Особенности рыбохозяйственного использования Отказненского водохранилища на реке Кума в связи эксплуатационными изменениями гидрологических характеристик // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Научные исследования: от теории к практике». Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. С. 25-26.

5. Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. Аквакультура. М.: МГУТУ, 2004. 433 с.

6. Абдусаматов А.С. Биология белого амура, белого толстолобика и пестрого толстолобика, акклиматизированных в Терском районе Каспийского бассейна // Вопросы ихтиологии. 1986. Т. 26. Вып. 3. С. 425-433.

7. Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. М.: «Высшая школа», 1973. 428 с.

REFERENCES

1. Vitenko O.A., Derman A.A., Kutsenko A.N. *Aktual'nye aspekty ryborazvedeniya v sovremennykh usloviyakh* [Actual aspects of fish farming in modern conditions]. SPb, GosNIORKh Publ., 1999, 173 p. (In Russian)

2. Ivanov A.P. *Rybovodstvo v estestvennykh vodoemakh* [Fish farming in natural waters]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988, 367 p. (In Russian)

3. Mishvelov E.G., Avvakumov E.N., Bakumenko I.A. Dinamika proizvodstva i vylova ryby na territorii Stavropol'skogo kraia [Dynamics of production and fishing in the Stavropol Territory]. *Materialy VI ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta «Universitetskaya nauka – regionu», Stavropol', 2018* [Proceedings of the VI Annual Scientific-Practical Conference of the North Caucasus Federal University "University Science – Region", Stavropol, 2018]. Stavropol, 2018, pp. 439. (In Russian)

4. Chumakova I.V., Mishvelov E.G., Derevyagin E.V. Osobennosti rybokhozyaistvennogo ispol'zovaniya Otkaznenskogo vodokhranilishcha na reke Kuma v svyazi ekspluatatsionnymi izmeneniyami gidrologicheskikh kharakteristik [Specific features of fisheries use of the Oskavnskoy reservoir on the Kuma River due to operational changes in hydrological characteristics]. *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike», Cheboksary, 2015* [Proceedings of the VI International scientific-practical conference "Scientific research: from theory to practice", Cheboksary, 2015]. Cheboksary, 2015, pp. 25-26. (In Russian)

5. Kozlov V.I., Nikiforov-Nikishin A.L., Borodin A.L. *Akvakul'tura* [Aquaculture]. Moscow, MSUTM Publ., 2004, 433 p. (In Russian)

6. Abdusamadov A.S. Biology of grass carp, silver carp and bighead carp acclimatized in the Tersky district of the Caspian basin. *Voprosy ikhtiologii* [Ichthyology issues]. 1986, vol. 26, iss. 3, pp. 425-433. (In Russian)

7. Martyshev F.G. *Prudovoe rybovodstvo* [Pond fish farming]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973, 428 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Евгений Г. Мишвелов*, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, Институт математи-

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Evgeny G. Mishvelov*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Nature Management, Institute of



ки и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, ауд. 327, г. Ставрополь, 355009, Россия, тел. 8 (8652)33-02-85, e-mail: mishvelov@mail.ru

Иван А. Бакуменко, аспирант кафедры экологии и природопользования, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

Критерии авторства

Евгений Г. Мишвелов осуществлял общее руководство по написанию статьи и её рубрикации, а также выполнял написание теоретической части статьи; Иван А. Бакуменко осуществлял прием и обработку материалов дистанционного зондирования акватории водных объектов, также осуществлял выполнение практической части статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 05.09.2018

Принята в печать 03.12.2018

Mathematics and Natural Sciences of the North Caucasus Federal University, phone 8 (8652) 33-02-85, 355009, street Pushkin, 1, lecture hall 327, Stavropol, Russia, e-mail: mishvelov@mail.ru

Ivan A. Bakumenko, postgraduate student of the Department of Ecology and Nature Management, Institute of Mathematics and Natural Sciences of the North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Contribution

Evgeny G. Mishvelov provided general guidance on writing and categorizing an article, as well as writing the "Theory" part of the article; Ivan A. Bakumenko carried out the reception and processing of the remote sensing images of the water area, and also worked on the practical part of the article. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 05.09.2018

Accepted for publication 03.12.2018



ЮБИЛЕИ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

**Президенту ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет», Заслуженному работнику
Высшей школы Российской Федерации
Пименову Юрию Тимофеевичу – 75 лет!**

**Yuri Timofeevich Pimenov, President of the Astrakhan State
Technical University, Honorary Figure of Russian Higher
Education, celebrates his 75th birthday!**



25 декабря 2018 года исполнилось 75 лет доктору химических наук, профессору Пименову Ю.Т. При общем стаже его трудовой деятельности 53 года, две третьих из них отдано Астрыбвтузу – АГТУ – флагману рыбохозяйственного образования страны.

Закончив в 1964 году Астрыбвтуз по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки», Пименов Ю.Т. в течение 8 лет проработал на химическом предприятии системы Минсредмаш СССР в Томской области. В 1972 году он закончил вечернее отделение Томского госуниверситета им. В.В. Куйбышева и получил специальность химика. В 1976 году успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук.

По возвращению в 1982 году в родной г. Астрахань, он поступил на работу в Астрыбвтуз и возглавил кафедру органической химии, а с 1987 года стал проректором по учебной работе.

В 1998 г. Ю.Т. Пименову присвоено учёное звание профессора, в 2001 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора химических наук.

Организаторский талант Пименова Ю.Т. в полной мере раскрылся с избранием его в 2002 году на должность ректора университета. Существенно активизи-



ровалась работа Ассоциации ВУЗов Прикаспийских государств по исследованию экологических проблем, устойчивому развитию базы водных биоресурсов Каспийского моря.

Одновременно с подготовкой специалистов Ю.Т. Пименовым была организована и успешно внедрена многоуровневая подготовка бакалавров и магистров по направлениям: «Химическая технология и биотехнология», «Технологические машины и оборудование» и другие, открывается колледж «Технолог» для подготовки специалистов со средним образованием и переподготовки рабочих кадров.

Продолжилась работа по формированию комфортной среды в университетском кампусе путем реконструкции объектов инфраструктуры и обновления паркового хозяйства. Значим его вклад в развитие материально-технической базы Института нефти и газа и Института градостроительства. Сегодня, благодаря усилиям профессора Пименова Юрия Тимофеевича эти институты – наиболее динамично развивающиеся структурные подразделения АГТУ.

В рамках развития научной деятельности университета по его инициативе был открыт целый ряд диссертационных советов, причем совет по научным специальностям «Химия и технология топлив и специальных продуктов» и «Органическая химия» он возглавил лично. За период работы данного совета из работников предприятий, вузов и НИИ Астраханской области защитили кандидатские диссертации около 40 человек, в том числе 5 – под его научным руководством.

Его научная деятельность связана с исследованием молекулярных механизмов биологического действия высокотоксичных органических производных тяжелых металлов на биохимические процессы, а так же с разработкой и поиском веществ, способных снизить токсическое действие этих соединений. Он является автором и соавтором более 132 научных и методических работ (учебное пособие с грифом Госкомрыболовства «Органическая химия» в двух частях, учебное пособие «Введение в химию ВМС», монография «Ртуть, олово, свинец и их органические производные в окружающей среде») и 7 патентов.

С 2013 г. по настоящее время Юрий Тимофеевич – президент Астраханского государственного технического университета. Юрий Тимофеевич Пименов активно сотрудничает с вузами, входящими в Ассоциацию университетов Прикаспийских государств, выступает с докладами на ежегодных ассамблеях, принимает активное участие в подготовке итоговых документов.

За добросовестный многолетний труд, большой вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов для рыбного хозяйства Пименов Ю.Т. награжден государственными наградами, в том числе медалью «За заслуги в области образования» Социалистической Республики Вьетнам.

Пименов Ю.Т. является Почетным гражданином г. Астрахани, награждался Почетной грамотой Губернатора Астраханской области, Почетной грамотой Думы Астраханской области. Юрий Тимофеевич имеет награды и как общественный деятель за вклад в духовное возрождение земли Астраханской.

Благодаря своим высоким человеческим качествам, профессиональной подготовленности, организаторским способностям, преданности благородному делу служения науке и образованию Ю.Т. Пименов заслуженно пользуется авторите-



том и доверием как научно-педагогического сообщества АГТУ, так и коллег из ВУЗов Федерального агентства по рыболовству и Ассоциации прикаспийских государств.

Уважаемый Юрий Тимофеевич! Поздравляем Вас с юбилеем и адресуем Вам наши самые сердечные пожелания. Желаем крепких сил и здоровья, личных благ, великих возможностей и больших перспектив, свободных полётов интеллекта и души, чтобы Вас посещали гениальные идеи и появлялись новые концепции. Большого Вам успеха в делах, колоссального развития и достижения желанных целей!

*С уважением, Редакционная коллегия журнала
«Юг России: экология, развитие»*



КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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 ,
nadira_guseynova@mail.ru, моб. тел. +79285375323

Иванушенко Юлия Юрьевна, магистр экологии, e-mail: dagecolog@mail.ru ,
yuliya.ivanushenko@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

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, nadira_guseynova@mail.ru, tel. +79285375323

Yuliya Ivanushenko Yuryevna, master of ecology, e-mail: dagecolog@mail.ru,
yuliya.ivanushenko@mail.ru, tel. +79894778519

Editorial address: 367001, Russia, Makhachkala, 21 Dakhadaeva st.,
tel. / fax: +7 (8722) 56-21-40



Издание зарегистрировано Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФСЦ77-25929.

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 «МК-periodica» in your country or to JSC «МК-periodica» directly.

Adress: Russia, 129110, Moscow, 39, Gilyarovsky St., JSC «МК-periodica».

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.
Оригинал-макет подготовлен в ООО «Институт прикладной экологии».

Подписано в печать 28.01.2019.
Объем 22,75. Тираж 100. Заказ № 44.
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии ИПЭ РД
г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21