

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 № 2 2019

ISSN 1992-1098
e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.14 no. 2 2019

SOUTH OF RUSSIA: ECOLOGY, DEVELOPMENT

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

Даудова Мадина Гасан-Гусейновна, 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)



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)

Madina G. Daudova, 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)

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)

Трифонова 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)

Яковенко Н.В., д.г.н., профессор, заведующий кафедрой социально-экономической географии и регионоведения, Воронежский государственный университет (Воронеж, 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)

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)

Nataliya V. Yakovenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Social and Economic Geography and Regional Studies, Voronezh State University (Voronezh, Russia)



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Вилков Е.В.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПТИЦ В ПРЕДГОРНОМ ДАГЕСТАНЕ.....9-34

Дёрко А.А., Алексеев А.Ю., Шаршов К.А., Бурканов В.Н.,

Джамалутдинов Дж.М., Абдулгалимова Г.Н., Ибнумасхудова П.М.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЦИРКУЛЯЦИИ ГЕРПЕСВИРУСОВ
У СИВУЧЕЙ (*EUMETOPIAS JUVATUS*, SCHREBER, 1776) ОХОТСКОГО МОРЯ.....35-47

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Гречушкина-Сухорукова Л.А.

ДИНАМИКА ОСВЕЩЕННОСТИ ГАЗОНОВ В ТЕНИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ
НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД.....48-58

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Вельмовский П.В., Чибилёв А.А.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ РЕЛИКТОВЫХ
СОСНЯКОВ БУЗУЛУКСКОГО БОРА В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ НЕФТЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....59-69

Рыбкина И.Д., Сивохин Ж.Т.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО
РЕГИОНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....70-86

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Шелканов М.Ю.

РЕАКЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ТРАНСПОРТНЫЙ
СТРЕСС И ЕГО КОРРЕКЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИКОВ.....87-98

Новиков Н.Н., Сорокин Н.Т., Грачев Н.Н., Машков И.С., Денисова М.Э.,

Никитин В.С., Варфоломеева М.М., Евтюхин В.Ф.

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И
ОХРАНЫ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....99-119

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Бархалов Р.М., Абдурахманова А.А., Амаева Ф.Ш.

МИКРОВОДОРОСЛИ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ОСТРОВА ТЮЛЕНИЙ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....120-131

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ И РЕКРЕАЦИЯ

Матюгина Э.Г., Пожарницкая О.В., Вусович О.В.

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ ТЕРРИТОРИИ
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН).....132-149

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Трифонова Т.А., Салмин А.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКА *HYROGYMNA PHYSODES* В КАЧЕСТВЕ
АККУМУЛЯТИВНОГО БИОИНДИКАТОРА ТЕХНОГЕННОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ.....150-163



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Nabozhenko M.V., Teymurov A.A., Soltanmuradova Z.I.*
RARE ENDEMIC DARKLING BEETLE *HEDYPHANES NYCTERINOIDES*
FALDERMANN, 1837 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) FROM DAGESTAN
AS INDICATOR OF HALOPHYTIC BIOTOPES.....164-171
- Волобуев С.В., Иванушенко Ю.Ю., Исмаилов А.Б.*
НОВЫЕ ДЛЯ ДАГЕСТАНА ВИДЫ РОДА *TOMENTELLA* (THELEPHORALES,
BASIDIOMYCOTA).....172-179
- Семенова В.В., Андросова Д.Н., Данилова Н.С.*
ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА *THLASPI ARVENSE* L.
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ.....180-188
- Минникова Т.В., Колесников С.И., Денисова Т.В.*
ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ И ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА.....189-201
- Цивадзе А.Ю., Сиротинский Ю.В., Абатуров М.А.*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ
ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ В ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ
В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПОСЛЕДСТВИЙ.....202-210
- Гудвиллович И.Н., Боровков А.Б.*
АПРОБАЦИЯ ДВУХСТАДИЙНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *DUNALIELLA SALINA*
(TEODORESCO, 1905) В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ.....211-220
- КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....221**

CONTENTS

ECOLOGY OF ANIMALS

- Vilkov E.V.*
SPECIES COMPOSITION AND TERRITORIAL DISTRIBUTION OF BIRDS
IN PIEDMONT DAGESTAN.....9-34
- Derko A.A., Alekseev A.Yu., Sharshov K.A., Burkanov V.N.,
Jamalutdinov J.M., Abdulgalimova G.N., Ibumaskhudova P.M.*
MODERN VIEWS ON THE CIRCULATION OF HERPES VIRUSES IN THE OKHOTSK SEA
STELLER SEA LION (*EUMETOPIAS JUBATUS*, SCHREBER, 1776).....35-47

ECOLOGY OF PLANTS

- Grechushkina-Sukhorukova L.A.*
DYNAMICS OF ILLUMINANCE INCIDENT ON THE LAWN SURFACE
IN THE SHADE OF VARIOUS WOODY SPECIES.....48-58

GEOECOLOGY

- Velmovsky P.V., Chibilyov A.A.*
PRESERVATION OF THE OLD-GROWTH RELIC BUSULUK PINE FOREST
UNDER THE CONDITIONS OF OIL FIELD DEVELOPMENT.....59-69



Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T.
WATER RESOURCES OF THE RUSSIAN-KAZAKHSTAN TRANSBOUNDARY
REGION AND THEIR USE.....70-86

AGROCULTURAL ECOLOGY

Kukhareenko N.S., Fyodorova A.O., Shchelkanov M.Yu.
TRANSPORTATION STRESS IN FARM ANIMALS AND ITS CORRECTION
BY PROBIOTIC TREATMENT.....87-98

*Novikov N.N., Sorokin N.T., Grachev N.N., Mashkov I.S., Denisova M.E.,
Nikitin V.S., Varfolomeeva M.M., Evtukhin V.F.*
ENVIRONMENTAL HAZARDS AND LABOUR PROTECTION
IN AGRI-CULTURE WITH THE ORGANIC FARMING DEVELOPMENT:
A MODEL OF INTEGRATED ASSESSMENT.....99-119

ECOLOGY OF MICROORGANISMS

Barkhalov R.M., Abdurakhmanova A.A., Amaeva F.Sh.
MICROALGAE FROM THE COASTAL WATERS OF TYULENY ISLAND
IN THE CASPIAN SEA.....120-131

ECOLOGICAL TOURISM AND RECREATION

Matyugina E.G., Pozharnitskaya O.V., Vusovich O.V.
NATURAL RESOURCES AS A BASIS FOR CREATING THE TOURIST-RECREATIONAL
PROFILE OF A TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN).....132-149

METHODS OF ENVIRONMENTAL STUDIES

Trifonova T.A., Salmin A.S.
APPLICATION OF THE *HYPOGYMNA PHYSODES* LICHEN AS AN ACCUMULATIVE
BIOINDICATOR OF ANTHROPOGENIC ATMOSPHERE POLLUTION.....150-163

BRIEF REPORTS

Nabozhenko M.V., Teymurov A.A., Soltanmuradova Z.I.
RARE ENDEMIC DARKLING BEETLE *HEDYPHANES NYCTERINOIDES*
FALDERMANN, 1837 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) FROM DAGESTAN
AS INDICATOR OF HALOPHYTIC BIOTOPES.....164-171

Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B.
NEW FOR DAGESTAN SPECIES OF *TOMENTELLA* (THELEPHORALES,
BASIDIOMYCOTA).....172-179

Semenova V.V., Androsova D.N., Danilova N.S.
STUDY OF THE LIFE CYCLE OF *THLASPI ARVENSE* L. IN CENTRAL YAKUTIA.....180-188

Minnikova T.V., Kolesnikov S.I., Denisova T.V.
EFFECT OF NITROGEN AND HUMIC FERTILIZERS ON THE BIOCHEMICAL STATE
OF OIL-CONTAMINATED CHERNOZEM.....189-201

Tsivadze A.Yu., Sirotinskiy Yu.V., Abaturov M.A.
APPLICATION OF MICROSEISMIC NOISE ESTIMATION IN OIL AND GAS
EXPLORATION AIMED AT REDUCING ENVIRONMENTAL IMPACT.....202-210

Gudvilovich I.N., Borovkov A.B.
TESTING OF TWO-STAGE CULTIVATION OF *DUNALIELLA SALINA* TEOD.
(TEODORESCO, 1905) IN THE SEVASTOPOL REGION.....211-220

CONTACT INFORMATION.....221



ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Оригинальная статья / Original article

УДК 591.5

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-9-34

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПТИЦ В ПРЕДГОРНОМ ДАГЕСТАНЕ

Евгений В. Вилков

*Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН,
Махачкала, Россия, evberkut@mail.ru*

Резюме. Цель. Обобщены данные орнитологических учетов, проведенных в 1995–2018 гг. в Предгорном Дагестане. Впервые получены сведения о видовом составе птиц и их среднем обилии, статусе пребывания и фауно-генетической структуре, экологическом облике авифауны и специфике территориального распределения птиц в предгорьях Дагестана. **Методы.** Учеты птиц проведены на маршрутах без ограничения ширины трансекта с последующим раздельным пересчетом на площадь по среднегрупповым дальностям обнаружения. Фауно-генетическая структура определена по общепринятой методике. Экологическая классификация основана на оригинальной дифференциации птиц по их встречаемости в предпочитаемых местообитаниях. Полученные данные обработаны с помощью кластерного, факторного и корреляционного анализов. **Результаты.** Из 127 видов птиц, отмеченных в предгорьях Дагестана, преобладают широко распространенные, европейские, европейско-китайские, средиземноморские и монгольские представители типов фаун, что обусловлено наличием подходящих для них местообитаний. В ходе кластерного анализа выделены три группы ключевых участков, отражающие сходство населения птиц исследуемой территории на основе их обилия. Построенный структурный граф показал пространственно-типологическую структуру населения птиц Предгорного Дагестана. Установлено, что формирование сообществ птиц сравниваемых ключевых участков имеет не только схожий, но и своеобразный экологический облик, который формируется при воздействии таких факторов среды, как: высотный градиент, тепло- и влагообеспеченность, площадь лесов, скальных выходов, а также открытых участков и антропогенных ландшафтов. **Заключение.** Специфический облик орнитофауны Предгорного Дагестана придают не только гнездящиеся в предгорьях адаптированные популяции перелетных птиц равнин, но и резидентные сообщества типично горных птиц, качественный и количественный состав которых изменяются при интегрированном воздействии регулирующих факторов среды.

Ключевые слова: Предгорный Дагестан, орнитофауна, население, экологический облик, орнитокомплекс, факторы.

Формат цитирования: Вилков Е.В. Видовой состав и особенности территориального распределения птиц в Предгорном Дагестане // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.9-34. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-9-34



SPECIES COMPOSITION AND TERRITORIAL DISTRIBUTION OF BIRDS IN PIEDMONT DAGESTAN

Evgeniy V. Vilkov

*Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, evberkut@mail.ru*

Abstract. *Aim.* The paper summarizes the data on bird counts carried out in 1995–2018 in Piedmont Dagestan. Information on the following points was obtained for the first time: composition of bird species, their average abundance, residence status, faunal-genetic structure, ecological pattern of the avifauna, as well as the features of territorial distribution of birds in Piedmont Dagestan. *Methods.* Bird counts were carried out on routes without limiting the transect width, with further separate recalculation per area according to the average detection ranges for groups. The faunal-genetic structure was determined using a standard procedure. The ecological classification is based on the original differentiation of birds according to their occurrence in preferred habitats. The obtained data were processed using cluster, factor and correlation analyses. *Results.* Of 127 bird species recorded in Piedmont Dagestan, widespread representatives of European, European-Chinese, Mediterranean, as well as Mongolian fauna predominate, which is associated with the availability of suitable habitats. In the course of cluster analysis, we identified three groups of key areas, reflecting the abundance-based similarities between bird populations in the studied area. The constructed structural graph illustrates the spatial-typological organization of the bird population in Piedmont Dagestan. It is established that the development of bird communities in the compared key areas has not only a similar but also distinctive ecological pattern, formed under the influence of such environmental factors as high-altitude gradient, availability of warmth and water, forest area, rocky outcrops, as well as open areas and man-made landscapes. *Conclusion.* The specific ecological pattern of the avifauna in Piedmont Dagestan was developed due to the contribution of both adapted populations of migratory birds of the plains, nesting in the foothills, and to that of the resident communities of typically mountain birds, whose qualitative and quantitative composition changes under the integrated influence of environmental regulatory factors.

Keywords: Piedmont Dagestan, avifauna, population, ecological pattern, bird community, factors.

For citation: Vilkov E.V. Species composition and territorial distribution of birds in Piedmont Dagestan. *South of Russia: ecology, development.* 2019, vol. 14, no. 2, pp. 9-34. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-9-34

ВВЕДЕНИЕ

Предгорный Дагестан, занимающий северо-восточную часть Северного макросклона Большого Кавказа, исторически привлекал к себе внимание орнитологов прежде всего как разноувлажненная и биотопически дифференцированная экосистема с множеством вариаций сообществ птиц. Через переходные орнитокомплексы предгорий осуществляется связь птиц с авифауной Внутригорного и Высокогорного Дагестана, равно как и с сообществами птиц равнин республики. Вместе с тем через магистральные ущелья предгорий мигрирует свыше сотни видов перелетных птиц Палеарктики, входящих в состав западносибирско-восточноафриканского миграционного ареала [1-5]. Связано это с тем, что горы Кавказа, сужаясь в меридиональном направлении между Черным и Каспийским морями, формируют масштабный миграционный коридор, устроенный по типу «бутылочного горлышка» (рис. 1).



Рис.1. Схема расположения кавказского миграционного коридора – «бутылочного горлышка» и трасс предполагаемого пролета европейских и азиатских мигрантов

Fig.1. Location of the Caucasian migration corridor (bottleneck) and a trajectory of the supposed passage of European and Asian migrants

При этом часть азиатских мигрантов, использующих укороченный, но довольно сложный транскавказский пролетный путь, проникает на зимовки в Переднюю Азию и Африку [2-4]. Другая часть европейско-азиатских мигрантов летит с территории, охватывающей пространство от Британских островов на западе Палеарктики до оз. Байкал на востоке [5]. Эта группа мигрантов, следуя по локальному пролетному пути, ограниченному с запада передовыми хребтами Восточного Кавказа, с востока – Каспийским морем, достигает традиционных мест зимовок на юге Каспия, Передней Азии, северо-западной Индии, северо-восточной, западной и южной частях Африки [1-5].

Невзирая на ландшафтно-биотопическую привлекательность и относительную доступность, предгорья Дагестана оставались закрытыми для приезжих исследователей вплоть до XIX в. Не в меньшей мере мешала посещению этих мест учеными социальная напряженность периода Кавказских войн. Лишь к концу XIX в. Горный Дагестан, включая предгорья, стали сравнительно доступными для исследователей, в числе которых: Э. Менетрие [6], Г.И. Радде [7], К.Н. Россиков [8; 9 и др.], Н.Я. Динник [10-12 и др.], С.И. Билькевич [13] и некоторые другие. В XX в. исследования продолжили К.А. Сатунин [14 и др.], Л.Б. Бёме [15; 16 и др.], М.Г. Гасангусейнов [17], Р.Л. Бёме, Д.А. Банин [18] и некоторые другие.

Несмотря на богатый, но разнородный ретроспективный материал, фундаментальных аналитических работ по фауне и распределению птиц в Предгорном Дагестане до сих пор не проводилось. При этом необходимость в современных сведениях по населению птиц этой части горной страны в последнее время особенно возросла. Связано это с тем, что, во-первых, исторически сформировавшаяся в относительной изоляции [19]



орнитофауна Кавказа включает три неэндемичных¹ таксона, состояние которых в быстро меняющихся условиях горных экосистем Дагестана требует постоянного мониторинга (в частности, кавказской пеночки, встречающейся в предгорьях). Во-вторых, специфика орографии района породила множество переходных ландшафтов, населенных сообществами птиц, характерных не только для равнинных районов республики, но и для Внутригорного и Высокогорного Дагестана. Однако каков состав этих сообществ и какова специфика их территориального распределения, нам только предстоит выяснить. В-третьих, на рубеже XX-XXI вв. на фоне глобального потепления климата [20] и социально-экономических преобразований во многих горных районах республики, включая предгорья, стали происходить качественные изменения природной среды, связанные с резким сокращением посевных площадей, рубкой лесов, газификацией, снижением поголовья скота и расширением различных форм антропогенной нагрузки, что не могло не отразиться на орнитофауне, тонко реагирующей динамикой численности и видовым составом птиц на интегрированное воздействие комплекса регулирующих факторов среды.

Вышеизложенные тенденции определили приоритетные цели и задачи наших исследований, заключающиеся в определении видового состава птиц, статуса их пребывания, фауно-генетической структуры, экологического облика, обилия птиц и специфики их территориального распределения в Предгорном Дагестане.

На фоне сформулированных задач с 1995 г. начат цикл мониторинговых исследований сообществ птиц трех горных провинций республики [2; 21-30] (рис. 2).

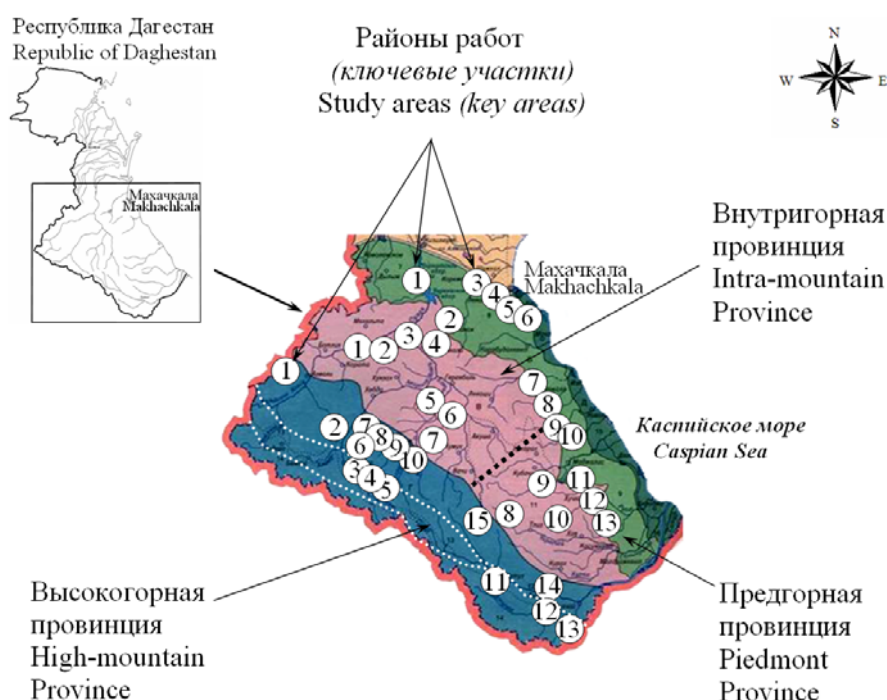


Рис.2. Районы работ в Высокогорной, Внутригорной и Предгорной провинциях Дагестана с 1995-2018 гг.

Fig.2. Study areas in the High Mountain, Intra-mountain and Piedmont Provinces of Dagestan, 1995-2018

Собранный материал послужил основой для подготовки обобщающего сообщения по фауне и распределению птиц в Предгорной провинции Дагестана, являющейся наибо-

¹ К неэндемикам Кавказа, включая Горный Дагестан, относятся: кавказский тетерев *Lyrurus mlokosiewiczi* Taczanowski, 1875, кавказский улар *Tetraogallus caucasicus* Pallas, 1811 и кавказская пеночка *Phylloscopus lorenzii* Lorenz, 1887.

Neoendemics of the Caucasus, including Mountainous Dagestan, comprise Caucasian grouse *Lyrurus mlokosiewiczi* Taczanowski, 1875; Caucasian snowcock *Tetraogallus caucasicus* Pallas, 1811; and Caucasian chiffchaff *Phylloscopus lorenzii* Lorenz, 1887.



лее пестрой по биотопическому разнообразию и уникальной по видовому составу птиц среди трех горных провинций республики. Во избежание разночтений данные по видовому составу птиц, статусу их пребывания и среднему обилию основаны только на авторском материале.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В статье обобщены результаты 23-летних (1995-2018 гг.) орнитологических учетов, проведенных на 14 ключевых участках в 9 административных районах Предгорного Дагестана. Исследуемые территории расположены в диапазоне высот 200-1200 м н. у. м. (далее просто м). Суммарно проведено 49 орнитологических учетов, общей протяженностью 354,5 км пеших маршрутов (от 5 до 15 километров за день учета в разных ландшафтных выделах), пройденных за 216 часов. Время проведения учетов с 7 до 17 часов, исключая время отдыха, скрадывание, фотографирование и др. Отснято свыше 20 тыс. фотографий птиц и горных ландшафтов.

Физико-географическая характеристика района основана на работах З.В. Атаева [31] и М.М. Эльдарова [32]. Учеты птиц проведены на маршрутах без ограничения ширины трансекта с последующим раздельным пересчетом на площадь по среднегрупповым дальностям обнаружения [33]. Для птиц, отмеченных летящими, внесены поправки на среднюю скорость полета [34]. Систематика птиц принята по Л.С. Степаняну [35]. Фауно-генетическая структура основана на классификации Б.К. Штегмана [36]. Обработка данных проведена с помощью пакета статистических программ Excel.

Для характеристики экологически различных видов птиц использовали экологическую классификацию [2], основанную на дифференциации птиц по их встречаемости в предпочитаемых местообитаниях. Используемый алгоритм позволил выделить 10 экологически различных орнитокомплексов. При этом птиц, которых встретили в воздухе выше верхней границы растительности (хищники, воздушорей), подразделили на орнитокомплексы *парителей* и *воздухореев*, поскольку воздушная среда как место сбора корма воздушореев и среда для обзора парителей условно принята нами за «местообитание». Применение вышеуказанной классификации позволило: во-первых, определить полный набор птиц в каждом из 10 экологически различных орнитокомплексов; во-вторых, оценить среднее и суммарное обилие видов каждого из орнитокомплексов; в-третьих, установить доленое участие каждого вида в соответствующем орнитокомплексе и выделить первые 2-3 лидирующих по обилию вида, через которые осуществляется связь между соответствующими орнитокомплексами среди сравниваемых ключевых участков.

При описании факторов среды, определяющих неоднородность населения птиц каждого из ключевых участков, использовали сведения о высоте местности над уровнем моря, среднемесячные показатели температур воздуха и влажности (по данным Гидрометцентра РД). Площадь леса (облесенность) и сомкнутость крон рассчитывали визуально в среднем на площадь ключевого участка (подрост не учитывался). Продукцию семян определяли методом модельных площадок. Высоту травостоя замеряли на месте. Удаленность населенных пунктов определяли по расстоянию до ключевых участков. Долю открытых участков, агроландшафтов, водоемов, крутизну склонов и скальных выходов рассчитывали в среднем на единицу площади. При оценке обилия мелких млекопитающих использовали работы М.-Р.Д. Магомедова, К.З. Омарова [37]; К.З. Омарова, М.-Р.Д. Магомедова [38]; К.З. Омарова, Ю.А. Яровенко [39]. Классификацию орнитофауны проводили с помощью кластерного анализа на основе матрицы данных по среднему обилию птиц каждого из ключевых участков. Оценку связей факторов среды и населения птиц провели с помощью корреляционного анализа. Степень проявления факторов среды задана одинаково в виде выделенных градаций. Связь неоднородности населения птиц с регулируемыми факторами среды отразил структурный граф. Граф построен по оценкам сил связей населения птиц на уровне выделенных ключевых участков. Межгрупповое сходство рассчитывали как среднее от коэффициентов сходства соответствующих вариантов населения птиц. За минимальный уровень сходства взята величина 20% [40].

Трактовка используемых терминов (в нашем понимании): *орнитокомплекс* – совокупность видов птиц, объединенных схожей экологической спецификой. *Сообщество*



птиц – авифаунистическая группировка, объединяющая ряд орнитокомплексов, характерных для какого-либо ключевого участка. *Комплекс (группа) птиц* – объединяет сообщества птиц, характерных для нескольких ключевых участков, выделенных в ходе кластерного анализа.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Провинция Предгорного Дагестана занимает высоты 200-1200 м и в виде дугообразного пояса простирается с северо-запада на юго-восток на 250 км при ширине 20-50 км. Предгорья не представляют собой сплошного поднятия, а состоят из множества хребтов, между которыми расположены долины, каньоны и котловины. По высотным параметрам и ландшафтно-биотопическим отличиям предгорья подразделяют на две части: нижнепредгорную – 200-600 м (пояс лесостепей) и верхнепредгорную – 600-1200 м (пояс ксерофитных лесостепей и горных широколиственных лесов). Осадки возрастают с увеличением абсолютных высот местности и убывают с запада на восток. В предгорьях выделяют три физико-географических района: Северо-западный, Центральный и Юго-восточный.

Северо-западный район занимает предгорную и низкогорную части Черных гор и северные склоны хребта Салатау, отделенные от центральных предгорий р. Сулак. Климат умеренно-континентальный. Зима теплая в низких предгорьях и прохладная – в верхних. Для рельефа характерны крутые склоны, расчлененные долинами рек с обрывистыми бортами и балками. Платообразная подгорная равнина на высотах 200-350 м занята степными ассоциациями с включениями шибляка. На склонах хребтов до высоты 500-600 м преобладают лесостепные ландшафты. До высоты 1700-1800 м поднимаются дубово-буково-грабовые леса с послелесными лугами. Основное значение в хозяйстве района имеют летние пастбища. Земледелие приурочено к днищам долин, платообразным возвышенностям и пологим участкам склонов гор.

Центральный район расположен в междуречье Сулака и Уллучая. Преобладают сухостепные, лесостепные и лесные ландшафты. Климат умеренно-континентальный с недостаточным увлажнением. Реки маловодны, многие из которых пересыхают летом. До высоты 300-400 м развиты сухие степи. На склонах гряд северных и восточных экспозиций, а также в ложбинах междуречных плато среди степи рассредоточены низкорослые дубово-грабовые леса с зарослями кустарников. На Сергокалинском плато и плато к западу от Буйнакса в условиях большего увлажнения доминируют лесостепные ландшафты с зарослями кустарников и степями. На склонах Гимринского хребта и хребта Лес сохранились буково-грабовые леса. В аридных долинах Кар-Кар и Параульской сформировалась лугово-полянно-солянковая растительность. В долинах рек развито овощеводство, садоводство и бахчеводство. Степные ландшафты используются под летние пастбища и сенокосы.

Юго-восточный район начинается южнее р. Уллучай и простирается до р. Самур. Климат умеренно-континентальный и более влажный, чем Центральный район. Здесь сочетаются степные, лесостепные и лесные ландшафты. Для рельефа характерны пологоволнистые и платообразные поверхности, расчлененные долинами, балками и оврагами. Район пересекают транзитные реки. Предгорные плато с более сухим климатом заняты степными ассоциациями. Платообразные поверхности на высотах 300-500 м покрыты зарослями кустарников и злаково-разнотравными степями. Лесостепные ландшафты формируются на полого-холмистых плато высотой более 500 м, где дубово-грабовые редколесья перемежаются с послелесными лугами и степями. На высотах более 1000 м на склонах восточных экспозиций преобладают буково-грабовые и дубовые леса с послелесными лугами и степями, превалирующими на склонах южных экспозиций. В поймах рек сформировались луга и дубово-ольхово-тополевые леса. В долинах рек и на низких плато развито садоводство, овощеводство, виноградарство, а на высоких плато и пологих склонах возделываются зерновые культуры. Послелесные луга и степи используются под летние пастбища и сенокосы.



За последние 7-10 лет многие районы предгорий газифицированы, что положительно отразилось на восстановлении лесов, ранее подвергающихся рубке со стороны местного населения в целях отопления жилищ.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях горной местности, отличающейся ландшафтной неоднородностью, представители различных фаун птиц могут находиться на значительном удалении друг от друга, равно как и располагаться в непосредственной близости, формируя своеобразные видовые композиции. Предгорная провинция Дагестана как разноувлажненная и биотопически контрастная часть горной страны в этом отношении довольно сложна. Так, для верхних предгорий характерны отсутствие четких фаунистических границ и разорванность ареалов птиц, что обусловлено, с одной стороны, расчлененностью рельефа, при которой схожие биотопы мозаично разобщены, с другой – сближены за счет инверсии геоботанических зон, когда, например, горная степь может находиться выше лесного пояса, или же наблюдается их взаимопроникновение. В основе инверсии вертикальной поясности лежит абиотический процесс – сток охлажденных воздушных масс по межгорным котловинам, сдвигающих высотный пояс по градиенту [41]. По этой причине на локальных участках гор формируются устойчивые мезоклиматические условия, способствующие развитию несвойственной для данной высоты биоты. Подобная биоклиматическая мозаика особенно характерна для резких форм рельефа верхних предгорий, где для каждого из горных хребтов она выражена индивидуально, поскольку усиливается разницей экспозиций каждого из горных склонов. Соответственно, птицы, населяющие диффузно рассредоточенные биотопы, могут встречаться на разных высотах и на значительном удалении друг от друга. В результате на отдельных участках гор формируется множество переходных стадий с комплексом отличных биоклиматических условий, что способствует формированию более специализированных сообществ растений и птиц. При этом горные биоты постоянно испытывают воздействие экстремальных факторов среды – повышенного уровня ультрафиолетового излучения, резких суточных и сезонных перепадов температур, сильных ветров и осадков, что вынуждает птиц заселять станции с оптимальным набором условий и предпочитаемых ресурсов. При этом роль субоптимальных биотопов снижается, тогда как связь птиц с оптимальными станциями возрастает за счет выработки у них специфических адаптаций в ходе длительного процесса смены многих поколений, контролируемых естественным отбором в однотипных условиях обитания. Это приводит к появлению узкоспециализированных и, как правило, территориально обособленных микропопуляций², населяющих, предположительно, одни и те же станции на протяжении многих лет. Принципиально, что подобная специфика характерна не только для резидентных сообществ типично горных птиц, но и для гнездящихся в верхних предгорьях адаптированных популяций перелетных птиц равнин [2]. Напротив, в нижних предгорьях вышеуказанные тенденции выражены не так контрастно, поскольку здесь доминируют сглажено-пологие формы рельефа, определяющие присутствие относительно однотипных условий обитания. Тем не менее и в этом высотном поясе хорошо прослеживается мозаичность биотопов, равно как и флоро-фаунистических различий складывающихся на склонах гор разных экспозиций. Связано это с тем, что нижнепредгорные биоты формируются в условиях повышенной инсоляции, контрастности температур воздуха на склонах разных экспозиций, открытости или замкнутости долин и котловин, а также специфики распределения долинных ветров (фенов) и осадков, изменяющихся в зависимости от высоты местности и удаленности от каспийского побережья. В результате две отличные по орографическим и биоклиматическим параметрам части Предгорного Даге-

² *Микропопуляция* – совокупность особей вида, занимающих однородный участок небольшой площади. Экологическая микропопуляция отличается от другой соседней микропопуляции распределением в иной среде обитания, морфофизиологическими и этологическими особенностями [42].

Micropopulation is a population of individuals belonging to a species and occupying a small homogeneous area. Neighbouring micropopulations differ from one another in a habitat, as well as in morpho-physiological and ethological features [42].



стана населены не только схожими, но и различающимися по таксономическому составу и плотности населения сообществами птиц.

За период 23-летнего мониторинга в Предгорном Дагестане (рис. 3) встречено 127 видов птиц (табл. 1), что составляет 35% от авифауны республики (365 видов). Среди отмеченных видов: 52 – оседлых и оседло-кочующих, 61 – гнездящихся перелетных, 9 – вероятно гнездящихся перелетных, 3 – пролетных, 2 – случайно или редко залетных.

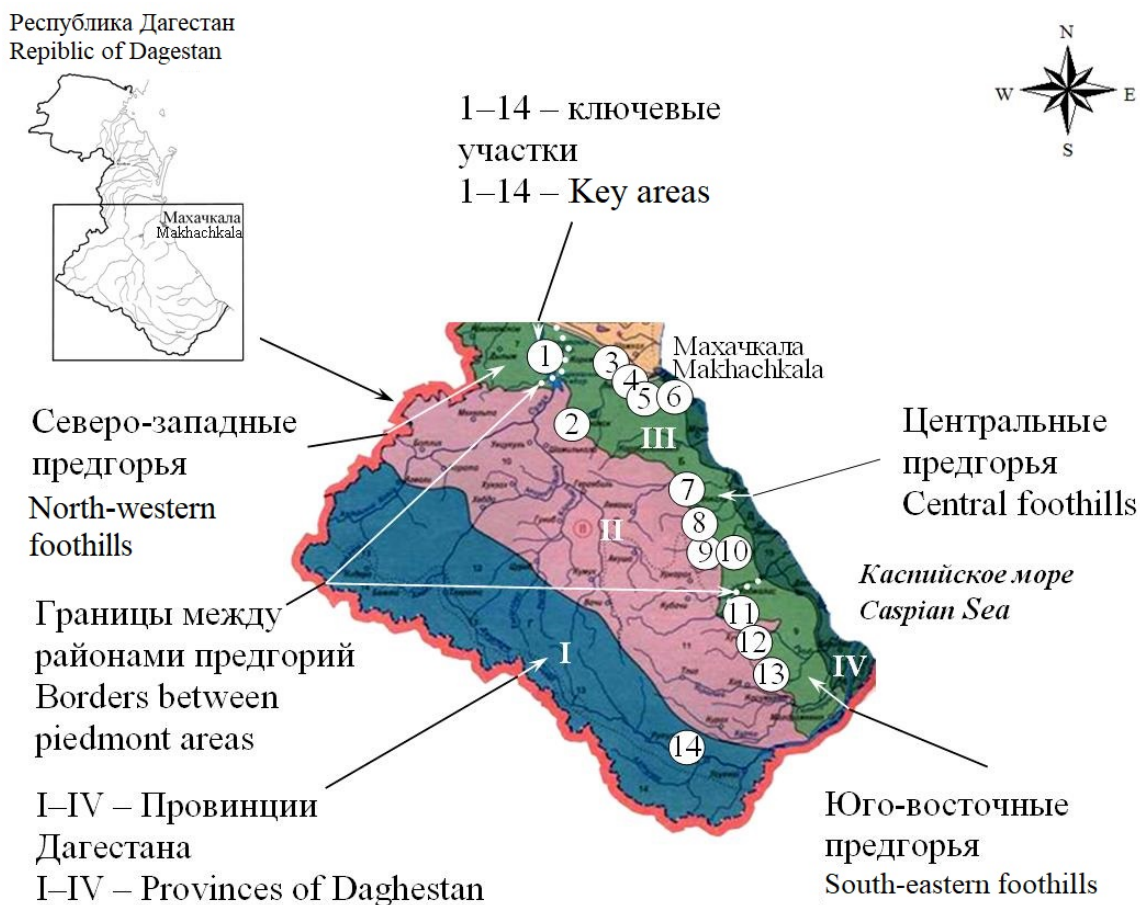


Рис.3. Схема районирования Дагестана с указанием ключевых участков, высот местности и сроков проведения работ

Fig.3. Zonation diagram of Dagestan, indicating key areas and dates of conducting work

Примечания: I–IV – Провинции Дагестана: I – Высокогорный, II – Внутригорный, III – Предгорный, IV – Приморская низменность [31]. **Ключевые участки:** 1) Буйнакский 1 – 250-900 м (с центрами – пос. Дубки, Черкейское вдх., хребет Надыр-Бек, долина Кар-Кар: 14.05.2010); 2) Буйнакский 2 – 950-1100 м (с центром – т/б Терменлик, плодовые сады: 05-06.1996); 3) Кумторкалинский – 200-450 м (с центром – Ущелье Маркова 04.06.2002); 4) Нарат-тюбинский хребет – 350-600 м (с центром – Буйнакский перевал: 26.05.1995; 02.06.1995; 12.06.1995; 30.06.1995; 28.05.1996; 05.06.1996; 12.06.1996; 21.06.1996; 28.06.1996; 02.07.1996; 09.07.1996; 23.05.1997; 03.06.1997; 08.06.1997; 03.06.1998); 5) Талгинское ущелье – 450-600 м (24.06.1996; 30.05.1997); 6) Агаачаульская долина – 250-450 м (с центром – тур. поляна, лес: 11.06.1996; 14.06.1996); 7) Карабудахкентский – 550-650 м (с центром – п/л «Назарова»: 23-28.06.2003); 8) Сергокалинский 1 – 500-700 м (с центром – Мюрегинский лес, п/л «Нефтяник»: 19.06.1996; 26.06.1996); 9) Сергокалинский 2 – 900-1200 м (с центром – с. Сугурвимахи: 05-06.06.2014); 10) Каякентский – 390-600 м (с центром – п/л «Юность», лес, долина реки Гамри-Озень: 09-11.06.2008); 11) Кайтагский – 450-585 м (с центром – с. Карацан: 29.05-02.06.2018); 12) Табасаранский – 600-700 м (с центром – Хучнинский



водопад, лес: 28.06.1998); 13) Хивский – 800-1200 м (с центром – с. Архит: 02-03.07.2013; 06-07.06.2015); 14) Ахтынский³ – 1100-1200 м (с центром – с. Хрюг: 28-30.06.2017).

Notes: I–IV – Provinces of Dagestan: I – High-mountain, II – Intra-mountain (Middle), III – Piedmont, IV – Primorsky lowland [31]. **Key areas:** 1) Buynaksky 1 – 250-900 m (with Dubki settlement, Chirkeytsky reservoir, Nadyr-Bek Ridge and Kar-Kar Valley being the centres: 05.14.2010); 2) Buynaksky 2 – 950-1100 m (with the orchards of Termenlik tourist base being the centre: 05-06.1996); 3) Kumtorkalinsky – 200-450 m (with Markov Gorge being the centre: 04.06.2002); 4) Narat-Tyube Ridge – 350-600 m (with Buynaksky Pass being the centre: 05.26.1995; 06.02.1995; 12.06.1995; 06.30.1995; 05.28.1996; 05.06.1996; 12.06.1996; 21.06.1996; 28.06.1996; 07.02.1996; 09.07.1996; 23.05.1997; 03.06.1997; 08.06.1997; 03.06.1998); 5) Talgy Gorge – 450-600 m (06.24.1996; 05.30.1997); 6) Agachaul Valley – 250-450 m (with tour. Glade, forest being the centre: 06.11.1996; 06.14.1996); 7) Karabudakhkentsky – 550-650 m (with Nazarova pioneer camp being the centre: 23-28.06.2003); 8) Sergokalinsky 1 – 500-700 m (with Mureginsky forest, Neftyanik pioneer camp, being the centre: 19.06.1996; 06.26.1996); 9) Sergokalinsky 2 – 900-1200 m (with Sugurvimakhi village being the centre: 05-06.06.2014); 10) Kayakentsky – 390-600 m (with Youth pioneer camp, forest, valley of the Gamri-Ozen river being the centre: 09-11.06.2008); 11) Kaytagtsky – 450-585 m (with Karatsan village being the centre: 29.05-02.06.2018); 12) Tabasaransky – 600-700 m (with Khuchninsky waterfall and forest being the centre: 06.28.1998); 13) Khivsky – 800-1200 m (with Archi village being the centre: 02-03.07.2013; 06-07.06.2015); 14) Akhtynsky – 1100-1200 m (with Khryug village being the centre: 28-30.06.2017).

Таблица 1

Список птиц Предгорного Дагестана

с указанием статуса пребывания, фауно-генетической группы, местообитания (орнитокомплекса) и среднего обилия видов

Table 1

List of birds of Piedmont Dagestan

with indication of their residence status, faunal-genetic group, habitat (bird community) and average species abundance

№	Вид Species	Статус / Status	Фауно-генетическая группа / Faunal-genetic group	Орнитокомплексы / Bird communities	Среднее обилие видов (особей/км ²) по ключевым участкам Average species abundance (individuals/km ²) by the key areas													
					Буйнакский 1 / Buynaksky 1	Буйнакский 2 / Buynaksky 2	Кумторкалинский / Kumtorkalinsky	Нарат-Тюбинский хр. / Narat-Tyube Ridge	Талгинское ущелье / Talgi Gorge	Агачаульская долина / Agachaul Valley	Карабулахкентский / Karabudakhkentsky	Сергокалинский 1 / Sergokalinsky 1	Сергокалинский 2 / Sergokalinsky 2	Каякентский / Kayakentsky	Кайтагский / Kaytagtsky	Табасаранский / Tabasaransky	Хивский / Khivsky	Ахтынский / Akhtynsky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	<i>Phalacrocorax carbo</i> L. – Большой баклан	IP	Шр	9	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Ciconia nigra</i> L. – Черный аист	В	Ек	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1,2	0	0	0,1	0
3	<i>Tadorna ferruginea</i> Pall. – Огарь	В?	Мо	9	1,6	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Circus cyaneus</i> L. – Полевой лунь	Р	Шр	3,8	0	1,7	4	1	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Circus pygargus</i> L. – Луговой лунь	В?	Ев	3,8	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Accipiter gentiles</i> L. –	Р	Шр	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,8	0	0,7	0

³ Несмотря на то, что Ахтынский район позиционируется как «Высокогорный» [31], ту его часть, которая была охвачена учетами, по своему экологическому облику и составу населения птиц мы условно отнесли к верхним предгорьям.

Despite the fact that the Akhtynsky district is classified as “high mountain” [31], we conventionally categorized the studied area as “upper foothills” due to its ecological pattern and bird species composition.



	Тетеревятник																	
7	<i>Accipiter nisus</i> L. – Перепелятник	R	Шр	1, 8	0	1,2	0	1,8	0	0	1,3	0	2,3	1,9	3,3	1,1	2,9	1,1
8	<i>Buteo rufinus</i> Cretzs. – Курганник	B?	Мо	4, 5, 7, 8	0	0	0	1,6	0	0	0,7	0	0,6	1,8	1,1	0	1,4	0
9	<i>Buteo buteo</i> L. – Обыкновенный канюк	R	Шр	1, 4, 7, 8	0	1,8	1,2	0,4	1,6	0,8	0,5	2,9	0,7	0	3,3	1,2	2,1	0,5
10	<i>Hieraetus pennatus</i> Gmel. – Орел карлик	B?	Ев	1, 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0
11	<i>Aquila pomarina</i> Brehm – Малый подорлик	B?	Ев	1, 5, 8	0	0,6	0	0,4	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Aquila heliaca</i> Sav. – Могильник	R	Ев	1, 4, 8	1,6	0	0	0,4	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Aquila chrysaetos</i> L. – Беркут	R	Шр	1, 4, 8	0	0,5	0	0,7	0,6	0,6	0	1,8	0,6	0,4	0	0	1,2	0
14	<i>Gypaetus barbatus</i> L. – Бородач	R	Тб	4, 8	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	1,1
15	<i>Aegypius monachus</i> L. – Черный гриф	R	Мо	1, 4, 8	0	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Neophron percnopterus</i> L. – Стервятник	B	Ср	4, 7, 8	1,2	0	0	0,4	0	0	0	2	0,3	0	0,4	1,2	1,2	0
17	<i>Gyps fulvus</i> Hume – Белоголовый сип	R	Шр Срц	4, 5, 7, 8	0	0	2,4	1,6	1	0	0,2	0,6	0	0	0,4	0	1,8	0
18	<i>Falco peregrinus</i> Tuns. – Сапсан	R	Шр	3, 4, 6, 8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,7	1,2
19	<i>Falco subbuteo</i> L. – Чеглок	B	Шр	3, 6, 8	0	0	0	2,4	0	0	0	0	3,3	0	2,7	0	0	0
20	<i>Falco cherrug</i> Gray – Балобан	B	Тб	1, 5, 8	0	0	0	1,2	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>Falco naumanni</i> Fleis. – Степная пустельга	B	Мо	3, 4, 5, 8	0	1,7	4	2,9	0	0	0	17,2	0	0	0	0	0	0
22	<i>Falco tinnunculus</i> L. – Пустельга	R	Шр	3, 4, 8	0	0	6	2	4	2,6	0	0	0	0	2,5	2	0,8	0
23	<i>Alectoris chukar</i> Gray – Кеклик	R	Тб	2, 4	0	0	2,3	3,3	0	0	0	0	0	0	4,8	7,4	4,4	3,7
24	<i>Perdix perdix</i> L. – Серая куропатка	R	Шр	3, 5, 7	0	0	6,4	4,6	0	3,7	0	0	3,3	0	6,7	6,2	8,6	6,2
25	<i>Coturnix coturnix</i> L. – Перепел	B	Шр	3, 5, 7	0	6	8,2	6,3	0	0	8,7	8	2,5	0	4	0	0	4
26	<i>Gallinula chloropus</i> L. – Камышница	B	Ек	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	<i>Crex crex</i> L. – Коростель	B	Ев	7, 9	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	3,8	7,1
28	<i>Vanellus vanellus</i> L. – Чибис	B?	Шр	9	0	0	0	0,3	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0
29	<i>Tringa ochropus</i> L. – Черныш	P	Шр	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	<i>Actitis hypoleucos</i> L. – Перевозчик	B	Шр	9	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
31	<i>Scolopax rusticola</i> L. – Вальдшнеп	B?	Шр	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
32	<i>Columba palumbus</i> L. – Вяхирь	R	Ев	1	0	0	0	1,5	0	0	2,5	0	1	0	1,5	0	0	0
33	<i>Columba oenas</i> L. – Клинтух	B	Ев	3, 5	0	0	0	0	0	0	2,6	0	0	1,3	2,9	0	0	0
34	<i>Columba livia</i> Gmel. – Сизый голубь	R	Ср	3, 6	0	33,7	0	20,4	12	0	5,1	0	20	0	8,9	8,2	8,6	14,2
35	<i>Streptopelia decaocto</i> Friv. – Кольчатая горлица	R	Ср	6	0	0	0	6	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0
36	<i>Streptopelia turtur</i> L. – Обыкновенная горлица	B	Ев	2, 3	0	0	0	3,2	0	0	3,6	1,6	2	2,7	2	0	0	0
37	<i>Cuculus canorus</i> L. – Обыкновенная кукушка	B	Шр	1, 2	4,2	3,5	2,5	1,9	0	0	0,9	0	3,2	0	4,5	0	5,6	0
38	<i>Bubo bubo</i> L. – Филин	R	Шр	1, 4	0	0	2	1,3	0	0	0,2	0	0	0	0,6	0	0,3	0
39	<i>Otus scops</i> L. – Сплюшка	B	Ек	1, 2	0	0	0	1,7	2,2	0	0	0	0	4	4,4	0	0	2,1
40	<i>Athene noctua</i> Scop. – Домовый сыч	R	Мо	4, 6	0	0	0	1,2	2,5	0	1,3	0,6	2,9	0	0	1,2	1,2	0
41	<i>Strix aluco</i> L. – Серая неясыть	R	Ев	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0	3,3	0,3	0	0	0,7	0
42	<i>Caprimulgus europaeus</i> L. – Обыкновенный козодой	B	Ев	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	<i>Arus arus</i> L. – Черный стриж	B	Ев	4, 6, 10	14,3	9,1	6,7	11,7	0	35	1,1	0	28,4	0	4,8	0	3,1	5,4
44	<i>Arus melba</i> L. – Белобрюхий стриж	B	Ср	4, 10	18,3	0	0	2,1	0	0	0,1	0	1,3	0	0	0	0	0
45	<i>Coracias garrulus</i> L. – Сизоворонка	B	Ев	4	0	0	0	2,3	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
46	<i>Alcedo atthis</i> L. – Обыкновенный зимородок	B?	Ек	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	0
47	<i>Merops apiaster</i> Pall. – Золотистая щурка	B	Ср	5, 7, 10	22,9	42	6,6	5,2	0	0	0	7,7	3,8	5,2	4,2	0	0,9	0
48	<i>Upupa epops</i> L. – Удод	B	Ек	3, 5, 6, 7	3,7	4,3	9,2	5,7	9,3	0	0,3	10	2,5	1,3	3,3	0	2,8	0,4
49	<i>Junx torquilla</i> L. – Вергишейка	B	Шр	1, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,2	0	12,5	8
50	<i>Picus viridis</i> L. – Зеленый дятел	R	Ев	1, 3	0	4	2,5	1,5	0	1,2	0,9	1,2	2,3	2	5,6	0	6	7,3
51	<i>Dryocopus martius</i> L. – Желна	R	Си	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,4	0	0	0
52	<i>Dendrocopos major</i> L. – Большой пестрый дятел	R	Шр	1, 3	1,4	12,8	2,2	3,5	0	8	4,4	6	0	13,4	27,4	1,2	2,7	2



53	<i>Dendrocopus medius</i> L. – Средний пестрый дятел	R	Ев	3	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	<i>Ptyonopronge rupestris</i> Scop. – Скальная ласточка	B	Мо	4, 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0
55	<i>Hirundo rustica</i> L. – Деревенская ласточка	B	Шр	6, 10	0	0	4,4	12	6,7	23,6	6	11,2	16,7	7,5	25,1	0	13,9	0
56	<i>Delichon urbica</i> L. – Воронок	B	Шр	4, 6, 10	17,1	14	6,3	9,8	12,3	9	0	14	21,1	0	0	0	16,4	0
57	<i>Galerida cristata</i> L. – Хохлатый жаворонок	B	Мо	6	0	6,3	8	11	6	0	0	4	0	0	2,2	0	0	0
58	<i>Melanocorypha calandra</i> L. – Степной жаворонок	B	Ср	3, 5	0	0	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	<i>Lullula arborea</i> L. – Лесной жаворонок	B	Ев	2, 5, 7	0	4,5	3,2	4,3	14,5	0	0	0	2,5	0	6,9	0	7,5	0
60	<i>Alauda arvensis</i> L. – Полевой жаворонок	B	Шр	3, 5, 7	0	9,3	7,4	10,7	3,1	0	22	0	0	0	0	0	4,6	1,2
61	<i>Anthus trivialis</i> L. – Лесной конек	B	Ек	1, 2, 5, 7	7,1	9,2	0	0	3,3	0	6	0	0	7,5	11	0	9,3	5,6
62	<i>Anthus campestris</i> L. – Полевой конек	B	Тб	5	0	0	6,3	0	0	0,9	0	0	0	0	3	0	0	7,1
63	<i>Motacilla cinerea</i> Tuns. – Горная трясогузка	B	Шр	6, 9	0	4,2	0	0	0	0	0	0	6,7	0	0	0	0	1,6
64	<i>Motacilla alba</i> L. – Белая трясогузка	B	Шр	6, 9	2	12	6,4	11,5	4,5	0	1,3	3	15,7	14	7,1	32	10,5	11,1
65	<i>Lanius collurio</i> L. – Сорокопут-жулан	B	Ев	2, 5, 7	5,7	14	7,3	7,5	15,3	7,5	17	16	11,4	11,8	17,4	32	10,2	31
66	<i>Lanius senator</i> L. – Красноголовый сорокопут	B	Ев	2	0	0	0	1,5	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	<i>Lanius minor</i> Gmel. – Чернолобый сорокопут	B	Ев	2	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	<i>Oriolus oriolus</i> L. – Иволга	B	Ев	1, 3	1,9	5,4	4,4	6	0	4,3	0,4	1,2	9,9	7,9	4,5	0	4,2	14
69	<i>Sturnus vulgaris</i> L. – Обыкновенный скворец	B	Ев	3, 6	0	26,7	37	30,2	12	39	0	0	16,7	4,8	38,3	0	0	0
70	<i>Garrulus glandarius</i> L. – Сойка	R	Ек	1, 2, 3, 6	1,4	21,4	4,3	6,7	14,3	9	5	16,9	13,5	15,9	29,2	22	8,4	3,5
71	<i>Pica pica</i> L. – Сорока	R	Ек	3, 6	5,7	11,1	0	9,7	7	11,8	0,9	0	20	0	3,4	0	0,8	7,9
72	<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i> L. – Клушица	R	Мт	4, 7	0	31,3	0	3,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
73	<i>Corvus monedula</i> L. – Галка	B	Шр	4	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	<i>Corvus cornix</i> L. – Серая ворона	R	Шр	3, 6	17,1	7,3	0	5,8	12,3	4,9	0,9	0	3,3	0	2	17,2	0	1
75	<i>Corvus corax</i> L. – Ворон	R	Шр	4, 7	1,4	0	0	4	0,5	0	3	4	6,3	4,1	0,2	0	3	0,4
76	<i>Cinclus cinclus</i> L. – Обыкновенная оляпка	R	Шр	9	0	0	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	0	0	1
77	<i>Troglodytes troglodytes</i> L. – Крапивник	R	Ек	1, 2, 3, 6	0	3,7	2,3	7,2	0	4,6	0	0	4	4	5,4	2,2	12,2	0
78	<i>Prunella modularis</i> L. – Лесная завирушка	R	Ек	1	0	2,9	0	5,5	0	4	3	3,3	0	0	0	14	7,6	0
79	<i>Sylvia atricapilla</i> L. – Черноголовая славка	B	Ек	2, 3	0	4,5	0	0	0	0	3	0	5,6	8,7	33,7	0	22,4	0
80	<i>Sylvia communis</i> Lath. – Серая славка	B	Ек	2, 3, 5, 7	5,7	5,2	0	5,3	8,5	4,3	38	2	16,1	7	7,7	4,1	20,2	12,9
81	<i>Sylvia curruca</i> L. – Славка-завирушка	B	Ек	2, 3	0	2,2	0	1,6	4,8	0	3	0	11,3	0	2	0	6,3	0
82	<i>Phylloscopus trochilus</i> L. – Пеночка-весничка	P	Шр	1, 2	7,1	0	0	0	26	0	1,3	0	0	0	6,6	0	2,5	0
83	<i>Phylloscopus collybita</i> Vieil. – Пеночка-теньковка	B	Шр	1, 2	0	4,2	0	0	0	0	8	2	0	10,8	7,7	0	30,8	2,1
84	<i>Phylloscopus lorenzii</i> Lorenz – Кавказская пеночка	B?	Ср	1, 2	0	0	0	0	0	0	2	0	9,4	0	0	0	6,7	5
85	<i>Phylloscopus sibilatrix</i> Bech. – Пеночка-трещотка	P	Ев	1, 2	0	0	0	0	4	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0
86	<i>Phylloscopus nitidus</i> Blyth – Желтобрюхая пеночка	B	Ср	1	0	96	0	24	0	0	0	10	10,8	4,5	0	74,6	6,4	5,1
87	<i>Ficedula parva</i> Scop. – Малая мухоловка	B	Си	1	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7	2,2	0	19,2	0
88	<i>Hippolais icterina</i> Vieill. – Зеленая пересмешка	IP	Ев	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
89	<i>Muscicapa striata</i> Pall. – Серая мухоловка	B	Ев	1, 2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0,9	0
90	<i>Saxicola rubetra</i> L. – Луговой чекан	B	Ев	2, 3, 5	0	6,7	0	0	2,5	2	0	0	0	0	6,3	0	1,4	0



91	<i>Saxicola torquata</i> L. – Черноголовый чекан	В	Шр	2, 5, 7	0	4,2	0	10	0	0	0	0	9,3	0	4,2	0	0	0
92	<i>Oenanthe oenanthe</i> L. – Обыкновенная каменка	В	Шр	4, 6	2,9	0	0	7,1	0	0	0	0	14,8	0	8	3,5	12,9	0
93	<i>Oenanthe pleschanka</i> Lepech. – Каменка-пешанка	В	Мо	4, 6	8,6	7,3	0	11,1	24	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0
94	<i>Oenanthe hispanica</i> L. – Испанская каменка	В	Ср	4	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	<i>Oenanthe isabellina</i> Temm. – Каменка-плюсунья	В	Мо	4, 6	1,4	0	20	7,8	13,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	<i>Monticola solitarius</i> L. – Синий каменный дрозд	В	Мо	4	1,4	0	14	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> L. – Обыкновенная горихвостка	В	Ев	1, 2, 3	0	22	0	18,5	36	0	3	0	33,1	7,7	44,2	0	36,8	20,4
98	<i>Phoenicurus ochruros</i> Gmel. – Горихвостка-чернушка	В	Мо	4, 6	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	11,1
99	<i>Erythacus rubecula</i> L. – Зарянка	Р	Ев	1, 2, 3	0	10,7	0	7,2	0	0	0	0	1	2,5	0	14	5,5	0
100	<i>Luscinia megarhynchos</i> Brehm – Южный соловей	В	Ев	2, 3	1,4	0	0	4	0	0	4	0	3,7	7,1	43,5	0	1,7	0
101	<i>Turdus merula</i> L. – Черный дрозд	Р	Ев	1, 2, 3, 6	5,7	59,9	12,6	42,7	23,3	17,2	21,6	18,6	44,7	26,8	97	32	48,8	58,8
102	<i>Turdus viscivorus</i> L. – Деряба	Р	Ев	1, 2	0	23,3	0	2,7	0	0	0	0	4,8	3,3	5,9	0	5,7	4
103	<i>Aegithalos caudatus</i> L. – Длиннохвостая синица	Р	Шр	1, 2	0	58	0	16,2	0	0	14	0	0	23	43	0	6,7	0
104	<i>Parus palustris</i> L. – Черноголовая гаичка	Р	Ек	1	0	4	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
105	<i>Parus ater</i> L. – Московка	Р	Шр	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0
106	<i>Parus caeruleus</i> L. – Обыкновенная лазоревка	Р	Ев	1, 2, 3, 6	0	16	0	8,8	0	14	12	15,2	0	19,7	14,2	16	12,9	0
107	<i>Parus major</i> L. – Большая синица	Р	Ек	1, 2, 3, 6	2,9	18,6	24	19,9	8,3	23,6	31	38	15,8	27,4	68,7	42	14,1	13,9
108	<i>Sitta europea</i> L. – Обыкновенный поползень	Р	Шр	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2,2	0	0	0	0
109	<i>Tichodroma muraria</i> L. – Стенолаз	Р	Тб	4	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	<i>Certhia familiaris</i> L. – Обыкновенная пищуха	Р	Шр	1	0	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0	5,8	0
111	<i>Passer domesticus</i> L. – Домовый воробей	Р	Шр	3, 6	0	10	0	39,7	0	28,8	0	24	31,7	3,6	25,3	0	33,3	0
112	<i>Passer montanus</i> L. – Полевой воробей	Р	Шр	3, 6	0	83	0	20,6	0	0	0	8	26,7	0	0	68	15,5	23,8
113	<i>Petronia petronia</i> L. – Каменный воробей	Р	Мо	4	0	0	0	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	<i>Fringilla coelebs</i> L. – Зяблик	Р	Ев	1, 2, 3, 6	2,9	9,2	0	4,3	2,8	0	14,5	1,8	2,5	16	9,2	0	4,3	0
115	<i>Serinus pusillus</i> Pall. – Корольковый вьюрок	Р	Ср	1, 2, 4, 5, 7	0	6,4	0	0	21	0	0	0	10	0	0	0	14,3	0
116	<i>Chloris chloris</i> L. – Зеленушка	В	Ек	1, 2, 3	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	14,9	0	8,6	0
117	<i>Carduelis carduelis</i> L. – Черноголовый щегол	Р	Ев	2, 3, 5, 6, 7	5,7	8	0	8,5	0	7,2	12	0	4,6	8,9	2,9	23,3	5,8	7,4
118	<i>Acanthis cannabina</i> L. – Коноплянка	Р	Ев	2, 3, 5, 7	5,7	8,3	15	9	9	4	9	0	0	0	0	0	2,9	14
119	<i>Acanthis flavirostris</i> L. – Горная чечетка	Р	Мт	2, 4, 5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
120	<i>Carpodacus erythrinus</i> Pall. – Обыкновенная чечевичка	В	Шр	2, 5, 7	0	2,3	8	0	0	2,2	1,3	0	2,5	3,3	5,5	0	1,4	9,8
121	<i>Pyrrhula pyrrhula</i> L. – Обыкновенный снегирь	Р	Си	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
122	<i>Coccothraustes coccothraustes</i> L. – Обыкновенный дубонос	В	Ек	1	0	4,2	0	0	0	0	0	0	0	7,1	3,3	0	0	0
123	<i>Emberiza calandra</i> L. – Просянка	В	Ев	3, 5, 7	1,9	4,5	0	2,5	0	0	9	0	2,6	7,2	4,8	0	4,2	17,4
124	<i>Emberiza citrinella</i> L. – Обыкновенная овсянка	В	Ев	2, 3, 5, 7	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0,5	0
125	<i>Emberiza cia</i> L. – Горная овсянка	Р	Ср	2, 4, 5, 7	0	12,7	5,3	15,7	0	4	0	0	7,9	0	0	4,3	8,9	6,1
126	<i>Emberiza hortulana</i> L. – Садовая овсянка	В	Ев	2, 3, 5, 7	1,4	8,3	0	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	0
127	<i>Emberiza melanocephala</i> Scop. – Черноголовая овсянка	В	Ср	2, 5	0	0	0	3,1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7,1



Пояснения к таблице: Статус пребывания: R – оседлый и оседло-кочующий; B – гнездящийся перелетный; B? – вероятно гнездящийся перелетный; P – пролетный; IP – случайно или редко залетный. Фауно-генетическая группа: Шр – широко распространенный; Ев – европейский; Ек – европейско-китайский; Ср – средиземноморский; Мо – монгольский; Тб – тибетский; Си – сибирский; Мт – монгольско-тибетский; ШрСрц – широко распространенный со средиземноморским центром. Орнитокомплексы (виды птиц): 1 – лесов; 2 – древесно-кустарниковых зарослей; 3 – агроландшафтов (полей, садов, огородов); 4 – обрывов и скал с россыпями камней; 5 – послелесных лугов; 6 – синантропных и условно синантропных; 7 – горных лугов; 8 – парителей; 9 – водно-околоводных местообитаний; 10 – воздушореев.

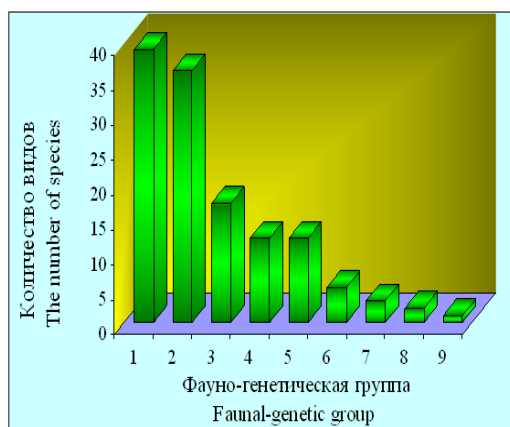
Table notes: Residence status: R – sedentary and sedentary-nomadic; B – breeding, migratory; B? – probably breeding, migratory; P – passing; IP – accidental or rare visitor. Faunal-genetic group: Шр – widespread; Ев – European; Ек – European-Chinese; Ср – Mediterranean; Мо – Mongolian; Тб – Tibetan; Си – Siberian; Мт – Mongolian-Tibetan; ШрСрц – widespread, with the Mediterranean centre. Bird communities (species): 1 – birds of forests; 2 – birds of shrubs; 3 – birds of agricultural landscapes (fields, fruit and vegetable gardens); 4 – birds of cliffs and rocks with scattered stones; 5 – birds of post-forest meadows; 6 – synanthropic and conventionally synanthropic birds; 7 – birds of mountain meadows; 8 – hovering birds; 9 – birds found in aquatic and surrounding areas; 10 – airborne birds.

Представленный список птиц не окончателен и будет дополнен в ходе дальнейших исследований, поскольку Предгорный Дагестан расположен в районе оживленных миграций, обуславливающих высокую динамику видового состава авифауны. Так, в список птиц не вошла группа условно «теневых видов», отсутствие которых во время проведения учетов не позволило определить их видовое обилие. В их числе цапли – большая белая *Egretta alba* L., серая *Ardea cinerea* L., рыжая *Ardea purpurea* L. и серый журавль *Grus grus* L. [2; 3], периодически проникающие в предгорья или же регулярно мигрирующие через отдельные его районы. По тем же причинам в список видов не включены – мохноногий сыч *Aegolius funereus* L., отмеченный в литературе [43], и пестрый каменный дрозд *Monticola saxatilis* L., сфотографированный местным жителем 12.07.2018 г. в с. Верхний Каранай (Буйнакский р-н., высота 1200 м), а также группа видов, отмеченных нами 24.11.2018 г. во время автомобильной экскурсии по озерам аридной долины Кар-Кар. В их числе: поганки – малая *Podiceps ruficollis* Pall., черношейная *Podiceps nigricollis* Brehm., чирок-свистунок *Anas crecca* L., свиязь *Anas penelope* L., широконоска *Anas clypeata* L., болотный лунь *Circus aeruginosus* L., лысуха *Fulica atra* L., стрепет *Tetrax tetrax* L., чайки – озерная *Larus ridibundus* L., хохотунья *L. cachinnans* Pall. и тростниковая камышевка *Acrocephalus scirpaceus* Herm. Кроме того, в список не вошли виды, встреченные нами на пролете в осенне-зимний и ранневесенний периоды в разные годы в различных районах Предгорного Дагестана: каравайка *Plegadis falcinellus* L., серый гусь *Anser anser* L., лебедь кликун *Cygnus cygnus* L., кряква *Anas platyrhynchos* L., черный коршун *Milvus migrans* Bodd., степной лунь *Circus macrourus* Gmel., зимняк *Buteo lagopus* Pontop., большой подорлик *Aquila clanga* Pall., кобчик *Falco vespertinus* L., травник *Tringa totanus* L., сизая чайка *Larus canus* L., жаворонки – малый *Calandrella cinerea* Gmel., серый *Calandrella rufescens* Vieill., серый сорокопуд *Lanius exubitor* L., свиристель *Bombycilla garrulus* L., пустынная славка *Sylvia nana* Nemp. et Ehr., желтоголовый королек *Regulus regulus* L., пустынная каменка *Oenanthe deserti* Temm., рябинник *Turdus pilaris* L., белобровик *Turdus iliacus* L., певчий дрозд *Turdus philomelos* Brehm., черногрудый воробей *Passer hispaniolinsis* Temm., рыжешейная овсянка *Schoeniclus yessoensis* Swinh. и лапландский подорожник *Calcarius lapponicus* L. Список птиц может быть дополнен и за счет случайно залетных видов, таких как белошекая крачка *Chlidonias hybrida* Pall., отмеченная 22.09.2012 г. Ю.А. Яровенко на оз. Мочох (Хунзахский р-н), чернозобая гагара *Gavia artica* L., степная тиркушка *Glareola nordmanni* Fischer. и варакушка *Luscinia svecica* L. (краснозвездная форма), сфотографированные местными жителями в 2011-2017 гг. в Высокогорном Дагестане (Чародинский и Тляратинский р-ны), куда последние проникают во время транзитных перелетов через предгорные районы.

При проведении географо-генетической типизации авифауны Предгорного Дагестана исходили из классического принципа приверженности птиц к их исторически закрепленным экологическим требованиям, в условиях которых эти виды сформировались [36; 44]. Как следствие, фауно-генетические группы птиц, представители которых населяют предгорья



Дагестана, должны, прежде всего, отражать наличие приемлемых для них местообитаний. Фауно-генетическое ранжирование показало, что район исследований населен преимущественно широко распространенными, европейскими, европейско-китайскими, средиземноморскими и монгольскими представителями типов фаун (рис. 4), что обусловлено значительной облесенностью территории и наличием открытых степно-луговых ландшафтов с зарослями кустарников, с которыми эти группы (виды) птиц связаны биоценологически.



Легенда к рисунку 4:
Legend to Figure 4:

- 39 широко распространенных видов – 31%;
39 widespread species – 31%;
- 36 европейских видов – 28%;
36 European species – 28%;
- 17 европейско-китайских видов – 13%;
17 European-Chinese species – 13%;
- 12 средиземноморских видов – 10%;
12 Mediterranean species – 10%;
- 12 монгольских видов – 10%;
12 Mongolian species – 10%;
- 5 тибетских видов – 4%;
5 Tibetan species – 4%;
- 3 сибирских видов – 2%;
3 Siberian species – 2%;
- 2 монгольско-тибетских вида – 1.6%;
2 Mongolian-Tibetan species – 1.6%;
- 1 широко распространенный вид со средиземноморским центром – 0.8%.
1 widespread species with the centre in the Mediterranean – 0.8%.

Рис.4. Фауно-генетическая структура орнитофауны Предгорного Дагестана
Fig.4. Faunal-genetic structure of the avifauna in Piedmont Dagestan

Представители же тибетских (бородач, балобан, кеклик, полевой конек, стенолаз), сибирских (желна, малая мухоловка, обыкновенный снегирь), монгольско-тибетских (клушица, горная чечетка) и широко распространенных со средиземноморским центром (белоголовый сип) типов фаун незначительно, но расширяют спектр зоогеографии авифауны района исследований. При этом обилие большинства этих видов птиц возрастает при продвижении от нижних предгорий к верхним за счет появления новых экологических ниш с отличными биоклиматическими условиями.

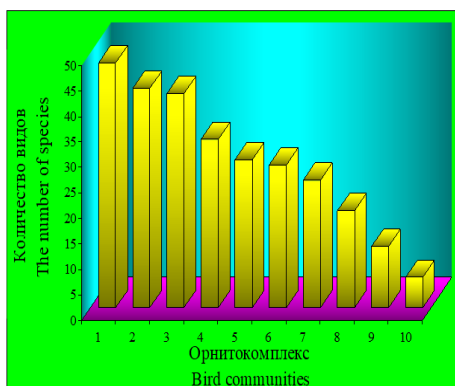
При выявлении закономерностей более низкого ранга провели анализ экологической специфики авифауны предгорий на основе оригинальной классификации [2], предварительно приведенной в таблице 1. Суть последней заключается в дифференциации птиц по их встречаемости в предпочитаемых местообитаниях, на основе чего выделено 10 экологически различных орнитокомплексов (рис. 5).

Используемый алгоритм позволил определить экологический облик орнитофауны исследуемой территории, отразивший весь спектр ландшафтных и биотопических различий, выраженных через неоднородность населения птиц. При этом учтено, что ряд видов птиц входят в состав разных орнитокомплексов. Такая особенность, с одной стороны, отражает экологическую пластичность видов и наличие подходящих для них экологических ниш в разных местообитаниях, с другой – предполагает наличие экологических связей птиц между соответствующими орнитокомплексами территориально разобщенных ключевых участков. В результате используемая классификация дала возможность определить не только полный набор видов с суммарным средним обилием, участвующих в формировании каждого из 10 экологических различных орнитокомплексов, но и установить степень его приоритета в экологическом облике авифауны исследуемых предгорий. Отсюда аксиоматично, что чем выше видовая вариативность птиц в составе орнитокомплекса, тем больше его устойчивость и степень приоритета в экологическом облике орнитофауны Предгорного Дагестана.

Основываясь на данных по обилию всего населения птиц (табл. 1), провели кластерный анализ, по результатам которого определены 3 группы соответствующих ключевых участков (рис. 6).



Легенда к рисунку 5:
Legend to Figure 5:



- 48 видов лесных птиц (38%) с суммарным средним обилием – 195 ос./км²;
48 species of forest birds (38%) with the summarized average abundance of 195 ind./km²;
- 43 вида птиц древесно-кустарниковых зарослей (34%) с суммарным средним обилием – 220 ос./км²;
43 species of birds of tree-shrub thickets (34%) with the summarized average abundance of 220 ind./km²;
- 42 вида птиц агроландшафтов (полей, садов, огородов) (33%) с суммарным средним обилием – 254 ос./км²;
42 species of birds of agrolandscapes (fields, fruit and vegetable gardens) (34%) with the summarized average abundance of 254 ind./km²;
- 33 вида птиц обрывов и скал с россыпями камней (26%) с суммарным средним обилием – 58 ос./км²;
33 species of birds of cliffs and rocks with scattered stones (26%) with the summarized average abundance of 58 ind./km²;
- 29 видов птиц послелесных лугов (23%) с суммарным средним обилием – 92 ос./км²;
29 species of birds of post-forest meadows (23%) with the summarized average abundance of 92 ind./km²;
- 28 видов птиц синантропных и условно синантропных (22%) с суммарным средним обилием – 220 ос./км²;
28 species of synanthropic and conventionally synanthropic birds (22%) with the summarized average abundance of 220 ind./km²;
- 25 видов птиц горных лугов (20%) с суммарным средним обилием – 93 ос./км²;
25 species of birds of mountain meadows (20%) with the summarized average abundance of 93 ind./km²;
- 19 видов птиц – парителей (15%) с суммарным средним обилием – 9 ос./км²;
19 species of hovering birds (15%) with the summarized average abundance of 9 ind./km²;
- 12 видов птиц водно-околоводных местообитаний (10%) с суммарным средним обилием – 14 ос./км²;
12 species of birds of aquatic and surrounding areas (10%) with the summarized average abundance of 14 ind./km²;
- 6 видов птиц – воздушнореев (5%) с суммарным средним обилием – 35 ос./км².
6 kinds of birds – airborne (5%) with a total average abundance of 35 ind./km².

Рис.5. Экологический облик орнитофауны Предгорного Дагестана с указанием суммарного среднего обилия орнитокомплексов
Fig.5. Ecological pattern of the avifauna in Piedmont Dagestan with indication of the total average abundance of bird communities

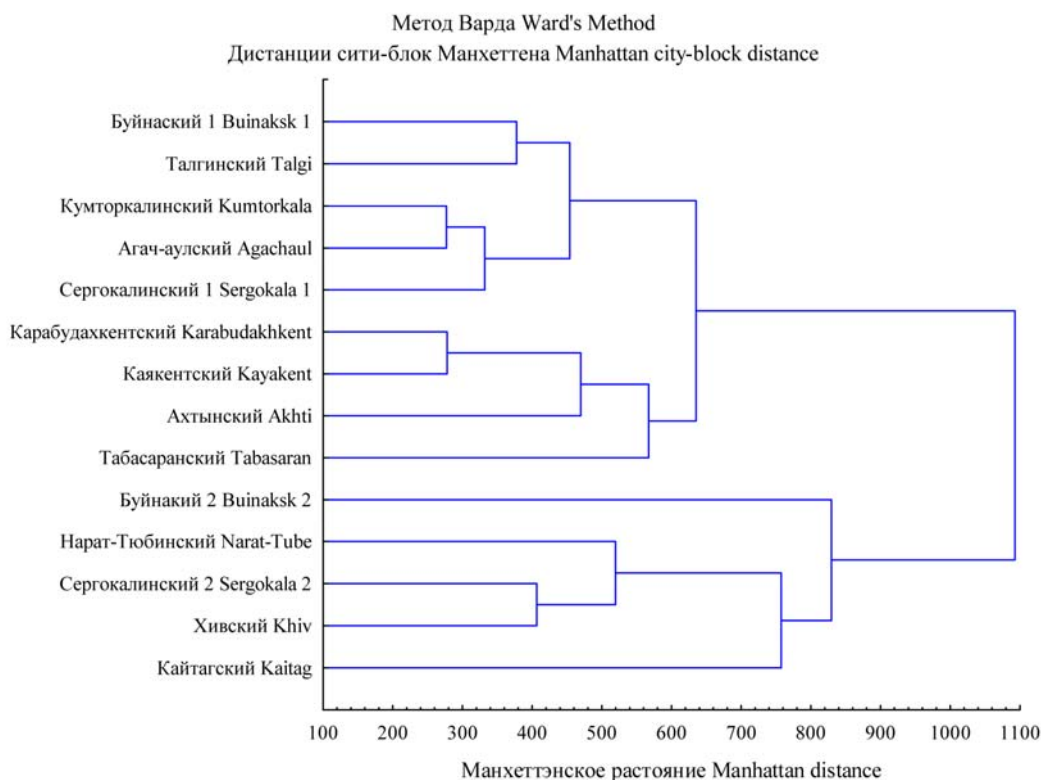


Рис.6. Дендрограмма сходства сообществ птиц Предгорного Дагестана
Fig.6. A dendrogram showing similarities between the bird communities of Piedmont Dagestan

Полученная дендрограмма отражает сходство населения птиц всех ключевых участков без учета подразделения их на экологические орнитокомплексы.

Для определения зависимости суммарного обилия птиц от факторов среды провели корреляционный анализ (табл. 2).



Таблица 2

Корреляционная связь между суммарным обилием птиц и факторами среды на ключевых участках (жирным выделены статистически достоверные значения, $p < 0.05$)

Table 2

Correlation between the total bird abundance and environmental factors in the key areas (statistically significant values are in bold, $p < 0.05$)

Ключевой участок Key areas	Буйнакский 1 Buynaksky 1	Талгинское ущелье Talgi Gorge	Кумторкалинский Kumtorkalinsky	Агачаульская долина Agachaul Valley	Сергокалинский 1 Sergokalinsky 1	Карабудакентский Karabudakhkentisky	Каякентский Kayakentisky	Ахтынский Akhynsky	Табасаранский Tabasaransky	Буйнакский 2 Buynaksky 2	Нарат-Гюбинский хр. Narat-Gyube Ridge	Сергокалинский 2 Sergokalinsky 2	Хивский Khivsky	Кайтагский Kaytagsky
Фактор Factor														
Площадь леса (деревьев/км ²) Forest area (trees/km ²)	0.7	0.73	0.64	0.68	0.64	0.57	0.67	0.34	0.58	0.41	0.36	0.44	0.53	0.52
Сомкнутость крон деревьев (%) Crown closure (%)	0.52	0.54	0.51	0.59	0.55	0.61	0.53	0.41	0.69	0.24	0.27	0.56	0.58	0.53
Среднемесячная температура воздуха (t° C) Average monthly air temperature (t° C)	0.11	0.23	0.09	0.14	0.24	0.39	0.42	0.36	0.39	0.19	0.26	0.26	0.37	0.19
Среднемесячная влажность воздуха (%) Average monthly air humidity (%)	0.23	0.18	0.27	0.31	0.3	0.29	0.33	0.52	0.27	0.39	0.28	0.6	0.62	0.58
Высотный градиент местности (м) Altitude gradient (m)	0.06	0.32	0.07	0.11	0.13	0.17	0.1	0.63	0.15	0.42	0.18	0.55	0.6	0.64
Крутизна склонов (в градусах) Slope steepness (in degrees)	0.12	0.24	0.18	0.06	0.17	0.22	0.15	0.54	0.19	0.34	0.07	0.49	0.47	0.5
Площадь обрывов и скал с россыпями камней (м ²) Area of cliffs and rocks with scattered stones (m ²)	0.09	0.11	0.15	0.16	0.08	0.25	0.46	0.53	0.39	0.42	0.17	0.44	0.62	0.57
Площадь открытых участков и агроландшафтов (на 1 км ²) Open areas and agricultural landscapes (per 1 km ²)	0.65	0.67	0.63	0.59	0.69	0.62	0.64	0.52	0.59	0.67	0.7	0.49	0.57	0.59
Обводненность (на 1 км ²) Water content (per 1 km ²)	0.21	0.22	0.28	0.2	0.18	0.24	0.42	0.37	0.21	0.22	0.26	0.28	0.39	0.42
Продукция семян (кг/м ²) Seed production (kg/m ²)	0.35	0.42	0.40	0.42	0.38	0.46	0.41	0.53	0.4	0.44	0.48	0.47	0.52	0.58
Высота травостоя (м) Herbage height (m)	0.45	0.43	0.53	0.58	0.57	0.47	0.54	0.09	0.59	0.33	0.37	0.17	0.12	0.2
Проективное покрытие травостоя (%) Projective grass cover (%)	0.37	0.41	0.47	0.55	0.53	0.32	0.36	0.15	0.29	0.29	0.32	0.08	0.12	0.17
Обилие мелких млекопитающих (на 100 лов.-ноч.) Abundance of small mammals (per 100 trap-nights)	0.19	0.17	0.17	0.17	0.29	0.21	0.24	0.34	0.42	0.37	0.42	0.33	0.51	0.46
Дистанция ключевых участков от населенных пунктов (м) Distance from key areas to settlements (m)	0.23	0.19	0.27	0.25	0.19	0.3	0.12	0.56	0.22	0.62	0.66	0.53	0.62	0.54

При характеристике фаунистического сходства авифауны предгорий мы вновь использовали вышеуказанную экологическую классификацию [2]. Последняя позволила выявить не только связи птиц между сравниваемыми орнитокомплексами в каждой из 3



групп кластеризованных ключевых участков, но и объяснить их близость по экологической специфике на примере первых 2-3 лидирующих по обилию видов.

Так, при интерпретации рисунков 5, 6 и данных в таблицах 1, 2 установлено, что близость первой группы птиц из соответствующих им ключевых участков Кумтуркалинский – Агачаульский с примыкающими к ним комплексами птиц – Сергокалинский 1 – Буйнакский 1 – Талгинское ущелье объясняется их расположением в диапазоне высот 200-600 м с максимумом – 900 м. Это соответствует нижней (локальные станции) и верхней частям нижних предгорий, а также нижней части верхних предгорий, где значительные площади занимают леса с зарослями кустарников (наибольшие значения корреляционной зависимости). Соответственно, именно фактор облесенности территории определяет доминирование здесь лесных и древесно-кустарниковых птиц, среди которых лидируют по обилию черный дрозд и большая синица. Эти постоянно лидирующие виды связывают между собой орнитокомплексы лесов, древесно-кустарниковых зарослей и агроландшафтов. Формирование данной группы птиц, также достоверно связано с площадью открытых участков и агроландшафтов, составом кормов, высотой травостоя и его проективного покрытия. Эти факторы среды объясняют присутствие здесь помимо вышеуказанных лидирующих таксонов и типичных представителей птиц агроландшафтов – обыкновенной горихвостки, сойки и обыкновенного скворца. В то же время обширные пространства послелесных и горных лугов обуславливают присутствие здесь в числе лидеров по обилию – сорокопуга-жулана, серой славки, золотистой шурки, черноголового щегла, коноплянки и парителей – пустельги обыкновенной, степной и обыкновенного канюка. Несмотря на мозаичность расположения и биотопические различия, сходство между таксономическими составами птиц сравниваемых ключевых участков обусловлено их связью с площадью обрывов и скал, что весьма типично для авифаун горных экосистем. Соответственно, этот фактор определяет присутствие таких лидеров по обилию, как: ворон, черный стриж, корольковый вьюрок и горная овсянка. В этом же поясе высот значительную долю занимают и воздухореи, среди которых лидируют по обилию – деревенская ласточка, золотистая шурка и белобрюхий стриж. Принципиально, что обилие белобрюхого стрижа как типичного представителя горной фауны, связано с возрастанием абсолютных высот местности и увеличением площадей обрывов и скал. При этом золотистая шурка мозаично распространена по всему предгорному поясу на разных высотах, где она ежегодно гнездится по обрывистым склонам гор и, как правило, недалеко от пасек медоносных пчел [4]. Доля же птиц антропогенных ландшафтов и водно-околоводных местообитаний, за исключением постоянно лидирующих видов – черного дрозда, большой синицы, обыкновенного скворца и белой трясогузки здесь невелика, равно как и положительная связь среднего обилия птиц с числом населенных пунктов и обводненных территорий. Важно подчеркнуть, что помимо широко распространенных птиц изменности, доминирующих в предгорьях и связывающих соответствующие орнитокомплексы сравниваемых ключевых участков, здесь уже появляются на гнездовании типично горные таксоны – клушица, синий каменный дрозд, коростель, стервятник, черный гриф и белобрюхий стриж, что придает авифауне Северных и Центральных Предгорий весьма своеобразный характер.

Второй группой по близости сообществ оказался комплекс птиц Карабудахкентского – Каякентского – Табасаранского ключевых участков, что объясняется их расположением в диапазоне высот 390-700 м (пояс лесостепей в верхней части нижних предгорий), с которыми связан довольно неожиданный и наиболее удаленный комплекс птиц Ахтынского участка, расположенного на высоте 1100-1200 м (пояс ксерофитных лесостепей и горных широколиственных лесов верхних предгорий). Заметим, что та часть Ахтынского района, которая была охвачена учетами, по своему биотопическому разнообразию и составу населения птиц схожа с типичными верхними предгорьями, что и было выявлено на уровне таксономического состава птиц. Однако, несмотря на разницу абсолютных высот местности и территориальную дистанционность сравниваемых ключевых участков, для них характерна повышенная контрастность рельефа, увлажненность и превалирование лесов с зарослями кустарников (максимальные показатели корреляционной зависимости). В результате такие ключевые факторы среды, как облесенность, тем-



пература и влажность, определили близость этих фаунистических сообществ, включающих множество общих лесных и древесно-кустарниковых птиц, среди которых лидируют по обилию черный дрозд, большая синица, обыкновенная горихвостка и желтобрюхая пеночка. Вместе с тем формирование этих сообществ птиц достоверно связано с наличием обрывов и скал, открытых участков и агроландшафтов, что объясняет присутствие здесь в числе лидеров по обилию из соответствующих орнитокомплексов – воронка, черного стрижа, горной овсянки, сорокопуга-жулана, серой славки, золотистой щурки, черноголового щегла, полевого воробья и обыкновенного скворца. В свою очередь открытые пространства определяют наличие здесь парителей, среди которых лидируют по обилию пустельга, перепелятник и обыкновенный канюк. При этом перепелятник, в отличие от других парителей, связан не столько с открытыми пространствами, сколько с локальными перелесками, садами и лесными урочищами. Примечательно, что в верхней части нижних предгорий и в верхних предгорьях с усилением контрастности рельефа и увлаженности воздуха формируется множество переходных стадий с комплексом отличных биоклиматических условий, что способствует формированию более специализированных сообществ растений и птиц. В результате в таких локальных стадиях определенную долю среди гнездящихся птиц равнин начинают занимать и типично горные таксоны – кеклик, горихвостка-чернушка, горная чечетка, горная трясогузка, коростель, белобрюхий стриж и некоторые другие, что в совокупности придает авифауне исследуемой части предгорий своеобразную видоспецифичность на фоне лидирующих по обилию птиц равнин.

И, наконец, для третьей группы птиц Буйнакский 2 – Нарат-Тюбинский хребет – Сергокалинский 2 с близкими к ним наборами птиц из ключевых участков Хивский – Кайтагский также характерна территориальная разобщенность при значительной вариации абсолютных высот местности 350-1200 м. При этом все ключевые участки близки по биотопическому составу, поскольку охватывают верхнюю часть нижних предгорий и верхние предгорья, где значительные площади занимают смешено-широколиственные леса (максимальные показатели корреляционной зависимости) с послелесными лугами и локальными выходами скал. Соответственно, сходство между сравниваемыми комплексами птиц формируется под воздействием таких факторов среды, как состояние растительности, увлаженности, крутизны склонов, площадей обрывов и скал, открытых участков и агроландшафтов, а также обеспеченности кормами и частичной обводненностью территорий. Вместе с тем для сравниваемых ключевых участков характерно наличие масштабных агроландшафтов и застроенных территорий. При этом связь птиц между орнитокомплексами каждого из ключевых участков происходит через такие лидирующие по обилию виды, как: черный дрозд, большая синица, желтобрюхая пеночка, обыкновенная горихвостка, полевой воробей, воронок, черный стриж, горная овсянка, сорокопуг-жулан, серая славка, золотистая щурка, обыкновенная и степная пустельги, обыкновенный канюк, белая и горная трясогузки, коростель и деревенская ласточка. А поскольку большая часть сравниваемых ключевых участков занимает верхние предгорья, то и здесь наряду с широко распространенными птицами равнин определенную долю занимают и типично горные таксоны – лесной конек, корольковый вьюрок, кавказская пеночка, белоголовый сип, беркут, горная овсянка, кеклик, клушица, горихвостка-чернушка, каменный воробей, скальная ласточка, стенолаз и некоторые другие. В результате своеобразное смешение представителей горной авифауны с птицами равнин порождает здесь весьма оригинальные фаунистические композиции, характерные только для птиц предгорных экосистем.

На основе оценки сил связей населения птиц, установленных на уровне выделенных ключевых участков, построен структурный граф (рис. 7).

Суть графа заключается в выявлении основных трендов изменчивости населения птиц и их реакции на воздействие регулирующих факторов среды, определяющих эту зависимость. Граф можно поделить на две условные группы. В первую группу вошли сообщества птиц из соответствующих им ключевых участков – Кумторкалинский, Агачаульский, Талгинский, Буйнакский 1 и Сергокалинский 1, а во вторую – Каякентский, Карабудахкентский, Табасаранский, Ахтынский, Сергокалинский 2, Кайтагский, Хивский, Нарат-Тюбинский и Буйнакский 2 участки.

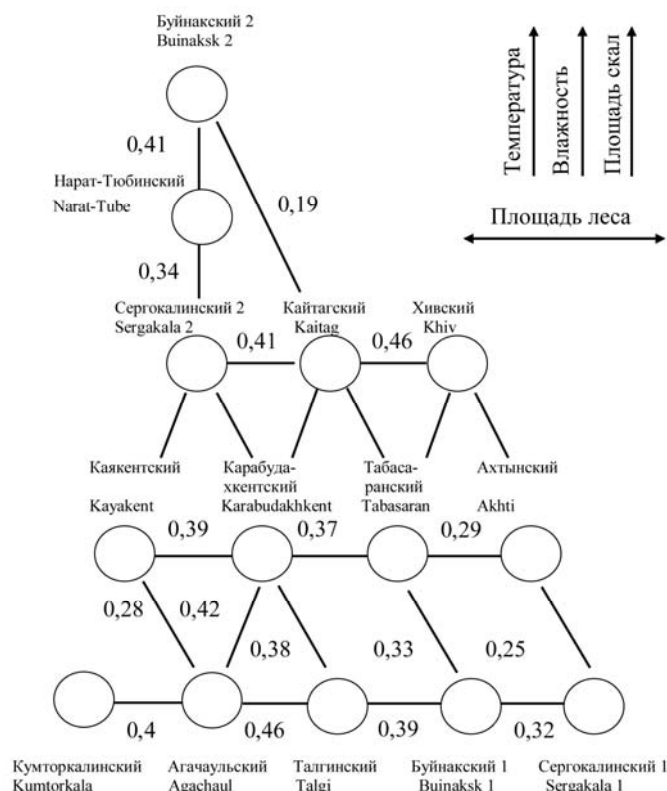


Рис. 7. Пространственно-типологическая структура населения птиц Предгорного Дагестана

Пояснения: Кругами обозначены ключевые участки. Цифры – демонстрируют сходство населения птиц между ключевыми участками

Fig. 7. Spatial-typological structure of the bird population in Piedmont Dagestan
Notes: Circles indicate key areas. Figures show similarities between bird populations from key areas

Интерпретируя данные рисунка 7, установили, что первая группа сообществ птиц сформировалась под воздействием таких факторов среды, как: облесенность, площадь открытых участков, агроландшафтов и состояния травянистой растительности. Вторую группу авифаунистических сообществ определили температура, влажность, облесенность, площадь открытых участков и агроландшафтов, крутизна склонов и уровень кормообеспеченности.

Таким образом, полученный граф визуализирует реакцию птиц на смену абсолютных высот местности, тепло- и влагообеспеченность, наличие лесных и открытых участков, а также динамику площадей скал при продвижении от нижних частей предгорий к верхним. При этом выявлено и определенное отклонение от ряда вышеуказанных зональных типов сообществ птиц, что связано с различной продуктивностью биоценозов, вызванных инверсией растительных поясов в верхних предгорьях, равно как и наличия аквальных включений. Группировка же птиц обрывов и скал в меньшей степени проявляет зависимость от смены растительных сообществ, однако их обилие все же снижается в лесостепном поясе нижних предгорий и наоборот – возрастает в поясе ксерофитных лесостепей и горных широколиственных лесов верхних предгорий.

ВЫВОДЫ

1. Впервые представлен список птиц Предгорного Дагестана, включающий 127 таксонов, который может быть дополнен еще 45 видами (преимущественно пролетными), входящими в «теневой список», но по разным причинам не вошедших в статобработку.



2. Фауно-генетическое ранжирование показало, что в предгорьях Дагестана преобладают широко распространенные, европейские, европейско-китайские, средиземноморские и монгольские представители типов фаун, что, в первую очередь, обусловлено особенностью территории и наличием открытых степно-луговых ландшафтов с зарослями кустарников. Представители же других фаунистических групп незначительно, но расширяют зоогеографический спектр авифауны исследуемого района, доленое участие которых возрастает при продвижении от нижних предгорий к верхним за счет появления новых экологических ниш с отличными биоклиматическими условиями.
3. Экологическая структура орнитофауны Предгорного Дагестана, объединяющая 10 экологически различных орнитокомплексов, определена с помощью метода классификации птиц по их встречаемости в предпочитаемых местообитаниях. Использование авторской классификации позволило установить не только полный набор птиц, участвующих в формировании каждого из орнитокомплексов с определением их суммарного среднего обилия, но и выявить экологическую связь между разными местообитаниями в каждой из 3 групп ключевых участков на основе первых 2–3 лидирующих по обилию видов. Применение данного метода актуально при характеристике экологии авифауны крупных территориальных выделов с большим количеством видов, поскольку каждый из орнитокомплексов можно охарактеризовать по схожей экологической специфике, установив при этом степень его приоритета в экологическом облике авифауны исследуемой территории.
4. С помощью кластерного анализа выделили три группы ключевых участков по сходству состава населения птиц на основе их обилия. Выявлена корреляционная связь суммарного обилия птиц с факторами среды на ключевых участках Предгорного Дагестана. Установлено, что население первой группы птиц существенно коррелирует с площадью лесов, открытых территорий, агроландшафтов и состоянием травянистой растительности. Вторая группа птиц достоверно связана с температурой, влажностью, обесценностью, крутизной склонов и уровнем кормообеспеченности. Сообщества же птиц третьей группы отстаивают корреляционную зависимость на уровне состояния растительности, влажности, крутизны склонов, площадей обрывов и скал, открытых участков и агроландшафтов, а также обеспеченности кормами и обводненности территории.
5. Построенный структурный граф позволил выявить тренды изменчивости населения птиц и их реакцию на воздействие факторов среды, определяющих эту зависимость. В совокупности интегрированное воздействие комплекса регулирующих факторов определило не только экологический облик и обилие, но и пространственно-типологическую структуру населения птиц Предгорного Дагестана.
6. Специфический облик орнитофауне Предгорного Дагестана придают не только гнездящиеся в предгорьях адаптированные популяции перелетных птиц равнин, но и резидентные сообщества типично горных птиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вилков Е.В. Популяционные тренды регулярных мигрантов – основа прогностической модели сохранения птиц Евразии // Экология. 2013. N 2. С. 124-139. Doi: 10.7868/S0367059713010137
2. Вилков Е.В. Структура и экологическое разнообразие птиц Высокогорного Дагестана // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6. N 2. С. 52-59.
3. Вилков Е.В. Инвентаризация и современное состояние журавлей на территории Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2011. Т. 6. N 4. С. 103-118.
4. Вилков Е.В. Особенности экологии щурок (*Merops apiaster*, *M. superciliosus*) в Дагестане, как районе интенсивных миграций // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N 3. С. 90-105. doi: 10.18470/1992-1098-2016-3-90-105
5. Vilkov E.V. The Genesis and Evolution of the Caspian Sea Lagoons as Avifauna Refuges at the Transboundary Scale // Open Journal of Marine Science. 2016. V. 6. Iss. 1. P. 115-124. Doi: 10.4236/ojms.2016.61011



6. Menetries E. Catalogue raisone des obgets de Zoologie recuellis dans im voyage au Caucase et jusquaux frontieres actualles de la Perse. S.Pb. P. 1-271.
7. Раде Г.И. Орнитологическая фауна Кавказа. Тифлис: Типография Главноначальствующего гражданской частию на Кавказе, 1884. 446 с.
8. Россиков К.Н. Поездка в юго-западную часть Чечни и в западный Дагестан // Известия Кавказского отделения РГО. 1885. Т. 9. N 1. С. 99-103.
9. Россиков К.Н. Поездка в Чечню и Нагорный Дагестан (с орнитологической целью) // Записки Кавказского отделения РГО. 1884. Кн. 13. Вып. 1. С. 213-277.
10. Динник Н.Я. По Чечне и Дагестану // Известия Кавказского отдела имп. Русского географического общества. 1905. Кн. 25. Вып. 4. С. 1-78.
11. Динник Н.Я. Перелет птиц через Кавказский хребет // Известия Кавказского отделения РГО. 1887. Т. 9. N 2. С. 394-405.
12. Динник Н.Я. Орнитологические наблюдения на Кавказе // Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей. 1886. Т. 17. Вып. 1. С. 260-378.
13. Билькевич С.И. Материалы к исследованиям орнитофауны Дагестана // Протокол заседания Общества естествоиспытателей при Казанском ун-те. 1892-1893 гг. Казань, 1893. Т. 24. Прил. 125. С. 1-24.
14. Сагунин К.А. О зоогеографических округах Кавказского края // Известия Кавказского музея. Тифлис. 1912. Т. 7. Вып. 1. С. 7-106.
15. Бёме Л.Б. К вопросу изучения вертикальной миграции птиц в центральной части Кавказа // Докл. АН СССР. 1932. Сер. А. N 1. С. 23-29.
16. Бёме Л.Б. По Кавказу // Природа и охота. МОИП. Москва, 1950. 208 с.
17. Гасангусейнов М.Г. К экологии черного дрозда в Предгорьях Дагестана // Материалы Всесоюзного научно-методического совещания зоологов педвузов. Часть II. 1990. С. 53.
18. Бёме Р.Л., Банин Д.А. Горная авифауна южной Палеарктики: (Эколого-географический анализ). Москва: МГУ, 2001. 256 с.
19. Поливанова Н.Н. Предисловие // Миграции и зимовки птиц Северного Кавказа. 1990. С. 5-6.
20. Соколов Л.В. Климат в жизни растений и животных. Санкт-Петербург: ТЕССА, 2010. 344 с.
21. Вилков Е.В. Особенности летнего населения птиц Агульского района (горы южного Дагестана) // Кавказский орнитологический вестник. 2001. С. 27-33.
22. Вилков Е.В. Структура и территориальное распределение авифауны высокогорного Дагестана в условиях интенсивных миграций // Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы биологии и экологии животных». Махачкала, 2008. С. 101-114.
23. Вилков Е.В. Структура, численность и пространственно-биотопическое распределение летней авифауны центрально-предгорного Дагестана // Бранта. 2009. Вып. 12. С. 48-58.
24. Вилков Е.В. Видовой состав и закономерности формирования многообразия птиц Высокогорного Дагестана // Животный мир горных территорий. Москва, 2009. С. 243-251.
25. Вилков Е.В. Структура и экологическое разнообразие птиц Внутригорного Дагестана (на примере селения Гоцатль) // Материалы научно-практической конференции «Птицы Кавказа. Современное состояние и проблемы охраны». Ставрополь, 2011. С. 25-34.
26. Вилков Е.В. Структура и пространственно-временная гетерогенность летнего населения птиц Высокогорного Дагестана (на примере Чародинского района) // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. N 2. С. 77-89. Doi: 10.18470/1992-1098-2013-2-77-89
27. Вилков Е.В. История изучения и структурно-территориальные связи птиц Высокогорного Дагестана (на примере Чародинского и Гляртинского районов) // Материалы науч-



- ной конференции «Птицы Кавказа: история изучения, жизнь в урбанизированной среде». Ставрополь, 2013. С. 25-52.
28. Вилков Е.В. Фауна и экология птиц Тляратинского района (Высокогорный Дагестан) как потенциальной природоохранной территории федерального значения // Международная конференция «Современные проблемы сохранения биоразнообразия и природопользования». Одесса, 24–27 сентября, 2013. С. 9-10.
29. Вилков Е.В. Структура и экология птиц Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13, N 1. С. 40-62. Doi: 10.18470/1992-1098-2018-1-40-62
30. Вилков Е.В. Структурная организация и специфика территориальных связей птиц Внутригорного и Высокогорного Дагестана // Поволжский экологический журнал. 2018. N 2. С. 163-182. doi: 10.18500/1684-7318-2018-2-163-182
31. Атаев З.В. Провинция Внешнегорного Дагестана // Физическая география Дагестана. Москва: Школа, 1996. С. 343-347.
32. Эльдаров М.М. Физическая география Предгорного Дагестана. Межвузовский сборник научных трудов. Ростов н/Д: РГПИ, 1984. 136 с.
33. Равкин Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66-75.
34. Равкин Ю.С., Доброхотов Б.П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организации и методы учета птиц и вредных грызунов. Москва, 1963. С. 130-136.
35. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). Москва: Академкнига, 2003. 808 с.
36. Ирисов Э.А. Птицы в условиях горных стран: Анализ эколого-физиологических адаптаций. Новосибирск: Наука, 1997. 208 с.
37. Наумов Н.П. Экология животных. Москва: Высшая школа, 1963. 618 с.
38. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1938. Т. 1. Вып. 2. 156 с. (Фауна СССР. Птицы; Т. 1, вып. 2)
39. Кищинский А.А. Принципы реконструкции истории авифаун биогеографическим методом // Адаптационные особенности и эволюция птиц. Москва: Наука, 1977. С. 33-39.
40. Магомедов М.-Р.Д., Омаров К.З. Особенность питания и состояния природной популяции хомяка Раддэ в агроландшафтах горного Дагестана // Зоологический Журнал. 1995. Т. 74. Вып. 3. С. 123-133.
41. Омаров К.З., Магомедов М.-Р.Д. Принципы функционирования и устойчивости популяций и сообществ мелких млекопитающих в условиях горного земледелия на Восточном Кавказе. 2. Сообщества // Вестник Дагестанского научного центра. 2007. N 27. С. 26-33.
42. Омаров К.З., Яровенко Ю.А. Видовое разнообразие и состояние териофауны Восточного Кавказа // Вестник Дагестанского научного центра. 2016. N 61. С. 6-18.
43. Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Факторная зоогеография: принципы, методы и теоретические представления. Новосибирск: Наука, 2008. 205 с.
44. Равкин Е.С., Бурский О.В., Вартопетов Л.Г., Фомин Б.Н. Зимнее население птиц некоторых ландшафтов северо-восточного Кавказа // Миграции и зимовки птиц Северного Кавказа. 1990. Вып. 11. С. 188-194.

REFERENCES

1. Vilkov E.V. Population trends in regular migrants as the basis for a prediction model for conservation of the birds of Eurasia. *Russian Journal of Ecology*, 2013, vol. 44, no. 2, pp. 142-157. Doi: 10.1134/S106741361301013X



2. Vilkov E.V. Structure and ecological diversity of birds in mountain Dagestan. Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN [Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2010, vol. 6, no. 2, pp. 52-59. (In Russian)
3. Vilkov Ye.V. Inventory of cranes and their modern state on the territory of Dagestan. Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology, development]. 2011, vol. 6, no. 4, pp. 103-118. (In Russian)
4. Vilkov E.V. Characteristics of ecology of bee-eaters (*Merops apiaster*, *M. superciliosus*) in Dagestan as a region of intensive migrations. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 90-105. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2016-3-90-105
5. Vilkov E.V. The Genesis and Evolution of the Caspian Sea Lagoons as Avifauna Refuges at the Transboundary Scale. *Open Journal of Marine Science*, 2016. vol. 6, iss. 1, pp. 115-124. Doi: 10.4236/ojms.2016.61011
6. Menetries E. Catalogue raisonne des objets de Zoologie recueillis dans im voyage au Caucase et jusquaux frontieres actualles de la Perse. SPb., pp. 1-271.
7. Radde G.I. *Ornitologicheskaya fauna Kavkaza* [Ornithological fauna of the Caucasus]. Tiflis, Typography of the Chief Civilian in the Caucasus, 1884, 446 p. (In Russian)
8. Rossikov K.N. A trip to the south-western part of Chechnya and western Daghestan. *Izvestiya Kavkazskogo otdeleniya RGO* [News of the Caucasian Branch of the Russian Geographical Society]. 1885, vol. 9, no 1, pp. 99-103. (In Russian)
9. Rossikov K.N. A trip to Chechnya and Upland Dagestan (for ornithological purposes). *Zapiski Kavkazskogo otdeleniya RGO* [Notes of the Caucasian Branch of the Russian Geographical Society]. 1884, vol 13, iss. 1, pp. 213-277. (In Russian)
10. Dinnik N.Ya. On Chechnya and Daghestan. *Izvestiya Kavkazskogo otdela imp. Russkogo geograficheskogo obshchestva* [News of the Caucasian Department of the Imperial Russian Geographical Society]. 1905, vol. 25, no. 4, pp. 1-78. (In Russian)
11. Dinnik N.Ya. Migration of birds across the Caucasian Ridge. *Izvestiya Kavkazskogo otdela Russkogo geograficheskogo obshchestva* [News of the Caucasian branch of the Russian Geographical Society]. 1887, vol. 9, no. 2, pp. 394-405. (In Russian)
12. Dinnik N.Ya. Ornithological observations in the Caucasus. *Trudy S.-Peterburgskogo obshchestva yestestvoispytateley* [Transactions of the St. Petersburg Society of Natural Scientists]. 1886, vol. 17, iss. 1, pp. 260-378. (In Russian)
13. Bilkevich S.I. Materials on the research of avifauna of Daghestan. *Protokol zasedaniya Obshchestva estestvoispytatelei pri Kazanskom universitete. 1892-1893 gg.* [Meeting Agenda of the Society of Naturalists at Kazan University. 1892-1893]. Kazan, 1893, vol. 24, app. 125, pp. 1-24. (In Russian)
14. Satunin K.A. On the zoogeographic districts of the Caucasian region. *Izvestiya Kavkazskogo muzeya* [Proceedings of the Caucasian Museum]. 1912, vol. 7, pp. 7-106. (In Russian)
15. Böme L.B. On the issue of studying the vertical migration of birds in the central part of the Caucasus. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1932, ser. A, no. 1, pp. 23-29. (In Russian)
16. Böme L.B. *Po Kavkazu. Priroda i okhota* [In the Caucasus. Nature and Hunting]. Moscow, Moscow Society of Naturalists Publ., 1950, 208 p. (In Russian)
17. Gasanguseynov M.G. [To the ecology of the blackbird in the foothills of Daghestan]. In: *Materialy Vsesoyuznogo nauchno-metodicheskogo soveshchaniya zoologov pedvuzov* [Materials of the All-Union Scientific and Methodological Meeting of Pedagogical Zoologists]. 1990, part 2, 53 p. (In Russian)
18. Böhme R.L., Banin D.A. *Gornaya avifauna yuzhnoy Palearktiki: (Ekologo-geograficheskiy analiz)* [Mountain Avifauna of the Southern Palearctic: (Ecological-geographical analysis)]. Moscow, MSU Publ., 2001, 256 p. (In Russian)



19. Polivanova N.N. [Foreword] In: *Migratsii i zimovki ptits Severnogo Kavkaza* [Migrations and winterings of birds of the North Caucasus]. 1990, pp. 5-6. (In Russian)
20. Sokolov L.V. *Klimat v zhizni rasteniy i zhivotnykh* [The climate in the life of plants and animals]. St. Petersburg, TESSA Publ., 2010, 344 p. (In Russian)
21. Vilkov E.V. Peculiarities of the summer population of birds of the Agul region (the mountains of southern Dagestan). *Kavkazskiy ornitologicheskii vestnik* [The Caucasian Ornithological Bulletin]. 2001, vol. 13, pp. 27-33. (In Russian)
22. Vilkov E.V. Struktura i territorial'noye raspredeleniye avifauny vysokogornogo Dagestana v usloviyakh intensivnykh migratsiy [Structure and territorial distribution of avifauna of the High-mountain Dagestan in the conditions of intensive migrations]. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Sovremennyye problemy biologii i ekologii zhivotnykh"*, Makhachkala, 2008 [Proceedings of All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern problems of animal biology and ecology", Makhachkala, 2008]. Makhachkala, 2008, pp. 101-114. (In Russian)
23. Vilkov E.V. Structure, number and spatial-biotope distribution of summer avifauna in central foothills of Dagestan. *Branta* [Branta]. 2009, iss. 12, pp. 48-58. (In Russian)
24. Vilkov E.V. Species composition and regularities of the formation of the diversity of birds in the highland Dagestan. In: *Zhivotnyy mir gornykh territoriy* [Animal world of mountainous territories]. Moscow, 2009, pp. 243-251. (In Russian)
25. Vilkov E.V. Struktura i ekologicheskoye raznoobrazie ptits Vnutrigornogo Dagestana (na primere seleniya Gotsatl') [Structure and ecological diversity of birds in the Dagestan in the interior (by the example of the village Gotsatl')]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ptitsy Kavkaza. Sovremennoye sostoyaniye i problemy okhrany"*, Stavropol', 2011 [Proceedings of the scientific-practical conference "Birds of the Caucasus. Current state and problems of protection", Stavropol', 2011]. Stavropol', 2011, pp. 25-34. (In Russian)
26. Vilkov Ye.V. Structure and spatiotemporal heterogeneity of bird summer population in Dagestan high mountains (by the example of Charodinsky district). *South of Russia: ecology, development*, 2013, vol. 8, no. 2, pp. 77-89. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-20132-77-89
27. Vilkov E.V. Istoriya izucheniya i strukturnoterritorial'nyye svyazi ptits vysokogornogo Dagestana (na primere Charodinskogo i Tlyaratinskogo rayonov) [History of study and structural-territorial relations of birds of highland Dagestan (by the example of the Charodinsky and Tlyaratinsky districts)]. *Materialy nauchnoy konferentsii "Ptitsy Kavkaza: istoriya izucheniya, zhizn' v urbanizirovannoy srede"*, Stavropol', 2013 [Proceedings of a scientific conference "Birds of the Caucasus: history of studying, life in an urbanized environment", Stavropol', 2013]. Stavropol', 2013, pp. 25-52. (In Russian).
28. Vilkov E.V. Fauna i ekologiya ptits Tlyaratinskogo raiona (Vysokogornyi Dagestan) kak potentsial'noi prirodookhrannoi territorii federal'nogo znacheniya [The fauna and ecology of birds in the Tlyaratinsky district (High Mountain Dagestan) as a potential protected area of federal significance]. *Mezhdunarodnaya konferentsiya "Sovremennyye problemy sokhraneniya bioraznobraziya i prirodopol'zovaniya"*. Odessa, 24-27 sentyabrya 2013 [Modern problems of biodiversity conservation and environmental management. International Conference, Odessa, 24-27 September, 2013]. Odessa, 2013, pp. 9-10. (In Russian)
29. Vilkov E.V. Structure and ecology of birds in Intra-mountain Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 40-62. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2018-1-40-62
30. Vilkov E.V. Structural organization and specificity of territorial links among birds of Inner-mountain and High-mountain Dagestan. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2018, no. 2, pp. 163-182. (In Russian) Doi: 10.18500/1684-7318-2018-2-163-182
31. Ataev Z.V. [Province of Out-mountain Dagestan] In: *Fizicheskaya geografiya Dagestana* [Physical Geography of Dagestan]. Moscow, Shkola Publ., 1996, pp. 343-347. (In Russian)



32. Eldarov M.M. *Fizicheskaya geografiya Predgornogo Dagestana* [Physical geography of Piedmont Dagestan]. Rostov-on-Don, RSPI Publ., 1984. 136 p. (In Russian)
33. Ravkin Yu.S. [To the method of recording birds of forest landscapes]. In: *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altaye* [Nature of foci of tick-borne encephalitis in the Altai]. Novosibirsk, 1967, pp. 66-75. (In Russian)
34. Ravkin Yu.S., Dobrokhotov B.P. [To the method of recording birds of forest landscapes outside of the nesting season]. In: *Organizatsii i metody ucheta ptits i vrednykh gryzunov* [Organizations and methods of recording birds and harmful rodents]. Moscow, 1963, pp. 130-136. (In Russian)
35. Stepanyan L.S. *Konspekt ornitologicheskoy fauny Rossii i sopredel'nykh territoriy (v granitsakh SSSR kak istoricheskoy oblasti)* [The list of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region)]. Moscow, Akademkniga Publ., 2003, 808 p. (In Russian)
36. Irisov E.A. *Ptitsy v usloviyakh gornyykh stran: Analiz ekologo-fiziologicheskikh adaptatsii* [Birds in mountainous countries: Analysis of ecological and physiological adaptations]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1997, 208 p. (In Russian)
37. Naumov N.P. *Ekologiya zhivotnykh* [Ecology of animals]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1963, 618 p. (In Russian)
38. Shtegman B.K. *Osnovy ornitogeograficheskogo deleniya Palearktiki* [Basics of ornithogeographical division of the Palaearctic]. Moscow; Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1938, vol. 1, iss. 2, 156 p. (In Russian)
39. Kishchinsky A.A. Principles of reconstruction of the history of avifauna by the biogeographical method. In: *Adaptatsionnyye osobennosti i evolyutsiya ptits* [Adaptation features and the evolution of birds]. Moscow, Nauka Publ., 1977, pp. 33-39. (In Russian)
40. Magomedov M.-R.D., Omarov K.Z. The diet peculiarities and status of the natural population of the radde hamster in the agrolandscapes of mountainous Daghestan. *Zoologicheskii Zhurnal* [Zoological Journal]. 1995, vol. 74, iss. 3, pp. 123-133. (In Russian)
41. Omarov K.Z., Magomedov M.-R.D. Principles of functioning and stability of populations and communities of small mammals in conditions of mountain agriculture on East Caucasus. Communities. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra* [Herald of the Daghestan Scientific Center]. 2007, no. 27, pp. 26-33. (In Russian)
42. Omarov K.Z., Yarovenko Yu.A. Species diversity and current status of the mountain mammal fauna of the Eastern Caucasus. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra* [Herald of Daghestan scientific center]. 2016, no. 61, pp. 6-18. (In Russian)
43. Ravkin Yu.S., Livanov S.G. *Faktornaya zoogeografiya: printsipy, metody i teoreticheskiye predstavleniya* [Factor zoogeography: principles, methods and theoretical generalizations]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2008, 205 p. (In Russian)
44. Ravkin E.S., Bursky O.V., Vartopetov L.G., Fomin B.N. Winter population of birds of some landscapes of the North-Eastern Caucasus. In: *Migratsii i zimovki ptits Severnogo Kavkaza* [Migrations and wintering of birds of the Northern Caucasus]. 1990, vol. 11, pp. 188-194. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Евгений В. Вилков, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН; Россия 45 М. Гаджиева, 45; тел.: 8-909-480-11-51, e-mail: evberkut@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Evgeniy V. Vilkov, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Centre RAS; 45 M. Gadzhiev St., Makhachkala, 367000 Russia; tel. mob. 8-909-480-11-51, e-mail: evberkut@mail.ru



Критерии авторства

Евгений В. Вилков написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 12.01.2019

Принята в печать 11.03.2019

Contribution

Evgeny V. Vilkov prepared this manuscript and is responsible for plagiarism and other non-ethical problems.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interests.

Received 12.01.2019

Accepted for publication 11.03.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК 574.5; 578.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-35-47

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЦИРКУЛЯЦИИ ГЕРПЕСВИРУСОВ У СИВУЧЕЙ (*EUMETOPIAS JUBATUS*, *SCHREBER, 1776*) ОХОТСКОГО МОРЯ

¹Анастасия А. Дёрко, ^{1,2}Александр Ю. Алексеев*, ¹Кирилл А. Шаршов,

^{3,4}Владимир Н. Бурканов, ²Джалалутдин М. Джамалутдинов,

⁵Гурият Н. Абдулгалимова, ⁵Патимат М. Ибнумасхудова

¹ФИЦ «Фундаментальной и трансляционной медицины» СО РАН,
Новосибирск, Россия, al-alexok@ngs.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, Россия

⁴Аляскинский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, НОАА, Сиэтл, США

⁵Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

Резюме. Цель: при помощи скрининга сывороток крови 370 щенков сивуча (*Eumetopias jubatus*, Schreber, 1776) Охотского моря за период 2008 – 2012 гг. и анализа литературных данных оценить возможность циркуляции герпесвирусов и их возможные пути передачи. **Методы.** Мы исследовали 370 сывороток крови щенков сивуча (2008-2012 гг.) с о. Тюлений, о. Чкалова и с островов Большой Курильской гряды на наличие антител к двум представителям подсемейств *Alphaherpesvirinae* и *Gammaherpesvirinae* при помощи твёрдофазного иммуноферментного анализа. **Результаты.** Проведённый анализ показал, что из 370 сывороток в 50 диагностированы антитела к вирусу ветряной оспы (подсемейство *Alphaherpesvirinae*) и в 46 – к вирусу Эпштейна-Барр (подсемейство *Gammaherpesvirinae*). **Заключение.** Анализ литературы показал, что особенности экологии вида способствуют реализации основных путей передачи герпесвирусов между особями, а также определил возможные факторы риска передачи неспецифических герпесвирусов между сивучами и животными, с которыми они вынуждены соседствовать. Полученные нами результаты совпадают с имеющимися в литературе данными и косвенно подтверждают циркуляцию герпесвирусов в популяциях сивучей Большой гряды Курильских островов, а также острова Тюлений. Мы наблюдаем достоверное отличие количества щенков сивуча с наличием антител к гаммагерпесвирусам на островах Курильской гряды и островах Охотского моря ($P > 99,7$). Различий в количестве щенков сивуча с наличием антител к альфагерпесвирусам достоверно не обнаружено.

Ключевые слова: *Eumetopias jubatus*, *Alphaherpesvirinae*, *Gammaherpesvirinae*, серодиагностика, вирусная инфекция, Охотское море, герпесвирусы ластоногих.

Формат цитирования: Дёрко А.А., Алексеев А.Ю., Шаршов К.А., Бурканов В.Н., Джамалутдинов Дж.М., Абдулгалимова Г.Н., Ибнумасхудова П.М. Современные представления о циркуляции герпесвирусов у сивучей (*Eumetopias jubatus*, Schreber, 1776) Охотского моря // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.35-47. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-35-47



MODERN VIEWS ON THE CIRCULATION OF HERPES VIRUSES IN THE OKHOTSK SEA STELLER SEA LION (*EUMETOPIAS JUBATUS*, *SCHREBER, 1776*)

¹Anastasiya A. Derko, ^{1,2}Alexander Yu. Alekseev*, ¹Kirill A. Sharshov,

^{3,4}Vladimir N. Burkanov, ²Jalalutdin M. Jamalutdinov,

⁵Guriyat N. Abdulgalimova, ⁵Patimat M. Ibumaskhudova

¹FSBSI "Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine" SB RAS,

Novosibirsk, Russia, al-alexok@ngs.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute, Far-Eastern

Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

⁴Alaska Fisheries Science Center, NOAA, Seattle, WA, USA

⁵Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

Abstract. Aim. To evaluate the possibility of herpes viruses circulation and possible routes of transmission in population of Steller sea lions of the Sea of Okhotsk by combining a thorough literature study with screening of blood sera samples of Steller sea lion puppies of the Sea of Okhotsk obtained in 2008-2012. **Methods.** We investigated 370 blood sera of puppies of the Steller sea lion (2008-2012) from Tyulenij island, Chkalova island and from the Kurile Islands for the presence of antibodies to two members of the subfamily Alphaherpesvirinae and Gammaherpesvirinae using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). **Results.** The data showed that out of 370 sera samples, 50 contained antibodies to the varicella-zoster virus (subfamily Alphaherpesvirinae) and 46 – to the Epstein-Barr virus (subfamily Gammaherpesvirinae). **Main conclusions.** The literature study revealed that the ecology peculiarities of species contribute to the realization of the main ways of transmission of herpes viruses between individuals. We were also able to identify possible risk factors for the transmission of non-specific herpes viruses between Steller sea lion and the animals with which they are forced to coexist. The results obtained are in a good agreement with the literature data and indirectly confirm the circulation of herpes viruses in the Steller sea lion of the Kuril Islands, as well as the island Tyulenij. We observe a significant difference in the number of Steller sea lion puppies with the presence of antibodies to gamma-herpes viruses on the Kuril Islands and the Okhotsk Sea islands ($P > 99,7$). Differences in the number of Steller sea lion puppies with the presence of antibodies to alpha herpes viruses were not reliably detected.

Keywords: *Eumetopias jubatus*, *Alphaherpesvirinae*, *Gammaherpesvirinae*, serological diagnostics, viral infection, Okhotsk Sea, herpes viruses of pinnipeds.

For citation: Derko A.A., Alekseev A.Yu., Sharshov K.A., Burkanov V.N., Jamalutdinov J.M., Abdulgalimova G.N., Ibumaskhudova P.M. Modern views on the circulation of herpes viruses in the Okhotsk sea Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*, Schreber, 1776). *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 35-47. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-35-47

ВВЕДЕНИЕ

Сивуч, или северный морской лев Стеллера (*Eumetopias jubatus*, Schreber, 1776) в списке Международного союза охраны природы и природных ресурсов (IUCN) отнесён к категории видов, близких к уязвимому положению [1]. В нашей стране сивуч занесён в



Красную книгу Российской Федерации с присвоенной категорией 2: неуклонно сокращается численность по всему ареалу под воздействием пока неясных факторов [2; 3]. Среди возможных причин снижения численности сивуча стоит взять во внимание паразитарные и инфекционные заболевания, которые могут приводить как к гибели особей, так и к снижению общей резистентности [4]. Мониторинг эпидемиологической ситуации в популяциях сивуча позволит определить роль инфекционных заболеваний в снижении численности вида, а также предсказать изменения приспособляемости к условиям среды обитания.

Герпесвирусная инфекция ластоногих впервые была зарегистрирована в 1985 году, когда у 23 щенков тюленей (*Phoca vitulina*, Linnaeus, 1758) развилось острое инфекционное заболевание с симптомами пневмонии, которое привело к гибели 11 особей. После идентификации вирус получил название «*phocid herpesvirus 1*» (PhHV-1) и отнесен к подсемейству *Alphaherpesvirinae* [5]. Во время эпизоотии 1988 года, вызванной вирусом чумы тюленей, у взрослых тюленей был выделен PhHV-1, который сочли вторичным/оппортунистичным по отношению к вирусу чумы тюленей (*Phocine morbillivirus*) [6].

Согласно многочисленным литературным данным у ластоногих диагностируют самые разные герпесвирусы, которые не являются для них специфичными. Так, в 1988 г. были получены данные, подтверждающие факт заражения ластоногих герпесвирусами лошадей типа 1 (*Equid herpesvirus 1*), крупнорогатого скота типа 1 (*Bovine herpesvirus 1*) и кошачьим типа 1 (*Felid herpesvirus 1*) [7-9]. Данные вирусы в сочетании с PhHV-1 явились причиной большого количества абортосов у самок ластоногих [7-9]. Позднее была выявлена связь между патологическими поражениями (язвенные поражения пищевода, В-клеточная лимфома) и герпесвирусом тюленей типа 3 (*Phocid gammaherpesvirus 3*, род *Percavirus*) у калифорнийского морского льва (*Zalophus californianus* Lesson, 1828) [10].

В связи с вышесказанным изучение циркуляции специфичных и неспецифичных герпесвирусов для сивучей и поиск возможных путей их передачи как в пределах вида, так и в межвидовом взаимодействии играет важную роль в оценке динамики численности этих животных.

Цель: при помощи скрининга сывороток крови 370 щенков сивуча Охотского моря (2008-2012) и анализа литературных данных оценить возможность циркуляции герпесвирусов и их возможные пути передачи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор крови щенков сивучей

Было исследовано 370 сывороток крови щенков сивуча на наличие антител класса IgG к двум патогенам. Материал был собран во время экспедиций 2008-2012 годов по обследованию лежбищ сивуча на западном участке ареала – с острова Тюлений, острова Чкалова, с островов Большой Курильской гряды: острова Анциферова, скал Ловушек, острова Райкоке, скал Среднева, острова Брат Чирпоев (табл. 1).

Пробы брали во время мечения 2-4 недельных щенков сивуча. Кровь забиралась из хвостовой ягодичной вены в вакуумные пробирки с гепарином, затем центрифугировались при 3000-3200 об/мин в течение 6 минут. Полученную сыворотку отбирали в полиэтиленовые пробирки и замораживали при температуре -20 °C. Доставка сывороток крови в лабораторию осуществлялась в пенопластовом контейнере с хладагентами (температура при вскрытии не превышала +8 °C). В лаборатории хранение образцов сывороток крови осуществляли при -24°C вплоть до использования в эксперименте. После полного размораживания при комнатной температуре сыворотки крови доводили фосфатно-солевым буферным раствором (pH = 7.4) до рабочего разведения 1:40.



Таблица 1

**Количество собранного материала с различных участков западной части ареала
*Eumetopias jubatus***

Table 1

Number of samples collected in the western part of the *Eumetopias jubatus* habitat

Место сбора биологического материала (крови) Blood sampling locations		Краткая характеристика Main characteristics of an island	Количество собранных образцов Number of samples collected
Охотское море The Okhotsk sea	остров Тюлений Tyulenij island	остров сложен обломочными горными породами, площадь 0,54 км ² ; поселения людей отсутствуют the island is composed of clastic rocks, an area 0,54 km ² ; uninhabited	40
	остров Чкалова Chkalova island	размеры острова 17×1 км; имеются поселения людей island size 17×1 km; inhabited	8
Большая гряда Курильских островов Kurile Islands	остров Анциферова Anciferova island	остров является надводной частью потухшего вулкана, площадь 7 км ² ; поселения людей отсутствуют the island is the topside of an extinct volcano, an area 7 km ² ; uninhabited	68
	скалы Ловушки Lovushki rocks	состоят из 10 крупных скал; поселения людей отсутствуют consist of 10 large rocks; uninhabited	48
	остров Райкоке Rajkoke island	остров является надводной частью действующего вулкана, площадь 4,58 км ² ; поселения людей отсутствуют the island is a part of the active volcano, an area 4,58 km ² , uninhabited	74
	скалы Среднева Sredneva rocks	поселения людей отсутствуют uninhabited	81
	остров Брат Чирпоев Brat Chirpoev island	представляет собой цепь неактивных вулканических конусов; поселения людей отсутствуют is a chain of inactive volcanic cones; uninhabited	51
Всего / Total: 370			

Иммуноферментный анализ

Наличие антител к герпесвирусам определяли с помощью ИФА-тест-систем «Векто-VZV-IgG» (ЗАО «Вектор-Бест», РФ), содержащей антигены к вирусу ветряной оспы (*Herpesvirales: Herpesviridae, Alphaherpesvirinae, Varicellovirus*) и «Векто-ВЭБ-VCA-IgG» (ЗАО «Вектор-Бест», РФ), содержащей антиген вируса Эпштейна-Барр (*Herpesvirales: Herpesviridae, Gammaherpesvirinae, Lymphocryptovirus*) с выявлением иммунных комплексов конъюгатом рекомбинантного белка А [11; 12] и пероксидазы хрена (ООО «Биалекса», РФ). Во всех анализах в качестве хромогена использовали тетраметилбензидин. Интенсивность окрашивания пропорциональна концентрации специфических антител в анализируемых образцах. Время проведения анализа составляло от 100 до 140 минут в соответствии с инструкциями к тест-системам. Объем вносимых в лунку разведений сыворотки крови равнялся 100 мкл. Образец считался положительным, если все повторы в разведении 1:40 были положительными.



ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённый иммуноферментный анализ показал следующие результаты: из 370 сывороток крови щенков сивучей в 50 диагностированы антитела к вирусу ветряной оспы (подсемейство *Alphaherpesvirinae*) и в 46 – к вирусу Эпштейна-Барр (подсемейство *Gammapherpesvirinae*).

В нашем исследовании использовались готовые наборы для проведения иммуноферментного анализа с сорбированными антигенами вирусов человека. Данный выбор основывается на том, что герпесвирусы, находящиеся в пределах одного рода или подсемейства, имеют общие антигенные свойства, что обуславливает сходный серологический ответ инфицированного организма [8; 13; 14]. Так, например, при поиске причины гибели 11 тюленей в 1985 году, *Phocid alphaherpesvirus 1* (род *Varicellovirus*) показывал сходные результаты с вирусами кошачьего и собачьего герпеса при анализе биологического материала серологическими методами [5]. Последующее секвенирование подтвердило высокое сходство этих вирусов. Известно и множество случаев выделения от ластоногих герпесвирусов лошадей (*Equid herpesvirus 1*) и крупного рогатого скота (*Bovine herpesvirus 1*) [7-9], которые относятся к роду *Varicellovirus*. Таким образом, полученные положительные результаты на тест-системах с антигенами вируса ветряной оспы и вируса Эпштейна-Барр могут говорить о контактах северного морского льва с несколькими герпесвирусами в пределах одного рода или подсемейства.

У ластоногих смертельные генерализованные инфекции, вызванные *phocid herpesvirus 1*, обычно случаются только среди новорожденных [5]. В целом, герпесвирусы ластоногих связывают с пневмонией, урогенитальными опухолями, лимфомой, некрозом надпочечников и печени [15-17]. Большинство исследований говорят о том, что роль герпесвирусов ластоногих в развитии патологической картины заболевания недостаточно ясна, так как чаще всего *Phocid alphaherpesvirus 1* и *Phocid gammaherpesvirus 2* выделяют из клинического материала погибших особей в совокупности с чумой тюленей (*Phocine morbillivirus*) и другими инфекциями [6; 10; 14; 17].

Для исследования нам была доступна только сыворотка 2-4-недельных щенков сивуча. Однако в этом возрасте в крови щенков преобладают антитела, полученные с молоком матери, так как формирование собственной иммунной системы занимает значительное время. Таким образом, по антителам в крови щенка можно судить о перенесённых инфекциях половозрелых самок популяции.

Герпесвирусы передаются аэрогенным, парентеральным, контактным и половым путями. Обзор литературы показал, что определённые особенности экологии сивуча могут способствовать непрерывной передаче герпесвирусов как в пределах вида, так и между популяциями различных видов животных и птиц. К таким особенностям относятся: образование гаремов; драки между самцами за возможность образования гарема; образование репродуктивных лежбищ в местах скопления других млекопитающих и птиц; частые контакты с антропоэкосистемами.

Сивучи в репродуктивный период образуют гаремы, в которых на одного самца приходится до 20 самок [18; 19]. Каждый год самец выбирает новых самок, что многократно увеличивает возможность передачи герпесвирусов половым путём. Создание гаремов нередко сопровождается кровопролитными драками между крупными самцами, что повышает вероятность передачи герпесвирусной инфекции парентеральным путём.

Репродуктивные лежбища сивучей приурочены к небольшим островам, находящимся вдали от человека, однако эти острова привлекают не только сивучей, но и других ластоногих и птиц [20]. Чаще всего сивуч соседствует с морскими котиками. К середине репродуктивного сезона совокупная численность котиков и львов может достигать нескольких тысяч особей [18; 20]. Весьма тесные контакты между данными видами ушастых тюленей могут реализовать аэрогенный и контактный пути передачи герпесвирусов. К тому же стоит отметить, что северные морские львы не боятся



нетипичных обитателей лежбищ, таких как песцы и собаки (в том случае, если собаки не нападают), что также может способствовать передаче инфекции. Реакции на песцов и собак в большинстве случаев носят ориентировочный и игровой характер [21].

Через контакты с человеком могут быть реализованы сразу несколько путей передачи герпесвирусных инфекций: парентеральный, аэрогенный и контактный. Данные пути реализуется в драках с собаками и во время конфликтов сивучей с рыбаками [22]. Особый интерес при рассмотрении передачи инфекционных заболеваний, в целом, представляют временные зимние лежбища морских львов в черте городов [23; 24]. Описаны случаи образования зимних лежбищ на территории очистных сооружений хозяйственно-бытовых вод, доступ людей и домашних животных к которым ограничен, что и привлекает ластиногих на данную территорию [24].

Стоит заметить, что репродуктивные лежбища сивуча, в отличие от мест отдыха во время осуществления кочевок и отдыха после кормёжки, не представляют собой безжизненные голые камни и скалы. Репродуктивные лежбища располагаются на участках суши, которые населены различными видами животных, птиц, насекомых и паукообразных. В качестве примера наиболее информативно привести остров Тюлений. Данный остров не занят человеком, в пределах острова нет хищников, а по окраинам располагаются обширные пляжи, что делает о. Тюлений привлекательным местом для образования репродуктивных лежбищ морскими млекопитающими. Ранее сивучи и морские котики занимали большую часть пляжной территории, а на основной части острова на высоте 16-18 метров располагались гнездовья птиц. Однако на данный момент ситуация изменилась – воздвигнутые человеком в 1965 году ограждения и здания пришли в негодность, что стало значительной проблемой для обитателей острова [20]. Деревянные ограждения создавались с целью ограничения доступа ушастых тюленей к местам гнездовий птиц. Разрушение ограждений привело к снижению численности птиц и увеличению численности морских котиков, которые стали активно осваивать новую территорию, а сивучи, почти в отсутствии межвидовой конкуренции, заняли большую часть пляжа. Таким образом, о. Тюлений, как и некоторые другие острова, на которых в высокой концентрации располагаются ластиногие и морские птицы, является потенциальным местом для передачи и дальнейшей адаптации вирусов птиц к млекопитающим [20].

По местам сбора проб сыворотки крови щенков сивучей с выявленными антителами к альфа- и гамма-герпесвирусам распределились неравномерно (табл. 2).

Таблица 2

Распределение положительных сывороток по местам сбора проб

Table 2

Number of positive sera at sampling sites

Места сбора проб Sampling locations		Количество сывороток с антителами к вирусу ветряной оспы (подсемейство <i>Alphaherpesvirinae</i>) The number of serums with antibodies to varicella-zoster virus (subfamily <i>Alphaherpesvirinae</i>)	Количество сывороток с антителами к вирусу Эпштейна-Барр (подсемейство <i>Gammaherpesvirinae</i>) The number of serums with antibodies to Epstein-Barr virus (subfamily <i>Gammaherpesvirinae</i>)	Количество собранных проб Number of samples collected
Охотское море Okhotsk sea	остров Тюлений island Tyulenij	4 (10%)	1 (2,5%)	40 (100%)
	остров Чкалова island Chkalova	0 (0%)	1 (12,5%)	8 (100%)



Большая группа Курильских островов Kurile Islands	остров Анциферова island Anciferova	15 (22,1%)	8 (11,8%)	68 (100%)
	скалы Ловушки rocks Lovushki	3 (6,2%)	5 (10,4%)	48 (100%)
	остров Райкоке island Rajkoke	8 (10,8%)	12 (16,2%)	74 (100%)
	скалы Среднева rocks Sredneva	13 (16,1%)	7 (8,6%)	81 (100%)
	остров Брат Чирпоев island Brat Chirpoev	7 (13,7%)	12 (23,5%)	51 (100%)
Всего / Total:		50	46	370

Наибольшее количество сывороток с антителами к альфа-герпесвирусам было зарегистрировано на о. Анциферова, в то время как наибольшее количество сывороток с антителами к гамма-герпесвирусам было собрано с островов Брат Чирпоев и Райкоке. Оценивая полученные результаты, можно увидеть, что количество щенков сивучей, у которых наблюдается наличие антител к вирусам герпеса разных типов, на островах Курильской гряды значительно больше, чем на островах Охотского моря (рис. 1).

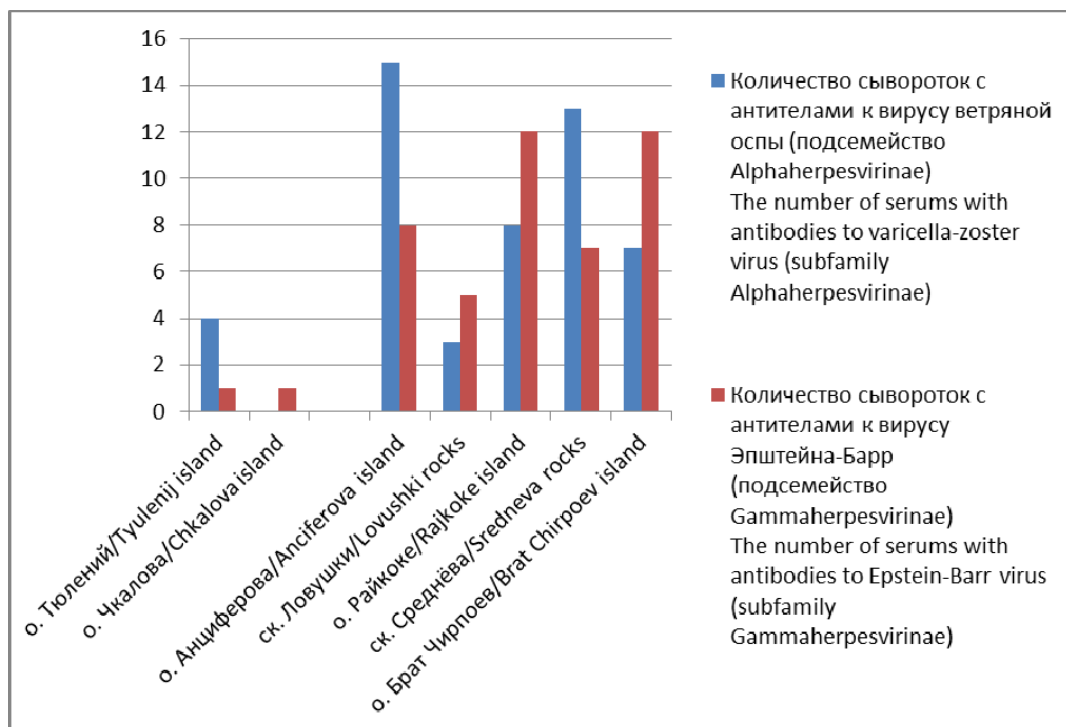


Рис. 1. Распределение положительных сывороток по группам островов
Fig. 1. Distribution of positive sera at island groups

Мы наблюдаем достоверное отличие количества щенков сивуча с наличием антител к гамма-герпесвирусам на островах Курильской гряды и островах Охотского моря ($P > 99,7$). Различий в количестве щенков сивуча с наличием антител к альфа-герпесвирусам достоверно не обнаружено. Вероятнее всего сивучи, образующие лежбища на островах Курильской гряды, составляют общую субпопуляцию, так как для взрослых особей характерны постоянные кочевки между лежбищами [18]. Это значит, что по-



лученные данные иммуноферментного анализа сывороток, собранных с данных островов, правомерно объединить в общий результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всего было исследовано 370 (100%) сывороток крови щенков сивучей. Из них диагностированы антитела к герпесвирусам в 96 (25,9%) случаях: 50 (13,5 %) к альфа-герпесвирусам и 46 (12,4 %) к гамма-герпесвирусам. Наибольшее количество сывороток крови с выявленными антителами к альфа-герпесвирусам было собрано на острове Анциферова (22,1% от общего количества материала, собранного на данном острове), а к гамма-герпесвирусам – на островах Райкоке (16,2%) и Брат Чирпоев (23,5%). Полученные нами результаты совпадают с имеющимися в литературе данными и косвенно подтверждают циркуляцию герпесвирусов в популяциях сивучей Большой гряды Курильских островов, а также острова Тюлений. Однако это утверждение не поддается детализации до тех пор, пока эти вирусы не будут изолированы и охарактеризованы. Только систематические исследования иммунного статуса щенков и взрослых сивучей, а также изучение причин гибели этих животных могут позволить сделать окончательное заключение о роли инфекционных болезней на изменение численности сивучей в северо-западной части Тихого океана.

Специфические особенности экологии сивуча могут способствовать реализации основных путей передачи герпесвирусов как в пределах вида, так и между популяциями различных видов животных, контактирующих с сивучами.

Благодарность: 1. Экспедиции по обследованию лежбищ сивуча были выполнены при финансовой поддержке National Marine Mammal Laboratory (NMFS, NOAA, USA), Alaska SeaLife Center (USA) и Amway Nature Center (Japan).

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

Acknowledgments: 1. Expedition for the survey of the Steller sea lion rookeries was financially supported by the National Marine Mammal Laboratory (NMFS, NOAA, USA), Alaska SeaLife Center (USA) and Amway Nature Center (Japan).

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gelatt T. & Sweeney K. *Eumetopias jubatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. e.T8239A45225749. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T8239A45225749.en>. (дата обращения: 13.03.2019)
2. Красная книга Российской Федерации (животные) / Гл. редкол.: В.И. Данилов-Данильян и др. М.: АСТ: Астрель, 2001. 862 с.
3. Бурканов В.Н., Артемьева С.М., Исоно Т., Пермяков П.А., Третьяков А.В., Хаттори К. Краткие результаты учёта сивуча (*Eumetopias jubatus*) в северной части Охотского моря и у побережья о. Сахалин в 2013 г. // Морские млекопитающие Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 22-27 сентября 2014 г. С. 108-112.
4. Соколова О.В., Ездакова И.Ю., Чеботарева Т.А., Денисенко Т.Е. Получение и применение антисыворотки к иммуноглобулину сивуча для проведения иммуно-экологических исследований морских млекопитающих // Морские млекопитающие Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Калининград, 11-15 октября 2010 г. С. 534-540.
5. Bors T.G., Walvoor T.H., Reijnders P., Kamp J., Van Der An outbreak of a herpesvirus infection in harbor seals (*Phoca vitulina*) // *Wildlife Diseases*. 1986. V. 22. P. 1-6.
6. Osterhaus A.D.M.E., Vedder E.J. Identification of virus causing recent seal deaths // *Nature*. 1988. V. 335. Iss. 6185. P. 20-20. <https://doi.org/10.1038/335020a0>



7. Frey H.-R., Liess B., Haas L., Lehmann H., Marschall H. J. Herpesvirus in harbor seals (*Phoca vitulina*): isolation, partial characterization and distribution // Vet. Med. 1989. V. V. 36. P. 699-708.
8. Stenvers O., Zhang X.M., Bries E.T., Ludwig H. Characterization of viruses involved in the seal mass mortality. In Proc. 6th Int. Conf. on Wildlife Diseases, 6-11 August, Berlin. 1990.
9. Zarnke R.L., Harder T.C., Vos H.W., Ver Hoef J.M., Osterhaus A.D.M.E. Serologic survey for phocid herpesvirus-1 and -2 in marine mammals from Alaska and Russia // Wildlife Diseases, 1997. V. 33. P. 459-465. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-33.3.459>
10. Venn-Watson S. et al. Clinical relevance of novel Otarine herpesvirus-3 in California sea lions (*Zalophus californianus*): lymphoma, esophageal ulcers, and strandings // Veterinary Research. 2012. V. 43. Iss. 85. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-85>
11. Алексеев А.Ю., Регузова А.Ю., Розанова Е.И., Абрамов А.В., Туманов Ю.В., Кувшинова И.Н., Шестопалов А.М. Выявление специфических антител к морбилливирусам, бруцелле и токсоплазме у черноморской афалины (*Tursiops truncatus ponticus*) и белухи (*Delphinapterus leucas*) из Охотского моря в 2002-2007 годах // Биология моря. 2009. Т. 35. N 6. С. 440-444.
12. Nymo I.H., Godfroid J., Asbakk K., Larsen A.K., das Neves C.G., Rodven R. et al. A protein A/G indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of anti-Brucella antibodies in Arctic wildlife // Vet Diagn Invest. 2013. V. 25. Iss. 3. P. 369-375. <https://doi.org/10.1177/1040638713485073>
13. Heather T.D. et al. Phylogenetic analysis of marine mammal herpesviruses // Veterinary Microbiology. V. 149. Iss. 1-2. 21 April 2011. P. 23-29 <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.09.035>
14. Bellehumeur C., Nielsen O., Measures L., Harwood L., Goldstein T., Boyle B., and Gagnon C.A. Herpesviruses including novel gammaherpesviruses are widespread among phocid seal species in Canada // Journal of Wildlife Diseases. V. 52. Iss. 1. P. 70-81. <https://doi.org/10.7589/2015-01-020>
15. Goldstein T., Lowenstine L.J., Lipscomb T.P., Mazet J.A.K., Novak J., Stott J.L., Gulland F.M.D. Infection with a Novel Gammaherpesvirus in Northern Elephant Seals (*Mirounga angustirostris*) // Journal of Wildlife Diseases. 2006. V. 42. N 4. P. 830-835. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-42.4.830>
16. Dagleish M.P., Barrows M., Maley M., Killick R., Finlayson J., Goodchild R., Valentine A., Saunders R., Willoughby K., Smith K.C., et al. The first report of Otarine herpesvirus-1-associated urogenital carcinoma in a South American fur seal (*Arctocephalus australis*) // J Comp Pathol. 2013. V. 149. P. 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2012.10.002>
17. Himworth C.G., Haulena M., Lambourn D.M., Gaydos J.K., Huggins J., Calambokidis J., Ford J.K.B., Zarembo K., Raverty S. Pathology and Epidemiology of Phocid Herpesvirus-1 in Wild and Rehabilitating Harbor Seals (*Phoca vitulina richardsi*) in the Northeastern Pacific // Journal of Wildlife Diseases. 2010. V. 46. N 3. P. 1046-1051. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.3.1046>
18. Млекопитающие Советского Союза : в 3-х т. Т. 1 Ластоногие и зубатые киты / Под ред. В.Г. Гептнера, К.К. Чапского, В.А. Арсеньева, В.Е. Соколова. М.: Высшая школа, 1976. 718 с.
19. Красная книга Камчатки. Том 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Камч. печ. двор. Книжное издательство, 2006. 272 с.
20. Щелканов М.Ю., Галкина И.В., Ананьев В.Ю., Самарский С.С., Лиенхо В.Ю., Дедков В.Г., Сафонова М.В., Орехов В.Е., Щелканов Е.М., Алексеев А.Ю., Шестопалов А.М., Питрук Д.А., Серков В.М. Экологическая обстановка на о. Тюлений в акватории Охотского моря (2015 г.): популяционные взаимодействия между ластоногими, птицами, иксодовыми клещами и вирусами // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. N 1. С. 30-43. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-30-43>
21. Михневич Ю.И., Шиенок А.Н., Крученкова Е.П. Реакции сивучей (*Eumetopias jubatus*) и северных морских котиков (*Calloorhinus ursinus*) на песцов на Юго-восточном лежбище о. Медный // Морские млекопитающие Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Калининград, 11-15 октября 2010 г. С. 403-406.
22. Фомин С.В., Белонович О.А., Усатов И.А., Бурканов В.Н. Поведение сивучей (*Eumetopias jubatus*) у рыболовных судов в порту во время выгрузки рыбы // Морские млекопитающие



Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 22-27 сентября 2014 г. С. 66-67.

23. Никулин В.С., Ветрянкин В.В. Наблюдения за сивучами (*Eumetopias jubatus*), зимующими в городе Петропавловске-Камчатском // Морские млекопитающие Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Одесса, 14-18 октября 2008 г. С. 392-395.

24. Никулин В.С., Бурканов В.Н., Ветрянкин В.В., Корнев С.И., Рогожников Р.С. Происхождение и возрастно-половой состав сивучей (*Eumetopias jubatus*) зимующих в Авачинской бухте в 2002-2010 гг. // Морские млекопитающие Голарктики: материалы междунар. науч. конф., Калининград, 11-15 октября 2010 г. С. 436-439.

REFERENCES

1. Gelatt T. & Sweeney K. *Eumetopias jubatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. e.T8239A45225749. Available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T8239A45225749.en>. (accessed 13.05.2019)
2. Danilov-Danilyan V.I., ed. *Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (zhivotnye)* [Red book of the Russian Federation (animals)]. Moscow, AST, Astrel Publ., 2001, 862 p. (In Russian)
3. Burkanov V.N., Artemyeva S.M., Hattori K., Isono T., Permyakov P.A., Tretyakov A.V. Kratkie rezul'taty ucheta sivucha (*Eumetopias jubatus*) v severnoi chasti Okhotskogo morya i u poberezh'ya o. Sakhalin v 2013 g. [Results of a brief survey of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in the northern Sea of Okhotsk and the coast of Sakhalin Island, 2013]. *Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: materialy mezhdunar. nauch. konf., Sankt-Peterburg, 22-27 sentyabrya 2014* [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the eighth International Conference, St. Petersburg, Russia September 22-27, 2014]. St. Petersburg, 2014, pp. 108-112. (In Russian)
4. Sokolova O.V., Ezdakova I.Yu., Chebotareva T.A., Denisenko T.E. Poluchenie i primeneniye antisывorotki k immunoglobulinu sivucha dlya provedeniya immuno-ekologicheskikh issledovaniy morskikh mlekopitayushchikh [The producing and the using the antiserum against the immunoglobulin G of the Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) in order to conduct immunological investigations of marine mammals]. *Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: materialy mezhdunar. nauch. konf., Kaliningrad, 11-15 oktyabrya 2010* [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the Sixth International Conference, Kaliningrad, Russia, October 11-15, 2010]. Kaliningrad, 2010, pp. 534-540. (In Russian)
5. Bors T.G., Walvoor T.H., Reijnders P., Kamp J., Van Der An outbreak of a herpesvirus infection in harbor seals (*Phoca vitulina*). *Wildlife Diseases*, 1986, vol. 22, pp. 1-6.
6. Osterhaus A.D.M.E., Vedder E.J. Identification of virus causing recent seal deaths. *Nature*, 1988, vol. 335, no. 6185, pp. 20-20. <https://doi.org/10.1038/335020a0>
7. Frey H.-R., Liess B., Haas L., Lehmann H., Marschall H. J. Herpesvirus in harbor seals (*Phoca vitulina*): isolation, partial characterization and distribution. *Vet. Med.*, 1989, vol. 36, pp. 699-708.
8. Stenvers O., Zhang X.M., Bries E.T., Ludwig H. Characterization of viruses involved in the seal mass mortality. In Proc. 6th Int. Conf. on Wildlife Diseases, 6-11 August, Berlin. 1990.
9. Zarnke R.L., Harder T.C., Vos H.W., Ver Hoef J.M., Osterhaus A.D.M.E. Serologic survey for phocid herpesvirus-1 and -2 in marine mammals from Alaska and Russia. *Wildlife Diseases*, 1997, vol. 33, pp. 459-465. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-33.3.459>
10. Venn-Watson S. et al. Clinical relevance of novel Otarine herpesvirus-3 in California sea lions (*Zalophus californianus*): lymphoma, esophageal ulcers, and strandings. *Veterinary Research*, 2012, vol. 43, iss. 85. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-85>
11. Alekseev A.Yu., Reguzova A.Yu., Rozanova E.I., Abramov A.V., Tumanov Yu.V., Kuvshinova I.N., Shestopalov A.M. Detection of Specific Antibodies to Morbilliviruses, Brucella and Toxoplasma in the Black Sea Dolphin *Tursiops truncatus ponticus* and the Beluga Whale *Delphinapterus leucas* from the Sea of Okhotsk in 2002-2007. *Russian Journal of Marine Biology*, 2009, vol. 35, iss. 6, pp. 494-497. <https://doi.org/10.1134/s1063074009060078>
12. Nymo I.H., Godfroid J., Asbakk K., Larsen A.K., das Neves C.G., Rodven R. et al. A protein A/G indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of anti-Brucella antibodies in Arctic wildlife. *Vet Diagn Invest*, 2013, vol. 25, no. 3, pp. 369-375. <https://doi.org/10.1177/1040638713485073>



13. Heather T.D. et al. Phylogenetic analysis of marine mammal herpesviruses. *Veterinary Microbiology*, 2011, vol. 149, iss. 1-2, pp. 23-29 <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.09.035>
14. Bellehumeur C., Nielsen O., Measures L., Harwood L., Goldstein T., Boyle B., Gagnon C. A. Herpesviruses including novel gammaherpesviruses are widespread among phocid seal species in Canada. *Journal of Wildlife Diseases*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 70-81. <https://doi.org/10.7589/2015-01-020>
15. Goldstein T., Lowenstine L.J., Lipscomb T.P., Mazet J.A.K., Novak J., Stott J.L., Gulland F.M.D. Infection with a Novel Gammaherpesvirus in Northern Elephant Seals (*Mirounga angustirostris*). *Journal of Wildlife Diseases*, 2006, vol. 42, no. 4, pp. 830-835. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-42.4.830>
16. Dagleish M.P., Barrows M., Maley M., Killick R., Finlayson J., Goodchild R., Valentine A., Saunders R., Willoughby K., Smith K.C., et al. The first report of Otarine herpesvirus-1-associated urogenital carcinoma in a South American fur seal (*Arctocephalus australis*). *J Comp Pathol*, 2013, vol. 149, pp. 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2012.10.002>
17. Himworth C.G., Haulena M., Lambourn D.M., Gaydos J.K., Huggins J., Calambokidis J., Ford J.K.B., Zarembo K., Raverty S. Pathology and Epidemiology of Phocid Herpesvirus-1 in Wild and Rehabilitating Harbor Seals (*Phoca vitulina richardsi*) in the Northeastern Pacific. *Journal of Wildlife Diseases*, 2010, vol. 46, no. 3, pp. 1046-1051. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.3.1046>
18. Geptner V.G., Chapskiy K.K., Arsenev V.A., Sokolov V.E., eds. *Mlekopitayushchie Sovetskogo Soyuzu. Lastonogie i zubatye kity* [Mammals of the Soviet Union. Pinnipeds and toothed whales]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1976, 718 p. (In Russian)
19. *Krasnaya kniga Kamchatki. Tom 1. Zhivotnye* [The red book of Kamchatka. Vol. 1. Animals]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2006, 272 p. (In Russian)
20. Shchelkanov M.Y., Galkina I.V., Ananiev V.Y., Samarsky S.S., Lienho V.Y., Dedkov V.G., Safonova M.V., Orekhov V.E., Shchelkanov E.M., Alekseev A.Y., Shestopalov A.M., Pitruk D.L., Serkov V.M. Ecological situation on the Tyuleniy island in the Okhotsk sea (2015): population interactions between pinnipeds, birds, ixodidae ticks and viruses. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 30-43. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-30-43> (In Russian)
21. Mikhnevich Yu.I., Shienok A.N., Kruchenkova E.P. Reaktsii sivuchei (*Eumetopias jubatus*) i severnykh morskikh kotikov (*Callorhinus ursinus*) na pestsov na Yugo-vostochnom lezhibishche o. Mednyi [Reactions of sea lions (*Eumetopias jubatus*) and northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) to arctic foxes (*Alopex lagopus*) at Yugo Vostochny rookery of Mednyi]. *Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: materialy mezhdunar. nauch. konf., Kaliningrad, 11-15 oktyabrya 2010* [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the Sixth International Conference, Kaliningrad, Russia, 11-15 October, 2010]. Kaliningrad, 2010, pp. 403-406. (In Russian)
22. Fomin S.V., Belonovich O.A., Usatov I.A., Burkanov V.N. Povedenie sivuchei (*Eumetopias jubatus*) u rybolovnykh sudov v portu vo vremya vygruzki ryby [The Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) behavior near unloading fishing vessels in the port]. *Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: materialy mezhdunar. nauch. konf., Sankt-Peterburg, 22-27 sentyabrya 2014* [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the eighth International Conference, St. Petersburg, Russia September 22-27, 2014]. St. Petersburg, 2014. pp. 66-67. (In Russian)
23. Nikulin V.S., Vertyankin V.V. Nablyudeniya za sivuchami (*Eumetopias jubatus*), zimuyushchimi v gorode Petropavlovsk-Kamchatskom [Observations of sea lions (*Eumetopias jubatus*) wintering in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky]. *Morskie mlekopitayushchie Golarktiki: materialy mezhdunar. nauch. konf., Odessa, 14-18 oktyabrya 2008 g.* [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the fifth International Conference, Odessa, Russia, October 14-18, 2008]. Odessa, 2008, pp. 392-395. (In Russian)
24. Nikulin V.S., Burkanov V.N.2, Vertyamkin V.V., Kornev S.I., Rogozhnikov R.S. Proiskhozhdenie i vozrastno-polovoi sostav sivuchei (*Eumetopias jubatus*) zimuyushchikh v Avachinskoi bukhte v 2002-2010 gg. [Origination, age, and sex composition of the Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) wintering in Avacha Bay, 2002-2010]. *Morskie mlekopitayushchie*



Golarktika: materialy mezhdunar. nauch. konf., Kaliningrad, 11-15 oktyabrya 2010 [Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers after the Sixth International Conference, Kaliningrad, Russia, 11-15 October, 2010]. Kaliningrad, 2010, pp. 436-439. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Анастасия А. Дёрко, бакалавр, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» СО РАН, г. Новосибирск, Россия; e-mail: ocelot-a@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5984-0819>

Александр Ю. Алексеев*, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией разработки и испытания фармакологических средств, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» СО РАН; тел. +7-913-716-67-78, ул. Тимакова, 2, г. Новосибирск, 630117, Россия; Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, ул. Дахадаева, 21, Махачкала, 367001 Россия; e-mail: al-alexok@ngs.ru, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

Кирилл А. Шаршов, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией моделирования и мониторинга инфекционных процессов, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» СО РАН, г. Новосибирск, Россия; e-mail: sharshov@yandex.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3946-9872>

Владимир Н. Бурканов, кандидат биологических наук, Камчатский филиал ФГБНУ Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия; Лаборатория морских млекопитающих, Аляскинский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, НОАА, г. Сиэтл, США; e-mail: vladimir.burkanov@noaa.gov. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0129-7884>

Джалалутдин М. Джамалутдинов, аспирант кафедры биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия.

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Anastasiya A. Derko, Bachelor of Science, Research Assistant, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine" SB RAS, Novosibirsk, Russia; e-mail: ocelot-a@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5984-0819>

Alexander Yu. Alekseev*, PhD (biology), associate Professor, Head of Laboratory, Laboratory development and testing of pharmacological agents, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine" SB RAS; tel.: +7-913-716-67-78, Timakova 2, Novosibirsk, 630117, Russia; Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva st., Makhachkala, 367001 Russia; e-mail: al-alexok@ngs.ru, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

Kirill A. Sharshov, PhD (biology), Head of Laboratory, Laboratory of modeling and monitoring of infectious processes, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine" SB RAS, Novosibirsk, Russia; e-mail: sharshov@yandex.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3946-9872>

Vladimir N. Burkanov, PhD (biology), Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia; Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center, NOAA, Seattle, WA, USA; e-mail: vladimir.burkanov@noaa.gov. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0129-7884>

Jalalutdin M. Jamalutdinov, PhD student of the Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.



Гурият Н. Абдулгалимова, кандидат педагогических наук, доцент кафедры медицинской биологии, Дагестанский государственный медицинский университет, г. Махачкала, Россия.

Патимат М. Ибнумасхудова, ассистент кафедры общей гигиены и экологии человека, Дагестанский государственный медицинский университет, г. Махачкала, Россия.

Критерии авторства

Анастасия А. Дёрко, Александр Ю. Алексеев, Кирилл А. Шаршов: проведение ИФА и анализ результатов, анализ литературных данных, написание статьи; Александр Ю. Алексеев корректировал рукопись до подачи в редакцию; Владимир Н. Бурканов: предоставил материал для исследования, анализ литературных данных, написание статьи; Джалалутдин М. Джамалутдинов, Гурият Н. Абдулгалимова, Патимат М. Ибнумасхудова: анализ литературных данных, коррективировка рукописи до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 12.02.2019

Принята в печать 15.04.2019

Guriyat N. Abdulgalimova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Biology, Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia.

Patimat M. Ibumaskhudova, Assistant of the Department of General Hygiene and Human Ecology, Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia.

Contribution

Anastasiya A. Derko, Alexandr Yu. Alekseev, Kirill A. Sharshov: performing ELISA and analysis of the results, literature review, writing of the article; Alexandr Yu. Alekseev: corrected manuscript prior to submission to the editor; Vladimir N. Burkanov: provided materials for this research, literature review, writing of the article. Jalalutdin M. Jamalutdinov, Guriyat N. Abdulgalimova, Patimat M. Ibumaskhudova: analysis of the results, literature review, corrected manuscript prior to submission to the editor. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 12.02.2019

Accepted for publication 15.04.2019



ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Оригинальная статья / Original article

УДК 635.928

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-48-58

ДИНАМИКА ОСВЕЩЕННОСТИ ГАЗОНОВ В ТЕНИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Людмила А. Гречушкина-Сухорукова

Ставропольский ботанический сад имени В.В. Скрипчинского – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Ставрополь, Россия, grechushkinala@mail.ru

Резюме Цель. Изучить величину относительного светового довольствия (ОСД) газонов в тени кроны деревьев светолюбивых и теневыносливых пород в объектах озеленения г. Ставрополя. **Методы.** Величина освещенности измерялась на поверхности газона с помощью люксметра «ТКА – ЛЮКС» с 7 до 17 часов, через каждые два часа. **Результаты.** Показано, что газоны под кронами деревьев светолюбивых пород – *Larix sibirica*, получали самое высокое ОСД, его величина в три календарных срока (22.05-15.06-18.09.2017 г., с 7 до 17 час.) составила – 8,2-9,2% (9,2% – в 13 час); 4,6-6,8% (6,8%); 7,0-12,9% (12,9%), их проективное покрытие – 80-95%. У *Betula pendula* ОСД – 2,6-3,7% (3,7%); 1,9-3,2% (3,0%); 3,6-5,7% (5,6%). Проективное покрытие газона – 75-90%. Под кронами теневыносливых пород у *Abies nordmanniana* – ОСД – 1,0-1,5% (1,0%); 0,6-1,5% (0,6%); 0,7-3,0 (0,7%), проективное покрытие газона – 10-25%; у *Aesculus hippocastanum* – ОСД – 0,6-0,8% (0,6%); 0,6-0,8% (0,6%); 9,0-11,5% (11,2%), нередко формируются мертвопокровные участки. Показатели проективного покрытия затененных газонов коррелируют с величиной ОСД ($r=0,89$). **Заключение.** Для интенсивно затененных местообитаний в объектах городского озеленения в наших условиях могут быть использованы, альтернативные злаковым, живые наземные покрытия из полкустарника *Vinca minor* и лианы *Hedera helix*.

Ключевые слова: газоны, солнечная радиация, затенение кронами деревьев, динамика освещенности, относительное световое довольствие, проективное покрытие.

Формат цитирования: Гречушкина-Сухорукова Л.А. Динамика освещенности газонов в тени кроны древесных насаждений различных пород // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.48-58. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-48-58

DYNAMICS OF ILLUMINANCE INCIDENT ON THE LAWN SURFACE IN THE SHADE OF VARIOUS WOODY SPECIES

Ludmila A. Grechushkina-Sukhorukova

Stavropol Botanical Garden named after V.V. Skripchinsky (branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Centre), Stavropol, Russia, grechushkinala@mail.ru



Abstract. Aim. This paper is aimed at studying the relative light conditions (RLC) for lawns in the crown shade of light-requiring and shade-tolerant trees from the landscaping sites of Stavropol. **Methods.** The illuminance incident on the lawn surface was measured using a TKA-LUX light meter from 7 a.m. to 5 p.m., every two hours. **Results.** It is shown that lawns under the crowns of light-requiring tree species (*Larix sibirica*), received the highest RLC. During three calendar periods (22.05–15.06–18.09.2017, from 7 a.m. to 5 p.m.), its value amounted to 8.2-9.2% (9.2% – at 1 p.m.); 4.6-6.8% (6.8%); 7.0-12.9% (12.9%). The projective cover of the lawns reached 75-90%. In case of *Betula pendula*, the RLC values were as follows: 2.6-3.7% (3.7%); 1.9-3.2% (3.0%); 3.6-5.7% (5.6%), with the projective cover amounting to 75-90%. Under the crowns of shade-tolerant species, *Abies nordmanniana*, the RLC values reached 1.0-1.5% (1.0%), 0.6-1.5% (0.6%), 0.7-3.0 (0.7%), with the projective cover of lawns amounting to 10-25%. For *Aesculus hippocastanum*, these values were equal to 0.6-0.8% (0.6%); 0.6-0.8% (0.6%); 9.0-11.5% (11.2%), with dead patches being frequently formed. Projective cover values for shaded lawns correlate with the RLC value ($r = 0.89$). **Conclusions.** Under present conditions, ground covers consisting of *Vinca minor* shrubs and *Hedera helix* vines can be used in urban greening for intensively shaded sites.

Keywords: lawns, solar radiation, tree crown shade, illuminance dynamics, relative light conditions, projective cover.

For citation: Grechushkina-Sukhorukova L.A. Dynamics of illuminance incident on the lawn surface in the shade of various woody species. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 48-58. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-48-58

ВВЕДЕНИЕ

Газоны, как правило, обязательный элемент объектов городского озеленения. Они являются основой пространственной архитектурно-планировочной организации всех видов городских ландшафтов. В городских бульварах, скверах и парках кроны деревьев и кустарников по мере разрастания с каждым годом все больше и больше затевают газоны. Сомкнутый полог крон трансформирует световой режим оказавшихся в их тени газонов. Газонные травы изреживаются, теряют декоративность, а в случае интенсивного затенения могут полностью выпасть и образовывать мертвопокровные участки. Полная солнечная радиация достается только листьям верхушек деревьев, листья средних и нижних ярусов находятся в условиях затенения, травянистый покров еще сильнее затенен. В соответствии с градиентом радиации, значительная доля ФАР поглощается листьями кроны и до газонных растений она доходит не только ослабленной, но и сильно обедненной наиболее ценными для растений лучами, свет меняет свой спектральный состав [1; 2]. Он обеднен синими (СС) и красными лучами (КС) и обогащен зелеными (ЗС 510-565нм) и дальними красными лучами (ДКС ~730нм). Свет в тени характеризуется уменьшением отношения КС/ДКС и СС/ЗС [3]. В сложившейся ситуации затененные растения претерпевают ряд физиологических и морфологических изменений. Зеленый свет является одним из факторов, управляющих растениями при «синдроме избегания тени» [4; 5]. Он может вызвать фотоповреждение фотосинтетических пигментов. Если при совместном действии красного и синего света, доля зеленого света в общем световом потоке будет увеличена до 86%, происходит уменьшение прироста листовой поверхности и сухой массы. Вследствие ослабления фотосинтеза происходит снижение сырой массы корней и листьев [6-9]. Экспериментальное воздействие зеленого света во время индукции цветения подавляло рост растений и их зацветание. Установлена возрастная специфика действия зеленого света на гормональный статус листа в его онтогенезе. В молодых растущих листьях зеленый свет снижал уровень стимуляторов роста – гиббереллинов и индолил-3-уксусной кислоты и увеличивал уровень ингибиторов роста абсцизовой кислоты, что и определяло торможение роста листа. Зеленый свет контролирует уровень гормонов расте-



ния [10-12]. В сложившихся условиях особое значение приобретает проблема разработки ассортимента напочвенного живого покрова для затененных территорий [13].

Цель – исследовать величину относительного светового довольствия газонов в тени крон древесных насаждений различных пород в объектах озеленения г. Ставрополя. Изучить динамику светового режима в течение светового дня и вегетационного периода, и ответную реакцию газонных трав на условия затенения. *Задача* – исследовать варианты создания живых напочвенных покровов в условиях интенсивного затенения, альтернативные злаковым травостоям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовались городские газоны из *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *F. ovina* L., *Poa pratensis* L., как в травосмеси, так и в одновидовых посевах. Для изучения величины освещенности и светового довольствия затененных кронами газонов использовались одновидовые групповые насаждения деревьев лиственных пород – березы плакучей (*Betula pendula* Roth.), каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) и хвойных пород – лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), пихты кавказской (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach), сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don). Параллельные измерения величины освещенности на поверхности газона в условиях затенения и на открытых пространствах проводились с помощью люксметра «ТКА – ЛЮКС» с 7 до 17 часов через каждые два часа. Единица измерения лк (световой поток в 1 люмен на 1м²). Для получения выровненных результатов, исследования проводились в безоблачную погоду. За величину относительного светового довольствия (ОСД) принималась освещенность в данном месте, выраженная в процентах от общего количества света, поступающего извне.

Исследования проводились в г. Ставрополе 300-660м над ур. моря, 45° параллель, продолжительность светового дня (часы) представлена на рис. 1; III почвенно-климатическая зона неустойчивого увлажнения; ГТК=1,00-1,09; $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C} = 3300-3650^{\circ}\text{C}$; почва – выщелоченный деградированный чернозем; среднегодовое количество осадков 720 мм, среднегодовая температура +7,5°C; самый холодный месяц – январь -4,9°C; самый теплый июль 19,6°; абсолютный температурный минимум -31°C, абсолютный максимум +37°C.

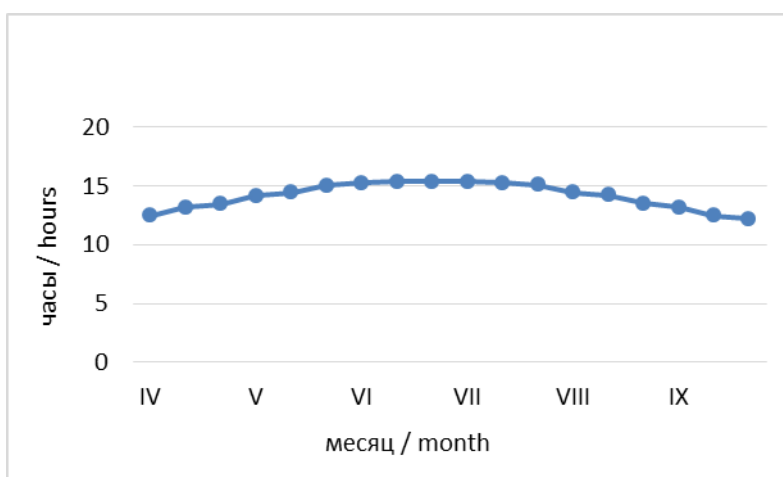


Рис.1. Продолжительность светового дня (часы) на широте 45°
Fig.1. Duration of daylight (hours) at a latitude of 45°

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Затененный газон более подвержен стрессу, чем газон, расположенный на открытом солнечном месте, газон без солнца в стабильном состоянии долгое время существовать не может. Оптимум произрастания основных видов газонных трав находится в области полного солнечного освещения. Это растения открытых местообитаний, хорошо

освещенных экологических ниш, которые по-разному выносят затенение. Традиционно используемые в газоноводстве дернообразующие злаки относятся к следующим гелиоморфам: облигатными гелиофитами являются *Festuca pratensis* Huds., *F. rupicola* Heuff., *Zoysia japonica* Steud., *Lolium multiflorum* Lam., виды житняков (*Agropyron* Gaertner); к факультативным принадлежат – *Festuca rubra*, *F. ovina*, *Agrostis tenuis* Sibth., *A. stolonifera* L., *A. gigantea* Roth, *Lolium perenne*, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Paspalum paspaloides* (Michx.) Scribn., *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, *P. trivialis* L., *P. compressa* L., *Festuca heterophylla* Lam.; к группе облигатных теневых растений относятся лесные злаки, которые могут добавляться к травосмесям газонных трав для теневых газонов – *Dactylis polygama* Horvat., *Poa nemoralis* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv. и виды осок. По степени убывания теневыносливости газонные травы можно расположить в виде следующего ряда: овсяница красная → полевица побегообразующая → овсяница луговая → полевица тонкая → мятлик луговой → полевица гигантская → райграс пастбищный.

Освещенность газонов под кронами деревьев в значительной степени зависит от их плотности. У светолюбивых пород кроны ажурные, слабо облиственные, к ним относятся береза, ясень, осина. У теневыносливых – густые и плотные. Это лиственные породы – бук, конский каштан, а также хвойные породы. У ели и пихты компактность и густота охвоения связаны с тем, что, хвоя сохраняется в глубине кроны, у основания 10-12 – летних ветвей. Напротив, у светолюбивой сосны она остается только на хорошо освещенных концевых ветках. Отсюда прозрачность кроны сосны по сравнению с елью. Ряды теневыносливости древесных пород, чаще всего используемых в озеленении с показателями светового довольствия (по А. Визнеру минимальной освещенности, выраженной в долях от полной освещенности), можно представить в виде рядов теневыносливости древесных пород: лиственница (1/5) → ясень (1/6) → береза (1/7-1/9) → осина (1/8), → сосна (1/10) → дуб (1/20) → ель (1/32-1/90) → клен (1/55) → бук (1/60).

Результаты проведенного нами измерения величины освещенности на открытом пространстве при ясной погоде в 13 час. в течение года в условиях г. Ставрополя (район Ставропольского ботанического сада) представлены на рис. 2.

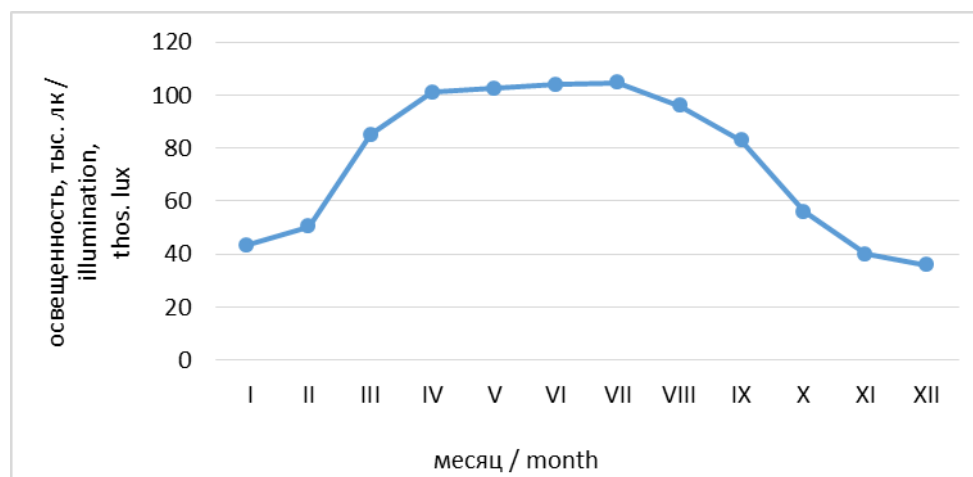


Рис.2. Динамика величины освещенности условиях г. Ставрополя
Fig.2. Dynamics of illuminance under the light conditions of Stavropol

Для определения величины освещенности в тени одновидовых групп древесных насаждений нами были обследованы следующие объекты озеленения г. Ставрополя:

1. Ставропольский ботанический сад – лиственница сибирская (газон из овсяницы красной, площадь затенения кронами в группе 100 м²), пихта кавказская (газон из райграса пастбищного и мятлика лугового, площадь затенения – 86 м²).

2. «Сквер памяти земляков, погибших в боях при исполнении воинского долга» – сосна крымская (газон из мятлика лугового, райграса пастбищного, площадь затенения –



97 м²), каштан конский обыкновенный (площадь затенения – 67 м²), береза плакучая (газон из мятлика лугового, райграса пастбищного, площадь затенения – 560 м²).

3. Бульвар Генерала Ермолова – каштан конский обыкновенный. Измерение величины освещенности проводилось на мертвопокровном участке большой площади.

Начало облиствения листопадных пород в условиях г. Ставрополя начинается с третьей декады апреля и к 15 мая, листья в основном достигают своих максимальных размеров. Создается тень, которая по мере дальнейших ростовых процессов древесных насаждений, увеличивается, что видно из измерений 22.05 и 15.06.2017 г. Во время измерения 18.09 отмечался листопад, от практически полного опадания листьев у каштана конского обыкновенного, до частичного – у березы плакучей. Показатели относительного светового довольствия, полученные при параллельных измерениях величины освещенности на поверхности газонов, затененных кронами разных групп деревьев и открытых пространств, представлены на рис. 3.

Как показали результаты нашего исследования, для газонов в условиях затенения кронами деревьев разных пород, складывались различные условия светового довольствия, которые вызвали различные морфологические реакции со стороны газонных растений. Так, газоны, произрастающие в тени крон группы из лиственницы сибирской, имели самое высокое относительное световое довольствие (ОСД) в три срока измерения – 8,2-9,2% (9,2% – в 13 час.), 4,6-6,8% (6,8%), 7,0-12,9% (12,9%) растения сохраняли декоративность, проективное покрытие травостоя 80-95%. Аналогичная ситуация складывалась с газонами, задерняющими групповую посадку березы плакучей – (2,6-3,7% (3,7%), 1,9-3,2% (3,0%), 3,6-5,7% (5,6%). Показатели их проективного покрытия – 75-90%. В группе сосны крымской газонный травостой оказался более изреженным из-за нерегулярно убираемого хвойного опада, который является, как дополнительным фактором затенения травостоя, так и механическим препятствием для роста газонных трав. В этой ситуации, даже на фоне ОСД – 3,6-4,8% (4,8%), 2,8-5,2% (5,2%), 5,2-8,5% (8,5%) проективное покрытие газона – 40-65%. Более глубокую тень создавала крона пихты кавказской – 1,0-1,5% (1,0%), 0,6-1,5% (0,6%), 0,7-3,0 (0,7%). Газонные травы выглядели угнетенными, травостой сильно разрежен, размеры листьев уменьшены, кущение злаков резко ослаблено, проективное покрытие травостоя – 10-25%. Показатели проективного покрытия затененных газонов находятся в сильной коррелятивной зависимости с величиной относительного светового довольствия, $r = 0,89$.

В объектах озеленения города немало групповых насаждений каштана конского обыкновенного. Сомкнутые кроны его старовозрастных насаждений, создают самые минимальные условия освещения для роста травянистых ценозов, ОСД – 0,6-0,8% (0,6%), 0,6-0,8% (0,6%), 9,0-11,5% (11,2%). На бульваре Генерала Ермолова исследован большой массив старовозрастных насаждений каштана конского с сомкнутым пологом крон (район ресторана «Каштан»). Проведенное 21.08.2017 г. измерение освещенности показало, что в 8 часов утра в условиях затенения она равнялась – 600-700 лк, при полном освещении – 43 тыс. лк; в 13 час. соответственно – 900-1000 лк и 88-89 тыс. лк; в 17 час. – 400-600 лк и 34,0-36,0 тыс. лк. Величина ОСД составляла – 1,5%-1,1%-1,4% (рис. 3).

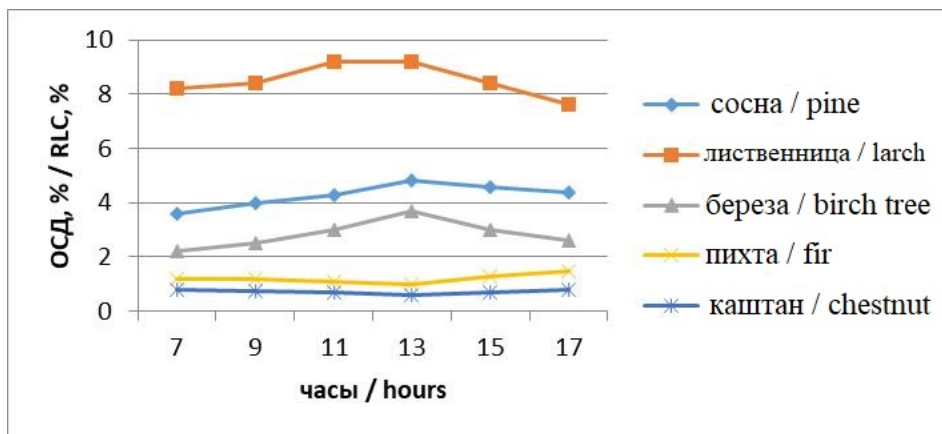
На всей территории массива конского каштана сохраняется мертвый покров с редкими вкраплениями угнетенных сорняков. Осенью 2017 г. на этом участке был проведен посев газонных трав. Весной 2018г. до начала облиствения травостой газона начал активно вегетировать, но к концу лета сильно изредился и практически выпал.

В Центральном парке города в тени старовозрастных деревьев в условиях затенения сформировались фрагментарные естественные злаковые травостои с участием лесных злаков *Dactylis polygama*, *Brachypodium sylvaticum*, *Poa nemoralis* и видов осок, весной бывает обилён *Poa bulbosa* L.

Снижение интенсивности освещенности при затенении древесным пологом у наземных растений уменьшает возможность создания органического вещества. Газонные травы не развивают генеративных побегов и не дают жизнеспособных семян. Чаще всего они пребывают в вегетативном состоянии. У умеренно затененных дернообразующих злаков происходит удлинение листьев и уменьшение их ширины – «синдром избегания тени». В условиях сильного затенения растения вырастают угнетенными, с тонкими

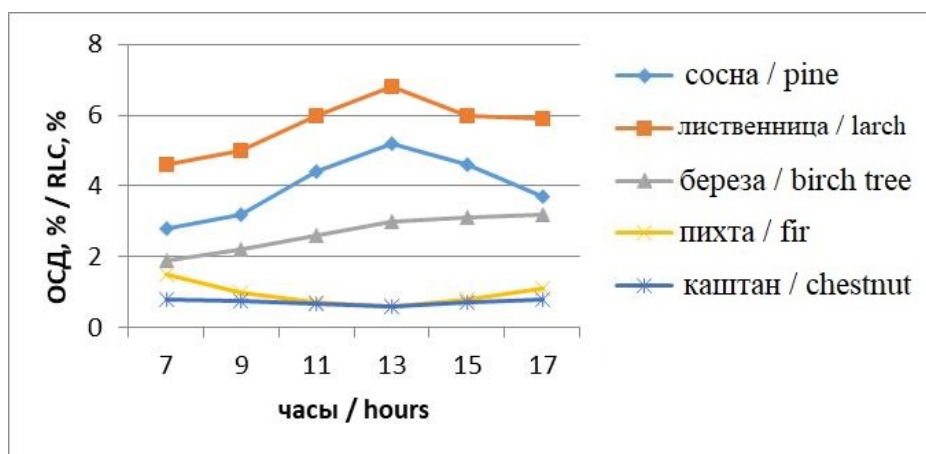


сильно уменьшенными листьями, крайне слабо развитыми механическими тканями и, как правило, погибают в течение одного вегетационного периода. Затенение угнетающе влияет на заложение листьев и пазушных почек, их созревание замедляется. Побегообразовательная способность, кущение и масса надземных и подземных органов уменьшается. Происходит значительное общее ослабление растительного организма, в особенности его корневой системы.



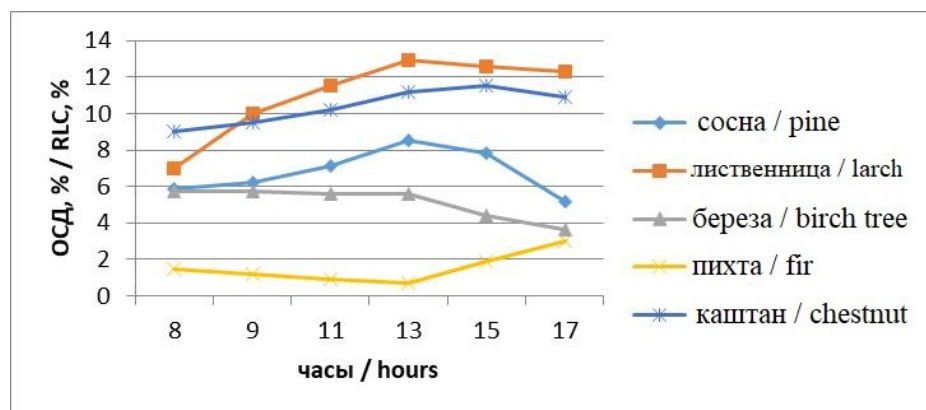
22.05.2017 г.

А



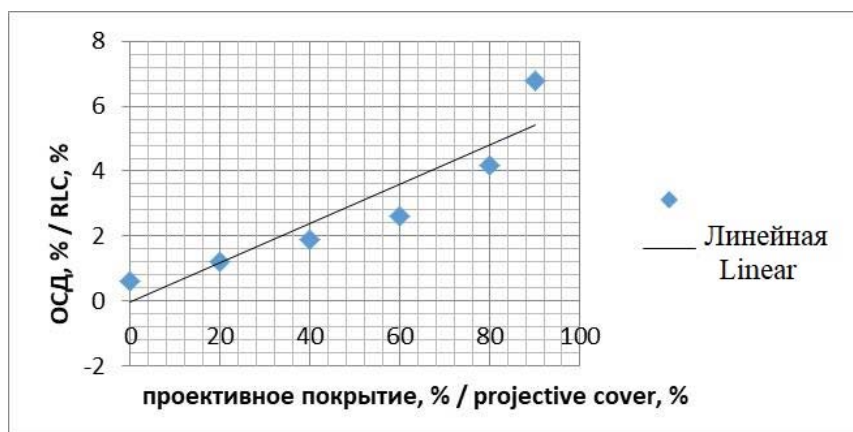
15.06.2017 г.

Б



18.09.2017 г.

В



$$r = 0.89$$

Г

Рис.3. А-В – динамика показателя величины (ОСД, %) на поверхности газона в тени одновидовых групп деревьев с 7(8) до 17 час.; Г – зависимость проективного покрытия газона от величины ОСД
Fig.3. А-В – Dynamics of the RLC value (%) on the lawn surface in the shade of single-species tree groups from 7 (8) a.m. to 5 p.m.; Г – dependence of the projective lawn cover on the RLC value

В зависимости от сезона деревья создают тень разной плотности. Весенняя тень менее интенсивна, чем летняя. Мелколистные деревья дают менее плотную тень, чем крупнолистные. Хвойные деревья создают плотную тень независимо от сезона. В объектах городского озеленения затенение газонов разной интенсивности может быть постоянным в течение всего светового дня и временным, с сочетанием периодов временного затенения разной длины и плотности, с полным освещением. В разные периоды светового дня затенение под определенной группой деревьев может создаваться как кроной самой группы – в полуденные часы, так в утренние и вечерние часы кронами соседних находящихся в некотором отдалении деревьев. В объектах озеленения наряду с одновидовыми групповыми древесными насаждениями, чаще используются смешанные породы деревьев, и условия затенения могут быть различными.

На газоны, находящиеся под кронами деревьев помимо затенения, могут оказывать воздействие их фитогенные поля, которые достигают нескольких метров в диаметре. Они по-разному воздействуют на среду и наземные растения: через иссушение почвы и повышение влажности воздуха, уменьшение концентрации элементов минерального питания, изменение рН почвы. Подстилка из опада хвойных деревьев при разложении образует фульвокислоты, которые из-за сильнокислой реакции и хорошей растворимости в воде активно разрушают минеральную часть почвы, что способствует вымыванию элементов минерального питания вглубь почвенного слоя. Продукты распада при гниении опада – фенольно-дубильные вещества могут ингибировать ростовые процессы газонных трав.

Для задержания затененных территорий в практике озеленения используют специальные травосмеси с участием овсяницы красной до 70% и более с добавлением мятлика лугового, м. обыкновенного, овсяницы овечьей, о. тростниковидной, райграса пастбищного.

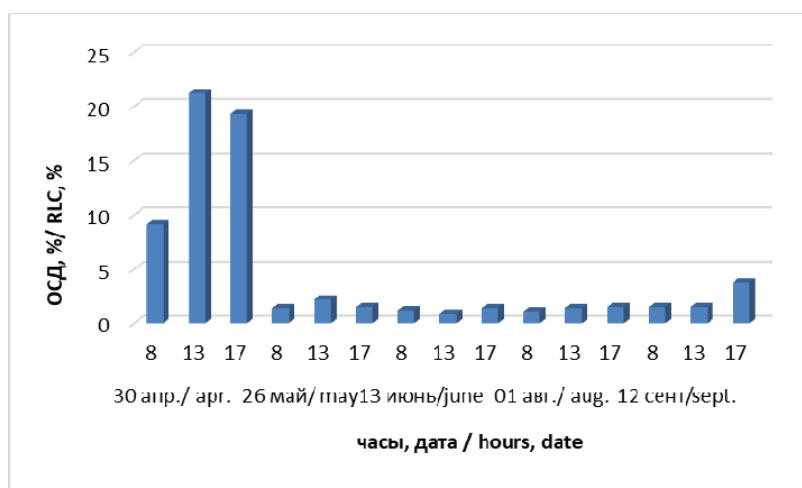
При создании живых напочвенных покровов в затененных условиях парков традиционные газонные злаки подходят не всегда. В декоративном садоводстве многих стран Западной и Восточной Европы, Северной Америки для создания напочвенных покровов в этом случае использовали стелющиеся карликовые травянистые и кустарниковые виды. Так, в Крыму в парках в качестве живого напочвенного покрова, используют преимущественно плющ крымский (*Hedera taurica* Carr.) и барвинок малый (*Vinca minor* L.), которые прекрасно растут под пологом хвойных в V-VI и лиственных пород, которые были в V-VI и X-XI классах возраста. В декоративном садоводстве для задержания боль-



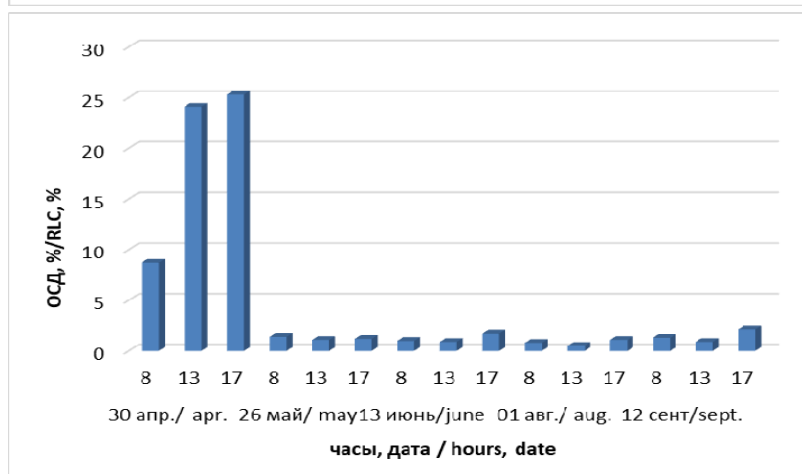
ших площадей используется ювенильная форма плюща крымского, продолжительность которой – 18-20 лет

В Ставропольском ботаническом саду в декоративных древесных группах из смешанных пород – клена остролистного, клена явора, сосны обыкновенной, березы плакучей граба кавказского и в искусственно созданной дубово – ясенево – грабовой формации были посажены напочвенные насаждения из барвинка малого (*Vinca minor* L.) и плюща обыкновенного (*Hedera helix* L.), которые активно самостоятельно разрослись сплошным ковром под пологом крон деревьев. Заросли плюща обыкновенного имеют гораздо меньшие площади распространения и занимают более затененные уголки. Оба вида вечнозеленые, не повреждаются морозами и легко переносят глубокое затенение под деревьями, засухоустойчивы. В этой же экологической нише успешно растут и плодоносят популяции лесных злаков – коротконожки лесной, мятлика борového, овсяницы гигантской. С 16.04 до 11.05, в период до и наступления полного облиствения древесных пород, отмечается массовое цветение барвинка малого. У плюща обыкновенного генеративная фаза не отмечена. Оба вида хорошо размножаются вегетативно, приспособлены к нашим условиям и могут быть использованы для создания наземных покрытий в интенсивно затененных объектах озеленения.

Проведенные нами исследования светового режима в древесных насаждениях ботанического сада со сплошным покровом из барвинка малого и плюща обыкновенного показали низкую степень ОСД на уровне их произрастания, в период полного облиствения деревьев 0,5-1,5% (рис. 4).



А



Б

Рис.4. Величина ОСД, %: А – барвинок малый (*Vinca minor* L.);
 Б – плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.)

Fig.4. RLC value, %: А – *Vinca minor* L., Б – *Hedera helix* L.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В объектах городского озеленения газоны, затененные кронами деревьев, получают солнечный свет не только ослабленным, но и сильно обедненным наиболее ценными для растений лучами, так как значительная доля ФАР поглощается листьями кроны. В соответствии с градиентом солнечной радиации свет меняет свой спектральный состав: обеднен синими (СС) и красными лучами (КС) и обогащен зелеными (ЗС) и дальними красными лучами (ДКС), уменьшается отношения КС/ДКС и СС/ЗС. Как показали результаты наших исследований, режим освещенности газонов в условиях затенения кронами древесных насаждений разных пород в объектах озеленения г. Ставрополя различен. В течение вегетационного периода – 22.05-15.06-18.09.2017 г., газоны, произрастающие под кронами светолюбивых пород, получали самое высокое световое довольствие. Так, величина ОСД газонов группы в тени крон из лиственницы сибирской, составила – 8,2-9,2% (9,2% – в 13 час.), 4,6-6,8% (6,8%), 7,0-12,9% (12,9%). Растения сохраняли декоративность, проективное покрытие травостоя 80-95%. Аналогичная ситуация складывалась с газонами, задерживающими групповую посадку березы плакучей, ОСД – 2,6-3,7% (3,7%), 1,9-3,2% (3,0%), 3,6-5,7% (5,6%). Показатели их проективного покрытия – 75-90%. В группе сосны крымской газонный травостой оказался более изреженным из-за нерегулярно убираемого хвойного опада, который является как фактором дополнительного затенения газонных трав, так и механическим препятствием для их роста. По этой причине, даже на фоне ОСД – 3,6-4,8% (4,8%), 2,8-5,2% (5,2%), 5,2-8,5% (8,5%), проективное покрытие газона – 40-65%.

Более глубокую тень для газонов создают теневыносливые породы. Так, газоны под кронами пихты кавказской имеют ОСД – 1,0-1,5% (1,0%), 0,6-1,5% (0,6%), 0,7-3,0 (0,7%). Газонные растения выглядели угнетенными, травостой сильно изрежен, размеры листьев уменьшены, кущение растений резко ослаблено, проективное покрытие травостоя – 10-25%. Освещенность под сомкнутыми кронами старовозрастных насаждений каштана конского обыкновенного, создает минимальные условия для роста травянистых ценозов, ОСД – 0,6-0,8% (0,6%), 0,6-0,8% (0,6%), 9,0-11,5% (11,2%). При больших площадях затенения, нередко образуются мертвопокровные участки. Показатели проективного покрытия затененных газонов находятся в сильной коррелятивной зависимости с величиной относительного светового довольствия, $r = 0,89$.

В условиях умеренного затенения у газонных растений листья становятся более длинными и узкими, уменьшается интенсивность кущения и корневая масса – «синдром избегания тени». При более интенсивном затенении растения выглядят крайне угнетенными, уменьшаются размеры растений и их листовых пластинок, корневой массы. Кущение минимально или отсутствует совсем, механические ткани развиты крайне слабо.

Для задернения затененных территорий в практике озеленения используют специальные травосмеси с участием овсяницы красной до 70% и более с добавлением мятлика лугового, м. обыкновенного, овсяницы овечьей, о. тростниковидной, райграса пастбищного. Для повышения устойчивости газонных трав к затенению необходимо использовать фосфорно-калийные удобрения. Следует уменьшить число подкашиваний газонов и своевременно убирать скошенную траву. Регулярно проводить удаление опавших листьев и хвои.

В качестве альтернативному злаковому живому наземному покрову для интенсивно затененных местообитаний в наших условиях могут быть использованы полкустарник барвинок малый (*Vinca minor* L.) и лиана плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bouly J.-P., Schleicher E., Dionisio-Sese M., Vandenbussche F., Straeten D.V.D., Bakrim N., Meier S., Batschauer A., Galland P., Bittl R., Ahmad M. Cryptochrome blue light photoreceptors are activated through interconversion of flavin redox states // J. Biol. Chem. 2007. V. 282. Iss. 13. P. 9383-9391. Doi: 10.1074/jbc.M609842200
2. Вальтер Г. Общая геоботаника. М.: Мир, 1982. 264 с.
3. Casal J.J. Shade avoidance // Arabidopsis Book. 2012. N 10: e 0157. Doi: 10.1199/tab.0157



4. Leivar P., Monte E. PIFs systems integrators in plant development // *Plant Cell*. 2014. V. 26. P. 56-78. Doi: 10.1105/tpc.113.120857
5. Sasidharan R., Keuskamp D.H., Kooke R., Voesenek L.A.C.J., Pierik R. Interactions between auxin, microtubules and XTHs mediate green shade-induced petiole elongation in *Arabidopsis* // *PLoS ONE*. 2014. V. 9. e 90587. Doi: 10.1371/journal.pone.0090587
6. Лебедев П.В. Особенности проявления морфогенеза луговых злаков в зависимости от факторов внешней среды // Морфогенез луговых злаков и условия внешней среды. Ученые зап. Уральский ун-т им. А.М. Горького. Свердловск, 1968. N 73, серия биол. Вып. 4. С. 14-26.
7. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martinez F.R. Canseco M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings // *Annu. Res. Rev. Biol*. 2014. V. 19. Iss. 4. P. 2983-2994.
8. Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., Sager J.C. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes // *Hort Science*. 2004. V. 39. Iss. 7. P. 1617-1622.
9. Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.) // *Int. J. Mol. Sci*. 2014. V. 15. Iss. 3. P. 4657-4670. Doi: 10.3390/ijms15034657
10. Головацкая И.Ф., Карначук Р.А. Роль зеленого света в жизнедеятельности растений // *Физиология растений*. 2015. Т. 62. N 6. С. 776-791.
11. Barrero J.M., Downie A.B., Xu-Q., Gubler F. A role for barley CRYPTOCHROME 1 in light regulation of grain dormancy and germination // *Plant Cell*. 2014. V. 26. Iss. 3. P. 1094-1104. Doi: 10.1105/tpc.113.121830
12. Hoang H.H., Sechet J., Bailly C., Leymarie J., Corbineau F. Inhibition of germination of dormant barley (*Hordeum vulgare* L.) grains by blue light as related to oxygen and hormonal regulation // *Plant Cell Environ*. 2014. V. 37. Iss. 6. P. 1393-1403. Doi: 10.1111/pce.12239
13. Казиминова Р.Н., Евтушенко А.П. Живой напочвенный покров и его роль в функционировании парковых фитоценозов // Пути оптимизации экологических условий в садоводстве. Сборник научных трудов. Под ред. Н.Е. Опанасенко. Ялта, 2003. С. 106-117.

REFERENCES

1. Bouly J.-P., Schleicher E., Dionisio-Sese M., Vandenbussche F., Straeten D.V.D., Bakrim N., Meier S., Batschauer A., Galland P., Bittl R., Ahmad M. Cryptochrome blue light photoreceptors are activated through interconversion of flavin redox states. *Journal of Biological Chemistry*, 2007, vol. 282, iss. 13, pp. 9383-9391. Doi: 10.1074/jbc.M609842200
2. Valter G. *Obshchaya geobotanika* [Common geobotany]. Moscow, Mir Publ., 1982, 264 p. (In Russian)
3. Casal J.J. Shade avoidance. *Arabidopsis Book*, 2012, no. 10, e 0157. Doi: 10.1199/tab.01574
4. Leivar P., Monte E. PIFs systems integrators in plant development. *Plant Cell*, 2014, vol. 26, pp. 56-78. Doi: 10.1105/tpc.113.120857
5. Sasidharan R., Keuskamp D.H., Kooke R., Voesenek L.A.C.J., Pierik R. Interactions between auxin, microtubules and XTHs mediate green shade-induced petiole elongation in *Arabidopsis*. *PLoS One*, 2014, vol. 9, e 90587. Doi: 10.1371/journal.pone.0090587
6. Lebedev P.V. [Features of the morphogenesis of meadow cereals, depending on environmental factors]. In: *Morfogenez lugovykh zlakov i usloviya vneshnei sredy* [The morphogenesis of meadow cereals and environmental conditions]. Sverdlovsk, 1968, no. 73, series Biological, iss. 4, pp. 14-26. (In Russian)



7. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martinez F.R. Canseco M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings. Annual Research & Review in Biology, 2014, vol. 19, iss. 4, pp. 2983-2994.
8. Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., Sager J.C. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. Hort Science, 2004, vol. 39, iss. 7, pp. 1617-1622.
9. Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, vol. 15, iss. 3, pp. 4657-4670. Doi: 10.3390/ijms15034657
10. Golovatskaya I.F., Karnachuk R.A. Role of green light in physiological activity of plants. *Fiziologiya rastenii* [Russian Journal of Plant Physiology]. 2015, vol. 62, no. 6, pp. 776-791. (In Russian)
11. Barrero J.M., Downie A.B., Xu-Q., Gubler F. A role for barley CRYPTOCHROME 1 in light regulation of grain dormancy and germination. *Plant Cell*, 2014, vol. 26, iss. 3, pp. 1094-1104. Doi: 10.1105/tpc.113.121830
12. Hoang H.H., Sechet J., Bailly C., Leymarie J., Corbineau F. Inhibition of germination of dormant barley (*Hordeum vulgare* L.) grains by blue light as related to oxygen and hormonal regulation. *Plant Cell Environ*, 2014, vol. 37, iss. 6, pp. 1393-1403. Doi: 10.1111/pce.12239
13. Kazimirova R.N., Evtushenko A.P. [Live ground cover and its role in the functioning of park phytocenoses]. In: *Puti optimizatsii ekologicheskikh uslovii v sadovodstve* [Ways to optimize environmental conditions in gardening]. Yalta, 2003, pp. 106-117. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Людмила А. Гречушкина-Сухорукова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Ставропольского ботанического сада имени В.В. Скрипчинского – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; ул. Ленина, 478, г. Ставрополь, 355029, Россия; тел.: (865-2)56-03-71, e-mail: grechushkina@mail.ru

Критерии авторства

Людмила А. Гречушкина-Сухорукова собрала и проанализировала данные, написала рукопись и несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 27.12.2018

Принята в печать 19.02.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Ludmila A. Grechushkina-Sukhorukova, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Stavropol Botanical Garden named after V.V. Skripchinsky (branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Centre); 478 Lenin St., Stavropol, 355029 Russia; tel. (865-2) 56-03-71, e-mail: grechushkina@mail.ru

Contribution

Ludmila A. Grechushkina-Sukhorukova collected and analyzed the data, prepared the manuscript and is fully responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 27.12.2018

Accepted for publication 19.02.2019



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Обзорная статья / Review article

УДК 502.37; 502.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-59-69

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ РЕЛИКТОВЫХ СОСНЯКОВ БУЗУЛУКСКОГО БОРА В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Павел В. Вельмовский, Александр А. Чибилёв**

Институт степи Уральского отделения РАН, Оренбург, Россия,

orensteppe@mail.ru

Резюме. Цель. Анализ проблемы сохранения старовозрастных реликтовых сосняков лесного массива Бузулукского бора в связи с разработкой нефтяных месторождений. **Обсуждение.** Бузулукский бор – крупнейший естественный островной лесной массив в степной зоне Европейской России, ландшафтный изолят старовозрастных естественных сосновых и сосново-широколиственных лесов, получивший в 2007 году статус национального природного парка, в пределах которого в настоящее время ведутся работы по подготовке бывших нефтегазовых промыслов к промышленной эксплуатации. Бор является объектом изучения отечественных ученых, – сохранившиеся эталоны старовозрастных сосняков различных типов, выделенные Г.В. Морозовым и В.Н. Сукачевым положены в основу классификации лесных биогеоценозов. В работе рассматриваются современные проблемы Бузулукского бора, связанные с необходимостью сохранения эталонов старовозрастных лесов. Оцениваются последствия нефтедобычи и дается обоснование экологических ограничений при эксплуатации месторождений. Промышленное освоение месторождений неминуемо приведет к негативным последствиям, в том числе к утрате устойчивости экосистемы, к уменьшению биологического разнообразия и деградации ландшафтов. **Заключение.** Сохранение старовозрастных естественных насаждений сосны необходимое условие существования, восстановления и устойчивого развития лесного массива Бузулукского бора как единой экосистемы.

Ключевые слова: старовозрастные леса, реликтовые сосняки, Бузулукский бор, нефтяные месторождения, ликвидация скважин, природоподобные технологии, экологические ограничения, национальный парк.

Формат цитирования: Вельмовский П.В., Чибилёв А.А. Проблемы сохранения старовозрастных реликтовых сосняков Бузулукского бора в связи с разработкой нефтяных месторождений // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.59-69. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-59-69



PRESERVATION OF THE OLD-GROWTH RELIC BUSULUK PINE FOREST UNDER THE CONDITIONS OF OIL FIELD DEVELOPMENT

*Pavel V. Velmovsky, Alexander A. Chibilyov**

*Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia, orensteppe@mail.ru*

Abstract. *Aim.* In this paper, we set out to analyse the problem of preservation of old-growth relic pine forests under in the context of oil field development. *Discussion.* The Buzuluk pine forest is the largest natural island forest in the steppe zone of European Russia. Presenting a landscape isolate of old-growth natural pine and pine-broadleaved forests, this unique natural object received the status of a national natural park in 2007. In this territory, former oil and gas fields are currently being prepared for operation and maintenance. The Buzuluk pine forest has been a subject of intense scientific interest due to a number of preserved standards of old-growth pine forests. These standards were originally identified and described by G.V. Morozov and V.N. Sukachev, thus forming a basis for modern forest biogeocenosis classifications. The paper discusses the current problems of the Buzuluk pine forest associated with the need to preserve old-growth pine trees serving as standards. The consequences of oil production are assessed, with environmental restrictions in the zones of oil field exploitation being formulated. Industrial development of oil and gas fields inevitably leads to negative consequences, including the loss of ecosystem stability, a decrease in biological diversity and landscape degradation. *Conclusion.* The preservation of old-growth pine trees is a necessary condition for the existence, restoration and sustainable development of the Buzuluk pine forest as a single ecosystem. **Keywords:** old-aged forest, relic pine forest, Buzuluk pine forest, oil fields, well decommissioning, nature-like technologies, environmental restrictions, national park.

For citation: Velmovsky P.V., Chibilyov A.A. Preservation of the old-growth relic Busuluk pine forest under the conditions of oil field development. *South of Russia: ecology, development.* 2019, vol. 14, no. 2, pp. 59-69. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-59-69

ВВЕДЕНИЕ

Современные концепции устойчивого развития, предусматривающие создание нетронутого резерва наиболее эксплуатируемых ресурсов (лес, охотничья фауна, пахотная земля) были известны в Центральной Европе ещё в начале XVIII в. [1]. Ответом на практически полное исчезновение первобытных лесов Европы стал основополагающий труд Ганца Карла фон-Карловица «Экономика лесного хозяйства: руководство по выращиванию дикорастущих деревьев» опубликованный в 1713 году. В нём впервые рекомендовано сохранять, выращивать и использовать древесные ресурсы непрерывным, стабильным устойчивым образом. Для этого был использован термин устойчивость (*Nachhaltigkeit*), который распространился сначала в Европе, а затем по всему миру [2]. Вполне вероятно, что лесоохранные и природоохранные инициативы Петра I были навеяны этими идеями европейских учёных и практиков того времени.

В 1850 г. по инициативе Британского королевского научного общества в Эдинбурге был создан комитет по изучению уничтожения лесов. В 1855 г. генерал-губернатор английских колоний в Индии лорд Далхаузи подписал меморандум, призывающий к рациональному ведению лесного хозяйства. Проводником идей устойчивого лесного хозяйства в США стал Б. Ферноу (1851-1923), который заняв пост руководителя департамента лесного хозяйства в Министерстве сельского хозяйства США, способствовал созданию



системы национальных лесов, внедрению рационального лесного хозяйства, сохранению реликтовых лесов, прежде всего, в бассейнах рек. Его дело успешно продолжил сменивший его Г. Пинчот (1865-1946), который особое внимание уделял привлечению гражданского общества к устойчивому управлению лесами [3].

В советское время в лесном хозяйстве России опережающее развитие получили массовые рубки старовозрастных лесов, что приводило к истощению основных лесосырьевых баз, но при этом сохранялась научная идеология устойчивого лесопользования с сохранением первобытных лесных эталонов. Но на практике в лесоводстве и лесном хозяйстве роль старовозрастных (перестойных) лесных насаждений игнорировалась. Только в фундаментальных научных разработках особое внимание уделено старовозрастным лесным насаждениям. При формировании ландшафтной архитектуры особое эстетическое значение и декоративные качества связывались именно со старыми деревьями. Особое природоохранное и историко-культурное значение старовозрастных лесов обусловило включение их в золотой фонд заповедников России, например, старовозрастные дубравы, сохранившиеся благодаря использованию в качестве засек на оборонительных рубежах [4].

Повышению актуальности и интереса к изучению и сохранению старовозрастных лесов способствовала деятельность крупнейших международных природоохранных фондов-доноров: ГЭФ, МСОП, WWF, поддерживаемая крупным бизнесом. В современной России имеется определённый научный и практический задел по рациональному эффективному прижизненному использованию и сохранению старовозрастных лесов [5]. В стране так же идут процессы совершенствования природоохранной деятельности с разработкой отечественных методик экономической оценки как биоразнообразия, так и прижизненных экосистемных услуг различных экосистем, прежде всего, лесных [6]. Особое значение коренным типам лесов и старовозрастным деревьям уделяется при разработке рекомендаций по лесопользованию в лесах Южного Урала и в зелёных насаждениях крупных промышленных центров [7; 8].

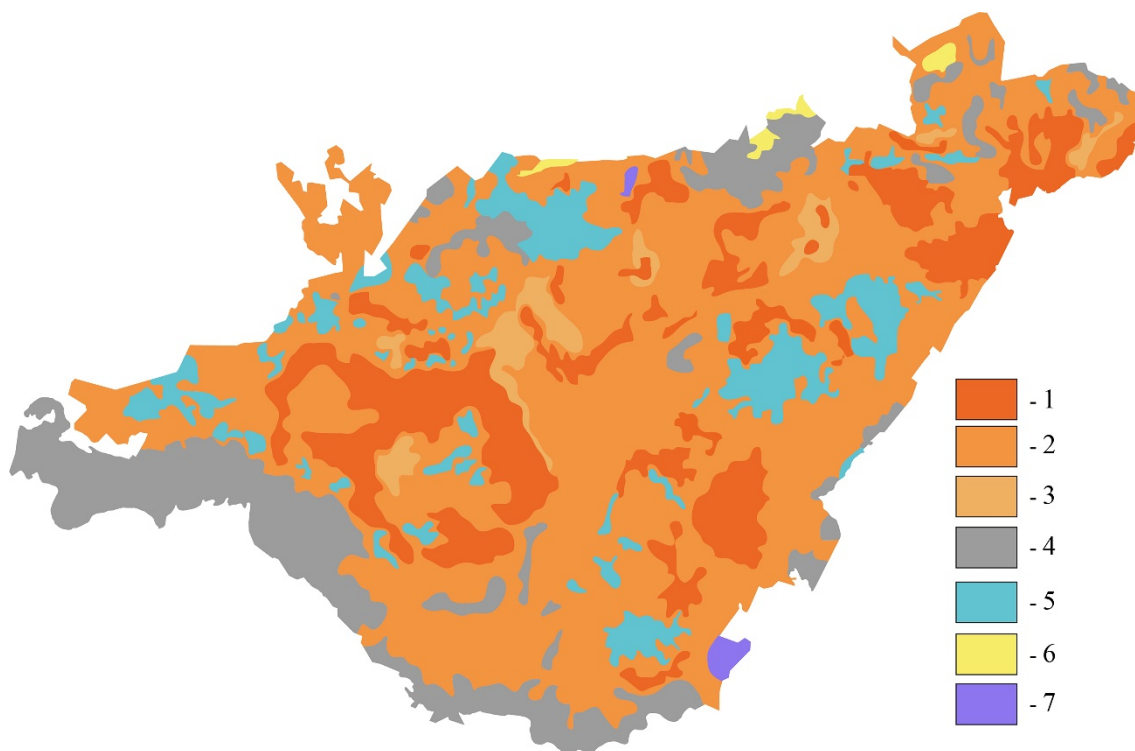
ОБСУЖДЕНИЕ

Старовозрастные леса – международный термин, которому в отечественной ботанической и лесоводственной терминологии наиболее соответствует понятие «*коренные леса*». Последние представляют собой финальную (конечную) относительно устойчивую фазу естественного развития лесных сообществ, наиболее соответствующую экологическим условиям данной местности [1]. Старовозрастность подчёркивает, что леса достигли значительного возраста действительно как сообщества, а не максимально возможного возраста доминирующего древостоя, что соответствовало бы лесоводственным терминам «спелые и перестойные насаждения», однако, возможно, в прошлом имевшие какие-либо антропогенные и естественные нарушения [9].

Крупнейшим в Европе естественным островным лесным массивом является Бузулукский бор – уникальный природный объект степной зоны – ландшафтный изолят старовозрастных сосновых и сосново-широколиственных лесов в окружении интенсивно освоенных сельскохозяйственных угодий с высокой степенью антропогенной деградации естественных экосистем.

Бузулукский бор, расположившись на границе двух субъектов Российской Федерации – Оренбургской (Бузулукский район) и Самарской (Борский, Богатовский и Кинель-Черкасский район) областей включает в свой состав основной лесной массив с преобладанием сосновых насаждений разместившийся в обширной приречной котловине, пойменные леса на реке Самаре и отдельные лесные колки междуречья Самары, Большого Кинеля и Кутулука.

Старовозрастные реликтовые сосняки – главная ценность лесного массива, заповедное ядро национального парка, эталоны коренных типов естественных лесонасаждений, занимающих менее 10% территории национального парка [10], с преобладанием среднеполнотных, старовозрастных мшистых сосняков естественного происхождения (рис. 1, табл. 1).



**Рис.1. Преобладающие древесные насаждения в лесном массиве
Бузулукский бор (боровая часть) [11]**

Fig.1. Tree types prevailing in the Buzuluk pine forest (forest part) [11]

Условные обозначения: 1 – преимущественно сосновые естественные старовозрастные; 2 – преимущественно сосновые средневозрастные естественные в комплексе с лесокультурными; 3 – преимущественно молодые лесокультурные и естественные сосновые; 4 – дубовые и осино-вые; 5 – березовые; 6 – липовые; 7 – ольховые.

Designations: 1 – pine predominantly, natural old-aged; 2 – pine predominantly, natural middle-aged combined with silvicultural; 3 – young silvicultural predominantly and natural pine; 4 – oak and aspen; 5 – birch; 6 – limden; 7 – alder.

Бузулукский бор является школой отечественного лесоводства. Опыт ведения лесного хозяйства в его пределах изложены в трудах классиков отечественного лесоводства – В.Н. Сукачева, В.Н. Высоцкого, А.П. Тольского и Г.Ф. Морозова. Для последнего бор стал объектом, на основе которого было разработано учение о лесе и о типах леса. В бору сохранились особо ценные естественные старовозрастные сосняки различных типов, которые были выделены Г.Ф. Морозовым, В.Н. Сукачевым и вошли в учебную и научную классификацию лесных биогеоценозов.

В настоящее время преобладает примитивный способ хозяйствования в лесах, экономика леса воспринимается только через рубки с получением деловой древесины и дров, в случае с Бузулукским бором – «золотого соснового кругляка». При этом не учитывается их эколого-стабилизирующая роль, рекреационно-эстетическая и популяционно-генетическая ценность. Старовозрастный лес, как редчайшее явление в Европе, тем более в малолесном районе, служит населению на протяжении нескольких столетий, принося из года в год реальную экономическую выгоду через рекреационно-туристическую деятельность, при этом обеспечивая инвестиционную привлекательность региона, а также сохраняя уникальное биоразнообразие.



Таблица 1
Удельный вес площади хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород по группам возраста в лесном фонде бывшего Управления лесами «Бузулукский бор», % [11]

Table 1
The proportion of the area of coniferous, hardwood and softwood species according to the age group in the forest estate of the former Forestry Management “Buzuluk pine forest”, % [11]

Древесные породы Woody species	Годы учета Year accounted	Возрастные группы Age groups					Итого Total
		Молодняки Young stock		Средневозрастные Middle-aged	Приспевающие Ripening	Спелые и перестойные Ripe and overripe	
		1 класс 1st class	2 класс 2nd class				
Хвойные Coniferous	1946-50	8,2	2,8	2,9	2,8	23,2	39,9
	1958	9,8	2,1	7,4	4,9	17,4	41,6
	1968	14,6	4,2	8,1	3,1	16,5	46,5
	1979	9,4	13,2	9,8	3,3	13,8	49,5
	1989	5,0	16,5	11,9	2,4	14,8	50,6
	1998	5,7	16,5	11,6	2,4	14,8	51,0
	2001	3,0	10,7	17,9	3,4	16,0	51,0
Твердолиственные Hardwood	1946-50	1,6	2,9	11,4	2,9	4,4	23,2
	1958	1,0	1,8	13,0	2,8	3,6	22,2
	1968	0,7	1,1	5,4	5,1	8,6	20,9
	1979	0,6	0,8	16,0	1,9	0,6	19,9
	1989	0,2	0,8	7,3	5,0	5,8	19,1
	1998	0,2	0,8	7,3	4,9	5,6	18,8
	2001	10,1	0,2	4,4	3,8	10,3	18,8
Мягколиственные Softwood	1946-50	4,0	6,9	7,5	7,4	11,1	36,9
	1958	1,9	3,8	7,2	8,2	15,1	36,2
	1968	2,6	2,8	9,6	6,6	10,9	33,5
	1979	2,7	3,1	19,2	3,9	1,7	30,6
	1989	0,6	2,1	9,5	6,2	11,9	30,3
	1998	0,8	2,1	9,5	6,2	11,6	30,2
	2001	0,3	0,6	7,9	4,2	17,2	30,2
Всего (без кустарников) Total (shrubs excluded)	1946-50	14	12	22	13	39	100
	1958	13	8	27	16	36	100
	1968	18	8	23	15	36	100
	1979	13	17	45	9	16	100
	1989	6	19	29	14	32	100
	1998	7	19	28	14	32	100
	2001	3	12	30	11	44	100

Поскольку на рассматриваемой территории антропогенное воздействие носит локальный характер, сохранились участки старовозрастных лесов с естественной структурой, где процесс возобновления идет естественным путем и не требует активного вмешательства человека.



В условиях современного ландшафтогенеза, связанного как с изменением климата, так и с негативными последствиями хозяйственной деятельности человека, для гармоничного и стабильного развития боровых экосистем существуют внутренние и внешние угрозы. С целью сохранения малоизмененных хозяйственной деятельностью уникальных природных комплексов, в том числе старовозрастных естественных насаждений сосны на протяжении нескольких десятилетий осуществлялись попытки создания в пределах Бузулукского бора особо охраняемой природной территории федерального значения. Следует отметить, что на части лесного массива, в пределах одного лесничества осуществлял свою деятельность созданный в 1932 года заповедник. Однако в 1948 году постановлением Совета министров СССР заповедник был ликвидирован и бор был отнесен к особо защитным лесам с организацией на его территории Управления лесами «Бузулукский бор».

Институтом степи УрО РАН неоднократно делались попытки вернуть природоохранный статус Бузулукскому бору. В 2006 г. разработанное институтом «Эколого-экономическое обоснование организации национального парка «Бузулукский бор»» и прошедшее государственную экологическую экспертизу, стало основой для подготовки и утверждения распоряжения Правительства РФ № 1952-р от 29 декабря 2007 г. о создании федерального государственного учреждения Национальный парк «Бузулукский бор» площадью 106788,78 га.

Одним из важнейших факторов, оказывающих негативное влияние на экологическое состояние Бузулукского бора, является наличие в его пределах нефтяных и газовых месторождений, а именно последствий поисково-разведочных и эксплуатационных работ второй половины XX в. Почти сразу после ликвидации в 1948 году заповедника, а именно с 1953 года в Бузулукском бору осуществлялись геологоразведочные работы на нефть и газ, результатом которых стало открытие в его пределах и в непосредственной близости от него Воронцовского, Могутовского, Гремячевского, Неклюдовского, Колтубановского, Долматовского и Борского месторождений. Всего с 1953 по 1967 год на территории лесного массива было пробурено около 102 структурных, 60 поисково-разведочных и 3 эксплуатационных скважин (рис. 2). Вырубка ценных сосняков, аварии при бурении и эксплуатации скважин, разрыв трубопроводов, несогласованные и самовольные работы, получили ответное действие со стороны государственных и общественных органов и организаций. В 1971 г. разработка месторождений была приостановлена, а в 1973 г. на основании протокола заседания Президиума Совета Министров СССР № 36 от 15 августа 1973 г. запрещена. Большая часть скважин была либо ликвидирована, либо законсервирована. В 1977 г. распоряжением Правительства РСФСР № 1444-р от 2 сентября лесной массив Бузулукский бор наделили статусом «особо ценного лесного массива». Долгое время информация о современном техническом состоянии структурных скважин не обновлялась, часть скважинного фонда условно находилась в законсервированном состоянии. Учитывая размеры, расположение нефтегазовых залежей и современное состояние технологического оборудования (скважинного фонда), группа нефтегазовых скважин была и остается в настоящее время главным источником опасности в целом для боровых ландшафтов и в частности для старовозрастных насаждений.

Несмотря на статус «особо ценного лесного массива» в течение 80-90-х гг. XX в. предпринимались неоднократные попытки вернуться на промыслы Бузулукского бора. Так, в 1984 г. инициатива нефтяников по созданию резервных промыслов по добыче нефти, встретила возражения Оренбургского и Куйбышевского облисполкома, основанных на мнении научно-технических советов Всероссийского общества охраны природы регионов.

С целью устранения наследия нефтегазовых промыслов при разработке проекта организации национального парка «Бузулукский бор» была подготовлена «Программа по ликвидации, переконсервации нефтяных скважин и развития сети экологического мониторинга на территории Бузулукского бора», которая включала в свой состав анализ текущего технического состояния скважинного фонда, обоснование критериев ликвидации и варианты переконсервации скважин, перечень и этапность выполнения работ, технологические и технические решения, экономическую оценку работ. Данная программа являлась неотъемлемой частью эколого-экономического обоснования организации нацио-

нального парка «Бузулукский бор» в Оренбургской и Самарской областях прошедшего в конце 2006 года государственную экологическую экспертизу.

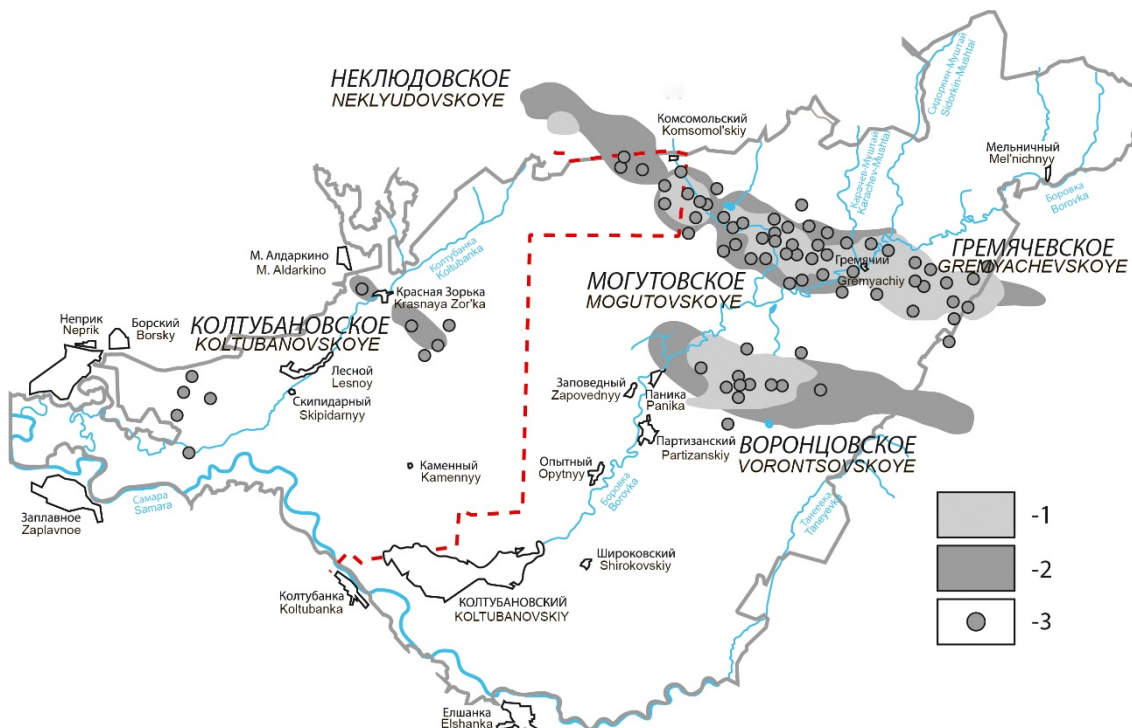


Рис.2. Нефтегазовые месторождения Бузулукского бора (боровая часть)

Fig.2. Oil and gas fields across the Buzuluk pine forest (forest part)

Условные обозначения: 1 – газовые месторождения; 2 – нефтяные месторождения; 3 – ликвидированные и законсервированные нефтяные и газовые скважины.

Designations: 1 – gas field; 2 – oil field; 3 – decommissioned and mothballed oil and gas wells.

Разработка программы велась с учетом минимизации ущерба естественным экосистемам, в том числе старовозрастным сосновым лесам, являющимся эталонами коренных типов лесонасаждений, при дальнейшей реализации мероприятий и работ по приведению скважинного фонда в безопасное состояние.

Для осуществления данной программы из проектируемого национального парка предполагалось вывести территорию площадью немного более 1000 га, включающую участки ликвидированных и законсервированных нефтяных и газовых скважин, площадки, подъездные пути и санитарно-защитные зоны. Наиболее крупные две технологические площадки, предлагалось разместить в пределах наименее ценных и наиболее нарушенных участках.

Однако данная программа не была реализована, функциональное зонирование национального парка было изменено, изменен состав исключаемых площадей (участков) для реализации программы. Это позволило объявить тендер для получения лицензии на эксплуатационную разработку месторождения, а не на мероприятия по приведению аварийного скважинного фонда в безопасное состояние.

В связи с проводимыми в настоящее время работами по подготовке бывших нефтепромыслов к промышленной эксплуатации, необходимо учитывать, что эксплуатация нефтегазовых скважин, в первую очередь, оказывает неблагоприятное воздействие на почву, растительный покров и водоносные горизонты при поступлении в них загрязняющих веществ при проведении буровых работ, аварийных разливах нефти и газовых выбросах и др. Новое промышленное освоение нефтяных месторождений в Бузулукском бору неизбежно приведет к негативным последствиям, а именно к загрязнению почв, грунтовых вод и атмосферного воздуха, нарушению почвенного и растительного покро-



ва, уничтожению местообитаний растений и животных, в том числе, занесенных в Красные книги регионов и России, дальнейшей фрагментации лесного массива, антропогенному изменению ландшафтов и др.

Все это приводит к упрощению структуры леса как сообщества, уменьшению биологического разнообразия, утрате устойчивости экосистемы, что делает их более подверженными последующим нарушениям, как естественным, там и антропогенным.

С целью минимизации воздействия планируемой разработки нефтегазовых месторождений на экосистемы, в том числе на старовозрастные сосняки в пределах лесного массива Бузулукского бора необходимо:

- исключить вырубку коренных насаждений, составляющих ценнейший генофонд биоты Бузулукского бора;
- при создании новой инфраструктуры (в т.ч. линейной) не выходить за пределы земель, нарушенных при освоении данных месторождений в 60-70 гг. XX в. и исключить строительство новых переходов через водотоки бора;
- рассмотреть возможность сокращения количества площадок и уменьшения отведенной площади;
- применять современные, экологически безопасные технологии и материалы при проведении всех видов инженерных изысканий и буровых работ, обеспечивающих минимизацию воздействия на окружающую среду, при строгом соблюдении технических регламентов;
- вести опережающие работы по переликвидации и переконсервации экологически опасных скважин, пробуренных в 60-70 гг. XX в.;
- предусмотреть отработку мероприятий на отдельно взятом «модельном участке», где можно было продемонстрировать и проконтролировать экологически безопасный вариант освоения;
- до начала работ по ликвидации, переконсервации и эксплуатации скважин и создания линейной инфраструктуры организовать геоэкологический мониторинг, в т.ч. независимый от обладателя лицензии;
- размещать все объекты нефтепереработки за пределами лесного массива;
- предусмотреть работы по комплексной рекультивации всех ликвидированных объектов нефтепромышленной инфраструктуры на основе природоподобных технологий, с дальнейшим возвращением территории в состав земель национального парка «Бузулукский бор».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природные ландшафты Бузулукского бора – первичны, полуликвидированная инфраструктура бывших нефтегазовых промыслов – вторична. Глубина, масштабы, алгоритмы планируемой разработки нефтегазовых месторождений должны быть полностью подчинены интересам экологической безопасности уникальных ландшафтов бора, а именно сохранению старовозрастных естественных насаждений сосны, как хранилища уникального генофонда живой природы, ландшафтных рефугиев, необходимых для восстановления и устойчивого развития Бузулукского бора как единой экосистемы.

Основными приоритетами существования, восстановления и экологического развития Бузулукского бора как единой экосистемы являются:

- *первый приоритет* – главная ценность лесного массива – заповедное ядро национального парка, эталоны коренных типов лесонасаждений, занимающие незначительную территорию (сохранение заповедного ядра должно стоять впереди всех иных целей, как государства, так и национального парка);
- *второй приоритет* – охраняемые ландшафты бора, предназначенные для рекреационно-туристских целей, для чего и создавался национальный парк;
- *третий приоритет* – лесохозяйственная зона парка, включающая в свой состав лесные культуры, занимающие около 30 тыс. га (восстановление насаждений, развитие глубокой переработки древесины и т.п., позволяющие улучшить экологическую обстановку и способствующие экономическому развитию национального парка);



• *четвертый приоритет* – прочие пользователи, в том числе временные недропользователи, включая обладателей лицензий на разведку и добычу углеводородного сырья, придерживающиеся всем ограничениям природопользования.

Учитывая современный природоохранный статус Бузулукского бора, его мировое значение как объекта природного, историко-культурного и научного значения, лесной массив должен стать образцовым полигоном для гармонизации взаимоотношений между человеческим обществом и природой, отработки природоподобных технологий, взаимодействия научного общества, природоохранных организаций и природопользователей.

Благодарность: Статья подготовлена в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) № GR AAAA-A17-117012610022-5.

Acknowledgements: The research was conducted within the framework of the Scientific and Research Work of the Orenburg Federal Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences) № GR AAAA-A17-117012610022-5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмитхюзен Ф. 300 лет практического применения концепции устойчивости в лесном хозяйстве // Устойчивое лесопользование. 2014. N1(38). С. 2-8.
2. Carlowitz von H.C. 1713. Sylvicultura oeconomica, oder hausswirthliche Nachricht und Naturgemaesse Anweisung zur Wilden Baum-Zucht. Reprint of 2-nd edition, 2009. Remagen-Oberwinter, Germany, Verlag Kessel.
3. Pinchot G. 1947. Breaking new ground. Commemorative edition. 1998. Washington DC: Island Press, 542 p.
4. Бобровский М.В. История лесов заповедника «Калужские засеки». Калуга: ГПЗ «Калужские засеки», 2007. 48 с.
5. Примеры отечественного опыта устойчивого лесопользования и лесопользования: сб. стат. // Под общ. ред. Н. Шматкова; Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва: WWF России, 2013. 240 с.
6. Фоменко Г.А. Управление природоохранной деятельностью: Основы социокультурной методологии. Москва: Наука, 2004. 390 с.
7. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Алибаев Ф.Х., Кулагин А.Ю. Широколиственно-темнохвойные леса Южного Урала: пространственная дифференциация, фитоценологические особенности, естественное возобновление. Уфа: Гилем, 2012. 176 с.
8. Кулагин А.Ю., Тагирова О.В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2015. 196 с.
9. Сукачев В.Н., Дылис Н.В. Основы лесной биогеоценологии. Москва: Наука, 1964. 576 с.
10. Чибилев А.А., Вельмовский П.В., Кин Н.О., Чибилев м. А.А., Камышова Л.В. Бузулукский бор: эколого-экономическое обоснование организации национального парка. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 186 с.
11. Основные положения организации и ведения лесного хозяйства в управлении лесами «Бузулукский бор» Министерства природных ресурсов РФ. Книга 1. Воронеж: ФГУП «ГСЛП Воронежлеспроект» 2-я Воронежская экспедиция, 2002. 400 с.

REFERENCES

1. Shmithyuzen F. 300 years of practical application of the forestry sustainability concept. Ustoichivoe lesopol'zovanie [Sustainable Forestry]. 2014, iss. 38, no. 1, pp. 2-8. (In Russian)



2. Carlowitz von H.C. 1713. Sylvicultura oeconomica, oder hausswirthliche Nachricht und Naturgemaesse Anweisung zur Wilden Baum-Zucht. Reprint of 2-nd edition, 2009. Remagen-Oberwinter, Germany, Verlag Kessel.
3. Pinchot G. 1947. Breaking new ground. Commemorative edition, 1998. Washington DC, Island press, 542 p.
4. Bobrovskiy M.V. *Istoriya lesov zapovednika «Kaluzhskie zaseki»* [The history of the forests in the Reserve Kaluga Zaseki]. Kaluga, SNR Kaluzhsky Zaseki Pul., 2007, 48 p. (In Russian)
5. Shmatkov N., ed. *Primery otechestvennogo opyta ustoychivogo lesoupravleniya i lesopol'zovaniya* [Examples of domestic experience of sustainable forest management and forest use]. Moscow, WWF Russia Publ., 2013, 240 p. (In Russian)
6. Fomenko G.A. *Upravlenie prirodookhrannoi deyatel'nost'yu: Osnovy sotsiokul'turnoi metodologii* [Management of nature protection activity: The fundamentals of socio-cultural methodology]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 390 p. (In Russian)
7. Gorichev Yu.P., Davydychev A.N., Alibaev F.Kh., Kulagin A.Yu. *Shirokolistvenno-temnokhoivnye lesa Yuzhnogo Urala: prostranstvennaya differentsiatsiya, fitotsenoticheskie osobennosti, estestvennoe vozobnovlenie* [Broad-leaved-dark coniferous forests of the Southern Urals: spatial differentiation, phytocenotic features, natural renewal]. Ufa, Gilem Publ., 2012, 176 p. (In Russian)
8. Kulagin A.Yu., Tagirova O.V. *Lesnye nasazhdeniya Ufimskogo promyshlennogo tsentra: sovremennoe sostoyanie v usloviyakh antropogennykh vozdeystvii* [Forest plantings of the Ufa industrial center: the current state in the conditions of anthropogenic influences]. Ufa, Gilem Publ., 2015, 196 p. (In Russian)
9. Sukachev V.N., Dylis N. *Osnovy lesnoi biogeotsenologii* [The Basics of forest biogeocenology]. Moscow, Nauka Publ., 1964, 576 p. (In Russian)
10. Chibilev A.A., Vel'movskii P.V., Kin N.O., Chibilev jr. A.A., Kamyshova L.V. *Buzulukskii bor: ekologo-ekonomicheskoe obosnovanie organizatsii natsional'nogo parka* [Buzuluk pine forest: ecological and economic justification of organization of the national Park]. Ekaterinburg, UB RAS Publ., 2008, 186 p. (In Russian)
11. *Osnovnye polozheniya organizatsii i vedeniya lesnogo khozyaistva v upravlenii lesami «Buzulukskii bor» Ministerstva prirodnikh resursov RF. Kniga 1* [The main provisions of the organization and management of forestry in forest management «Buzuluksky Bor» of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Book 1]. Voronezh, FGUP «GSLP Voronezhlesproject», 2nd Voronezh expedition Publ., 2002, 400 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Павел В. Вельмовский, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург, Россия.

Александр А. Чибилёв*, академик Российской академии наук, научный руководитель Института степи Уральского отделения РАН; Россия, 460000 г. Оренбург, ул. Пионерская, 11; тел.: +7(3532)774432; e-mail: orensteppe@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Pavel V. Velmovsky, Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia.

Alexander A. Chibilyov*, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russia, 460000 Orenburg, Pionerskaya str., 11; tel.: +7(3532)774432; e-mail: orensteppe@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>



Критерии авторства

Павел В. Вельмовский собрал материал, анализировал и интерпретировал результаты исследования, написал рукопись; Александр А. Чибилёв проводил коррекцию рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 15.10.2018

Принята в печать 28.01.2019

Contribution

Pavel V. Velmovsky collected the data, conducted their analysis and interpretation and drafted the manuscript. Alexander A. Chibilyov revised the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.10.2018

Accepted for publication 28.01.2019



Обзорная статья / Review article
УДК 556.51
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО РЕГИОНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

¹Ирина Д. Рыбкина, ²Жанна Т. Сивохип*

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

²Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия, sivohip@mail.ru

Резюме. Цель. Основной целью исследования является оценка региональной специфики использования водных ресурсов в российско-казахстанском трансграничном регионе с учетом современной гидроклиматической обстановки. **Методы.** Исходными данными для исследования стали статистические данные о наличии и использовании водных ресурсов в регионах Российской Федерации и Республики Казахстан. Сопоставительная оценка водообеспеченности проводилась по традиционным методикам, широко используемых в России и за рубежом, в качестве показателей эффективности использования водных ресурсов были использованы объемы оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (млн м³), потери воды при транспортировке (млн м³) и водоемкость валового регионального продукта (ВРП). **Результаты.** Выявлено, что за последние 20 лет в исследуемых регионах произошла значительная перестройка структуры водопотребления, в частности, в пределах российских регионов наиболее серьезная трансформация структуры водопотребления произошла в аграрном секторе. Сравнительная оценка водообеспеченности свидетельствует о том, что в пределах российско-казахстанской трансграничной территории большинство регионов характеризуется достаточно высокими показателями обеспеченности водными ресурсами. **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии социально-экономических преобразований в российско-казахстанском регионе на структуру водопотребления, водообеспеченность и показатели эффективности использования водных ресурсов. Актуальной водохозяйственной проблемой является гарантированное обеспечение населения и экономики пресной водой в условиях пространственно-временной изменчивости речного стока. В итоге, комплексное управление водными ресурсами в пределах российско-казахстанского трансграничного региона должно базироваться на основе повышения эффективности водопользования во всех секторах водного хозяйства с учетом современных гидроклиматических изменений.

Ключевые слова: водные ресурсы, трансграничный регион, водообеспеченность, водоемкость экономики, эффективность водопользования, структура водопотребления.

Формат цитирования: Рыбкина И.Д., Сивохип Ж.Т. Водные ресурсы российско-казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.70-86. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86

WATER RESOURCES OF THE RUSSIAN-KAZAKHSTAN TRANSBOUNDARY REGION AND THEIR USE

¹Irina D. Rybkina, ²Zhanna T. Sivokhip*

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

²Institute of Steppe UB RAS, Orenburg, Russia, sivohip@mail.ru



Abstract. Aim. The study is aimed at examining the regional specifics of using water resources in the Russian-Kazakhstan transboundary region, taking the current hydroclimatic situation into account. **Methods.** Statistical data on the availability and use of water resources in the regions of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan served as the initial data for the study. A comparative assessment of water supply was carried out applying traditional procedures widely used in Russia and abroad. The following indicators of water use efficiency were used: volumes of circulating and re-sequential water supply (million m³), water losses during transportation (million m³) and water intensity of the gross regional product (GRP). **Results.** It was found that, over the past 20 years, a significant transformation of the water consumption structure has taken place in the studied regions. In the Russian regions, the most serious transformation of the consumption structure occurred in the agricultural sector. A comparative assessment of water supply suggests that most regions within the Russian-Kazakhstan transboundary territory are characterized by relatively high levels of water availability. **Main conclusions.** The results indicate a significant impact of socio-economic transformations in the Russian-Kazakhstan region on the structure of water consumption, water supply, as well as indicators of water resource efficiency. The current water management problem consists in guaranteed provision of the population and economy with fresh water under the conditions of the spatio-temporal variability of the river flow. Thus, the integrated management of water resources within the Russian-Kazakhstan transboundary region should be based on improving the efficiency of water use in all sectors of the water economy, taking modern hydroclimatic changes into account.

Keywords: water resources, transboundary region, water supply, water intensity of the economy, water use efficiency, water consumption structure.

For citation: Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T. Water resources of the Russian-Kazakhstan transboundary region and their use. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 70-86. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общества одной из ключевых задач является обеспечение эффективного управления водными ресурсами. В связи с обострением водных проблем в мире, вопросы устойчивого и гарантированного обеспечения водными ресурсами рассматриваются в контексте проблем национальной безопасности. В последнее время значительное внимание уделяется проблемам устойчивого водопользования в пределах трансграничных территорий – устойчивых во времени территориальных образований, отличающихся характерным типом хозяйственного освоения, при обязательном наличии в его структуре государственной границы [1]. Пример подобных территориальных образований – российско-казахстанский трансграничный регион, включающий 12 субъектов Российской Федерации (РФ) и 7 областей Республики Казахстан (РК) (рис. 1). Пространственной спецификой данного трансграничного региона является то, что на протяжении трех последних столетий исследуемая территория развивалась как единое историко-географическое, этническое, экологическое и экономическое пространство [2].

Также отметим, что актуализация вопросов, связанных с использованием водных ресурсов определяется природно-зональной спецификой данного трансграничного региона, значительная часть которого расположена в пределах степной зоны. Прежде всего, это относится к казахстанским регионам, большинство из которых практически полностью расположены в степной зоне (общая площадь степных ландшафтов – 677,9 тыс. км²), из российских следует выделить Волгоградскую, Саратовскую и Оренбургскую области (общая площадь – 738,8 тыс. км² [3]).

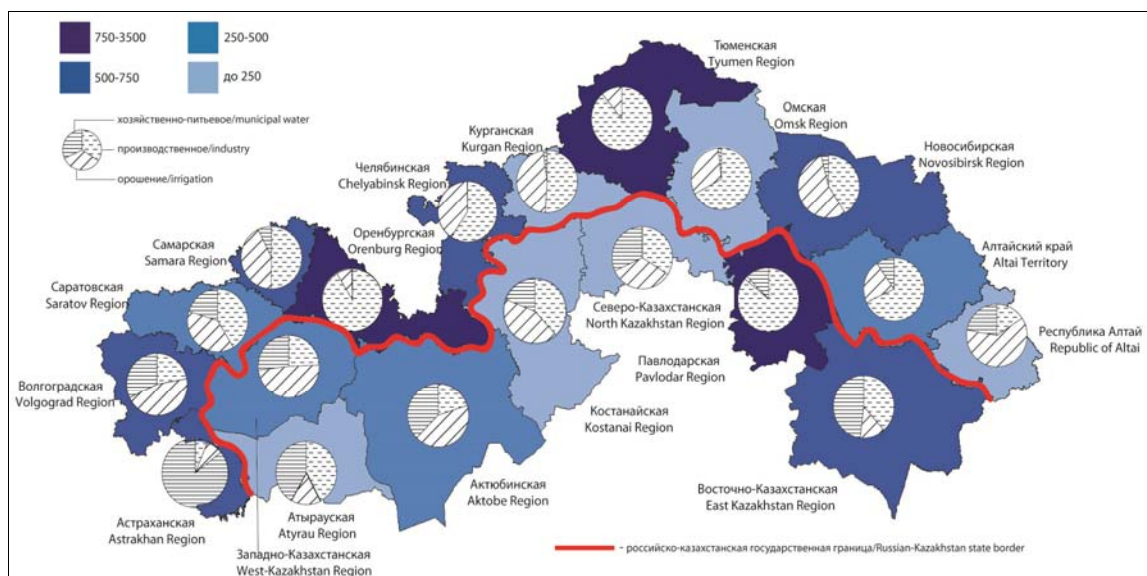


Рис.1. Суммарное и отраслевое использование свежей воды в российско-казахстанском трансграничном регионе, млн м³
Fig.1. Total and sectoral use of fresh water in the Russian-Kazakhstan transboundary region, mln. m³

Как известно, одной из водохозяйственных проблем степных регионов является гарантированное обеспечение населения и экономики пресной водой в условиях крайне неравномерного пространственно-временного распределения поверхностного стока. К трансграничным регионам РФ с минимальными среднееголетними значениями речного стока относятся Курганская (3,5 км³/год) и Челябинская (7,4 км³/год), в Республике Казахстан – Костанайская (1,5 км³/год) и Актыбинская (3,2 км³/год) области. Кроме того, для степных рек исследуемого региона характерны значительные отклонения от среднееголетнего значения стока, что является одним из ключевых моментов при оценке современной и перспективной водообеспеченности. Так для речного стока российских регионов трансграничной территории значения многолетней изменчивости (C_v) варьируют в пределах от 0,08 (сибирские регионы) до 0,18-0,21 (Поволжье и Урал) [4]. В связи с этим, вопросы эффективного использования водных ресурсов в отдельных регионах российско-казахстанского трансграничного пространства максимально актуализированы не только водохозяйственными вопросами, но и гидроклиматической спецификой водосборных территорий.

С учетом определяющей роли водно-ресурсного обеспечения для устойчивого развития экономики разработана Водная стратегия Российской Федерации, к важнейшим направлениям которой относятся: гарантированное обеспечение водными ресурсами; охрана и восстановление экосистем водных объектов; обеспечение защищенности населения и объектов экономики от наводнений и негативного воздействия вод и др. [5]. В Республике Казахстан разработана Государственная программа управления водными ресурсами, успешная реализация которой, позволит обеспечить водную безопасность республики. Программой предусмотрены меры по сокращению ожидаемого дефицита водных ресурсов за счет модернизации и развития инфраструктуры, эффективного использования водных ресурсов, модернизации системы водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, а также меры по эффективному управлению водными ресурсами [6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходными данными для исследования стали статистические данные о наличии, использовании и охране водных ресурсов в регионах Российской Федерации и Республики Казахстан. Сопоставительная оценка водообеспеченности проводилась по традицион-



ным методикам, широко используемых в России и за рубежом. Одним из распространенных подходов в европейской практике является критерий Фалкенмарк – удельная водообеспеченность менее 1700 м³/год свидетельствует о наличии водной напряженности [7]. Однако данный критерий отражает лишь запасы воды, но не принимает во внимание потребности в водных ресурсах, предполагая, что спрос однозначно определяется численностью населения страны [8]. Альтернативный подход используется при расчете индекса устойчивости, который равен отношению объема воды, забираемой из природных источников, к совокупному пополняемому объему воды [9]. При использовании индекса устойчивости говорят о проблеме нехватки воды, если водопотребление превышает 20% от возобновляемого стока и об острой нехватке, если этот показатель превышает 40%. При этом в качестве совокупного объема воды может использоваться как внутренний пополняемый сток, так и совокупный сток с учетом поступления воды из внешних (по отношению к рассматриваемому региону) источников. В первом случае индекс может превышать 100% в случае, если существенная часть стока формируется за пределами рассматриваемого региона. Для российско-казахстанского трансграничного региона применение данного подхода более целесообразно, так как государственная граница пересекает ряд крупных речных бассейнов (реки Иртыш с Тобол, Урал с Илек) и, соответственно, речной сток формируется, в том числе и за пределами национальных границ. В мировой и отечественной практике одним из наиболее распространенных подходов к оценке обеспеченности водными ресурсами является расчет показателя, который иллюстрирует соотношение объемов водопотребления из поверхностных источников к величине средне-многолетнего речного стока. Согласно данной методике, при соотношении менее 10% отмечается низкий уровень нехватки воды; если от 10 до 20% – слабая нехватка воды; если 20-40% – умеренная; превышение 40% означает высокий уровень нехватки воды (водный стресс) [10].

В качестве показателей эффективности использования водных ресурсов были использованы объемы оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (млн м³), потери воды при транспортировке (млн м³) и водоемкость валового регионального продукта (ВРП). Водоемкость ВРП является универсальным показателем эффективности регионального водопользования, отражающим совокупность изменений производственных процессов в водной инфраструктуре, и его величина, в первую очередь, будет зависеть от изменчивости двух показателей – производства электроэнергии и расходов воды на орошение [11]. Отметим, что водоемкость характеризуется удельной величиной использования водных ресурсов, единицами измерения которой выступают следующие размерности – м³/т, м³/шт., м³/тыс. руб. [12].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Длительное время динамика и структура водопотребления в исследуемом трансграничном регионе определялись социально-экономическими потребностями единого союзного государства. Начиная с 1960-х гг. и до середины 70-х гг. отмечалось закономерное увеличение водопотребления [4; 13], что соответствовало периоду наиболее интенсивного хозяйственного развития в стране. Период с 1975 по 1990 гг. характеризуется определенной стабилизацией водопотребления, что объясняется замедлением роста экономики и внедрением водосберегающих технологий, особенно в промышленности [4]. Начиная с девяностых годов, в российских и казахстанских регионах происходит значительное сокращение водопотребления во всех отраслях водного хозяйства на фоне общего масштабного социально-экономического кризиса, но с региональными и отраслевыми различиями. Так, в регионах Нижней Волги отмечалось значительное сокращение объемов безвозвратного водопотребления и потерь: в Астраханской области в 3,4 раза, в Волгоградской – в 2,2 раза [14]. Для более детальной оценки динамики водопотребления в посткризисный период были проанализированы данные по использованию воды на различные нужды в отдельных областях исследуемой территории (табл. 1).

Согласно данным таблицы 1, за последние 20 лет в исследуемых регионах произошла значительная перестройка структуры водопотребления. В пределах российских



регионов наиболее серьезная трансформация структуры водопотребления произошла в аграрном секторе – доля использованной воды сократилась до минимальных значений, кроме Астраханской области, где к 2015 г. достигнут уровень 1995 г. В общем водопотреблении казахстанских регионов также значительно сократился удельный вес использования воды на нужды сельского хозяйства, в первую очередь за счет сокращения забора воды на лиманное и регулярное орошение. Отметим, что ни одному из казахстанских субъектов не удалось к настоящему времени достичь уровня докризисного периода в сельскохозяйственном водопотреблении. Отдельный интерес представляет сопоставление данных по промышленному водопотреблению, доля которого стабильно росла в большинстве субъектов трансграничного региона на протяжении последних двадцати лет.

Таблица 1

Динамика структуры водопотребления в российско-казахстанском трансграничном регионе (%), (П – промышленное, К – коммунальное, С.Х – сельскохозяйственное водопотребление)

Table 1

Dynamics of the water consumption structure in the Russian-Kazakhstan transboundary region (%), (I – industrial water use, M – municipal water use, A – agriculturally water use)

Регион Region	1995			2005			2015		
	П/И	К/М	С.Х/А	П/И	К/М	С.Х/А	П/И	К/М	С.Х/А
Российская Федерация / Russian Federation									
Астраханская Astrakhan Region	10	7	83	22	11	68	6	8	85
Оренбургская Orenburg Region	84	8	8	90	9	1	91	8	1
Челябинская Chelyabinsk Region	48	47	5	50	49	1	59	40	1
Тюменская Tyumen Region	71	28	1	83	16	1	89	10	1
Алтайский край Altai territory	44	25	31	49	34	17	68	22	10
Республика Казахстан / Republic of Kazakhstan									
Западно- Казахстанская Western Kazakhstan Region	2	5	93	2	6	92	24	49	27
Актюбинская Aktobe Region	10	21	69	8	9	73	20	42	38
Атырауская Atyrau Region	25	12	63	49	10	41	42	16	42
Костанайская Kostanay Region	11	18	71	24	42	28	38	43	19
Павлодарская Pavlodar Region	63	3	35	65	2	33	86	2	12

Современная структура водопотребления российско-казахстанского трансграничного региона характеризуется наличием четких внутрирегиональных различий, обусловленных природно-зональными и социально-экономическими факторами, а также историей хозяйственного освоения территорий. В целом, отметим, что в пределах субъектов РФ сформировалась более неоднородная структура водопотребления. В частности, в таких регионах, как Оренбургская, Тюменская и Новосибирская области отмечается преобладающее использование водных ресурсов на производственные нужды. Для большинства субъектов РФ характерны относительно равные объемы использованной воды на коммунальные и производственные нужды, кроме Астраханской области, где основная доля



водных ресурсов расходуется на сельскохозяйственные цели. Современная структура водопотребления в большинстве казахстанских регионов по-прежнему характеризуется значительной долей безвозвратного использования водных ресурсов на регулярное и лиманное орошение.

Общеизвестно, что водные ресурсы относятся к категории возобновляемых компонентов природной среды, в связи с чем показатели водообеспеченности регионов не относятся к стационарным характеристикам. Изменчивость данного показателя определяется, в первую очередь, пространственно-временными трансформациями речного стока в современных климатических условиях. Кроме того, обеспеченность водными ресурсами напрямую зависит от социально-экономической обстановки в конкретном регионе – динамики численности населения, технологических инноваций в производстве и др. В итоге, проблема с удовлетворением спроса возникает лишь в том случае, если физический запас воды на некий период времени оказывается недостаточным для удовлетворения всех потребностей [8]. Вместе с тем, несмотря на определенную «пластичность» показателя водообеспеченности, во многих регионах мира проблема нехватки пресной воды только усугубляется. С учетом данной тенденции в мировой практике широко используется несколько подходов к оценке водообеспеченности, отличающихся друг от друга использованием в расчетах различных социально-экономических и гидрологических показателей (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка водообеспеченности российско-казахстанского трансграничного региона

Comparative assessment of water supply in the Russian-Kazakhstan transboundary region

Table 2

Регион Region	Индекс Фалкенмарк, м ³ /год/чел Falkenmark index, m ³ /year/person	Индекс устойчивости, % Sustainability index, %	Общий водный стресс, % Water stress, %	Речной сток, км ³ /год River flow, km ³ /year
Российская Федерация / Russian Federation				
Астраханская Astrakhan Region	259761,6	0,3	0,3	264,6
Волгоградская Volgograd Region	110921,8	0,3	0,2	282,4
Саратовская Saratov Region	109224,8	0,3	0,2	271,7
Самарская Samara Region	83500,3	0,3	0,3	267,7
Оренбургская Orenburg Region	4724,5	13,0	14,0	9,4
Челябинская Chelyabinsk Region	2626,8	8,6	6,3	9,2
Курганская Kurgan Region	8237,6	0,9	0,8	7,1
Тюменская Tyumen Region	183825,1	0,6	0,5	672,8
Омская Omsk Region	29097,1	0,3	0,3	57,4
Новосибирская Novosibirsk Region	25292,3	0,9	0,8	70,3
Алтайский край Altai territory	26081,1	0,6	0,7	61,7



Республика Алтай Republic of Altai	198156,6	0,2	0,02	43
Российская Федерация, в целом Russian Federation	30251,1	1,6		4441
Республика Казахстан / Republic of Kazakhstan				
Атырауская Atyrau Region	11350,4	4,2	3,2	6,5
Зап.-Казахст Western Kazakhstan Region	13811,0	6,8	4,0	12,0
Актюбинская Aktobe Region	3890,4	13,8	9,8	3,2
Костанайская Kostanay Region	1701,7	8,9	5,7	1,5
Сев.-Казахст. North Kazakhstan Region	1748,9	6,1	5,1	33,5
Павлодарская Pavlodar Region	38503,3	10,7	10,7	29,1
Вост.-Казахст. East Kazakhstan Region	25728,7	1,7	1,5	35,9
Республика Казахстан, в целом Republic of Kazakhstan	8267,8	16,8		146,1

Проведенная оценка свидетельствует о том, что в пределах российско-казахстанской трансграничной территории большинство регионов характеризуется достаточно высокими показателями обеспеченности водными ресурсами. В первую очередь, данное утверждение относится к российским регионам в пределах нижнего течения р. Волга (Астраханская, Волгоградская, Саратовская и Самарская области) и юга Западной Сибири (Тюменская, Новосибирская и Омская области, Республика Алтай, Алтайский край). Несколько ниже обеспеченность водными ресурсами в Оренбургской и Челябинской областях, что связано, в первую очередь, с недостаточностью возобновляемого речного стока в условиях значительного забора воды на производственные и коммунальные нужды. Из казахстанских регионов наиболее критическая ситуация с гарантированным водобеспечением населения и экономики характерна для Костанайской, Северо-Казахстанской и Актюбинской областей.

Успешное решение задач по достижению устойчивого водообеспечения в регионе сложно реализовать без разработки программ по эффективному использованию водных ресурсов. Нами для оценки эффективности использования водных ресурсов в пределах исследуемой территории были выбраны следующие показатели – водоемкость ВРП, водопотребление и водоотведение (использование свежей и оборотной воды в производстве, потери воды при транспортировке) (табл. 3).

Согласно авторским расчетам с использованием статистических данных показатели водоемкости экономики РФ и РК значительно отличаются и прежде всего, следует отметить довольно высокий уровень водоемкости ВВП РК – 3,4 м³/тыс. руб. Достаточно высокая ресурсоемкость экономики Республики Казахстан определяется значительным забором воды для орошения сельхозугодий и обводнения пастбищ, в связи с чем, одним из целевых индикаторов Государственной программы является снижение потребления воды на единицу ВВП на 33% к уровню 2012 года. Вместе с тем, обращает внимание более эффективное использование водных ресурсов в региональном разрезе РК, кроме Павлодарской области, в пределах которой сформировался многоотраслевой промышленный комплекс, ориентированный на производство электроэнергии и глинозема.



Таблица 3

Показатели эффективности использования водных ресурсов
в российско-казахстанском трансграничном регионе

Table 3

Indicators of water use efficiency in the Russian-Kazakhstan transboundary region

Регион Region	Водопотребление, млн м ³ Water use, mln. m ³	Водоёмкость ВРП, м ³ /тыс. руб Water intensity of GRP, m ³ /thousand rubles	Объёмы оборот. и повт.-послед. водоснабжения, млн м ³ Volumes of circulating and re-sequential water supply, mln. m ³	Потери воды при транспортировке, млн м ³ Water loss during transportation, mln. m ³
Российская Федерация / Russian Federation				
Астраханская Astrakhan Region	730	2,28	512	27
Волгоградская Volgograd Region	593	0,81	1376	202
Саратовская Saratov Region	488	0,79	7281	80
Самарская Samara Region	719	0,58	3026	67
Оренбургская Orenburg Region	1315	1,70	1672	27
Челябинская Chelyabinsk Region	581	0,50	8251	105
Курганская Kurgan Region	54	0,30	303	14
Тюменская Tyumen Region	3497	0,61	9582	41
Омская Omsk Region	185	0,36	1345	41
Новосибирская Novosibirsk Region	578	0,66	867	37
Алтайский край Altai territory	410	0,84	868	23
Республика Алтай Republic of Altai	80	0,23	8	1
Республика Казахстан / Republic of Kazakhstan				
Атырауская Atyrau Region	227	0,28	242	41
Зап.-Казахст Western Kazakhstan Region	504	1,14	4	34
Актюбинская Aktobe Region	427	1,01	31	4
Костанайская Kostanay Region	83	0,35	546	8
Сев.-Казахст. North Kazakhstan Region	53	0,34	5	3
Павлодарская Pavlodar Region	3038	10,12	4153	12
Вост.-Казахст East Kazakhstan Region	538	1,34	332	51



Величина водоемкости ВВП РФ значительно ниже и в принципе сопоставима с показателями ряда экономически развитых стран – 1,14 м³/тыс. руб. В региональном аспекте достаточно эффективное использование водных ресурсов отмечается в Республике Алтай, Курганской и Омской областях. Максимальное значение водоемкости региональной экономики отмечается в Астраханской области – 2,28 м³/тыс. руб., что связано с высокой долей сельского хозяйства в структуре водопотребления, а также в Оренбургской области – 1,70 м³/тыс. руб. в связи с эксплуатацией Ириклинской ГРЭС, для охлаждения агрегатов которой из Ириклинского водохранилища ежегодно отбирается 2 км³ воды.

Кроме того, в пределах российских регионов наблюдается значительное превышение величины оборотного и повторно-последовательного водопользования над прямоточным, что в принципе является характерным для большинства субъектов РФ.

Отдельный интерес представляет использование водных ресурсов в условиях трансграничных речных бассейнов, в пределах которых происходит формирование сложных природно-хозяйственных систем, объединенных единством вещественно-энергетических потоков и разделенных государственными границами. Отметим, что вопросы эффективного и рационального использования водных ресурсов особенно актуальны для «низовых» стран, устойчивое региональное развитие которых зависит, в том числе и от количества и качества речного стока поступающего из «верховых» государств.

Пространственная специфика российско-казахстанского региона определяет наличие так называемых «зеркальных» интересов в сфере трансграничного водопользования. Примером территории, где российские регионы выступают в роли главных верховых водопользователей является трансграничный бассейн р. Урал [15]. Из общих эколого-гидрологических показателей трансграничного бассейна р. Урал, следует отметить пространственно-временные особенности годового и сезонного режимов рек (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика поверхностного стока трансграничного бассейна р. Урал

Table 4

Characteristics of surface runoff (transboundary basin of the Ural River)

Река – створ River – section	Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	Расход, м ³ /с Discharge, m ³ /s	Модуль стока, л/с км ² Runoff rate, l/s km ²	Коэффициент вариации Variability index
р. Урал – граница Республики Башкортостан и Челябинской области Ural – boundary between Republic of Bashkortostan and Chelyabinsk Region	2510	7,86	3,13	0,63
р. Урал – граница Челябинской и Оренбургской областей Ural – boundary between Chelyabinsk Region and Orenburg Region	22200	34,4	1,55	0,72
р. Урал – г. Оренбург Ural – city of Orenburg	82300	107	1,3	0,73
р. Урал – г. Уральск Ural – city of Uralsk	188000	320	1,7	0,64
р. Урал – с. Кушум Ural – village of Kushum	190000	333	1,75	0,61
р. Урал – с. Махамбет Ural – village of Mahambet	235000	308	1,31	0,53



Согласно данным таблицы, зона активного водосбора реки располагается в верхней лесостепной части бассейна, а в пределах казахстанского участка, ниже устья р. Барбастау, река не принимает ни одного притока и теряет на транзитном участке прикаспийских полупустынь до 20% годового стока. Кроме этого, реки бассейна характеризуются значительной межгодовой амплитудой показателей стока – в многоводный год, общий сток р. Урал может многократно превышать сток маловодного периода – например, в 1957 г. годовой расход реки составил 24 км^3 , а в 1967 г. – лишь $2,6 \text{ км}^3$ [16].

Пространственно-временная изменчивость речного стока в сочетании с интенсивным хозяйственным освоением осложняют водохозяйственную обстановку в трансграничном бассейне р. Урал, в связи с чем в регионах возникает проблема гарантированного водообеспечения, особенно в маловодные годы. Так, по данным [17], для российских водохозяйственных участков верхнего течения (г. Верхнеуральск) нагрузка на водные ресурсы в среднем составляет 6,2%, а в маловодные годы увеличивается до 22%. В пределах водохозяйственных участков нижнего течения (с. Кушум) коэффициент использования водных ресурсов приближается к 20%, а в маловодный период увеличивается до 42%.

Период интенсивного использования водных ресурсов исследуемого бассейна начинается в 30-е гг. прошлого века в связи с освоением рудных месторождений горного Урала. В довоенное время были построены гидроузлы на р. Урал и притоках с целью водохозяйственной интенсификации наиболее развитых в промышленном отношении регионов в пределах РСФСР. В послевоенный период развитие водохозяйственного сектора шло в нескольких направлениях, в том числе и в пределах Республики Казахстан. Кроме масштабного промышленного освоения исследуемой территории, сопровождавшегося ростом численности населения в промышленных центрах, возникла потребность гарантированного водообеспечения сельского хозяйства в связи с освоением целинных земель степной зоны.

Проведенный анализ обобщенных данных по водопотреблению в российской части исследуемого бассейна иллюстрирует тенденцию к сокращению использования воды во всех подсекторах водного хозяйства (рис. 2). Основную долю водопотребления в российской части бассейна формируют промышленный и хозяйственно-питьевой секторы, особенно в пределах водохозяйственных участков главной реки. Крупными водопотребителями являются горно-металлургические предприятия Южного Урала, а также Ириклинская ГРЭС в Оренбургской области. Отметим постоянный рост расходов воды в системах оборотного и повторного водоснабжения, что свидетельствует о переходе предприятий на более эффективные технологии в использовании водных ресурсов. Обращает внимание максимальное снижение забора воды на орошение – по сравнению с советским периодом доля снизилась более чем в 10 раз [13].

В пределах казахстанских регионов за последние десятилетия также произошли значительные изменения в структуре водопотребления. Максимальная доля в структуре водопотребления формируется за счет забора воды на нужды аграрного сектора, в частности для регулярного и лиманного орошения. На производственные нужды используется только 7% объемов воды, 8 – на хозяйственно-питьевое водоснабжение; 44 – на регулярное и лиманное орошение и 41 – на нужды прудового рыбного хозяйства [13]. Отметим, что в настоящее время произошло значительное уменьшение объемов использования воды в бассейне р. Урал – максимальное сокращение наблюдается в Западно-Казахстанской области (с $222,6 \text{ млн м}^3$ в 1995 г. до $32,5 \text{ млн м}^3$ в 2016 г.), прежде всего за счет сведения к минимуму сельскохозяйственного водопотребления (в частности, забор воды на обводнение пастбищ). Вместе с тем, обращает внимание достаточно стабильные показатели использования вод на производственные нужды в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях, которые практически достигли уровня 1995 г. и значительное увеличение объемов производственного водопотребления в Атырауской области (с $44,2 \text{ млн м}^3$ в 1995 г. до $88,3 \text{ млн м}^3$ в 2016 г.).

Необходимо уточнить, что водохозяйственная обстановка на нижних участках исследуемого бассейна осложняется отсутствием крупных альтернативных источников пресной воды и, соответственно, Западно-Казахстанская и Атырауская области зависят от переданных объемов стока р. Урал из российской части. Отметим, что еще в 1996 году

был подписан «Протокол о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов, координации водохозяйственной деятельности в бассейне р.Урал», согласно которому регламентируются объемы передаваемого стока трансграничными реками в пограничных створах. Кроме того, итогом многолетних межгосударственных обсуждений стало подписание «Соглашения между правительствами РФ и РК по сохранению экосистемы бассейна трансграничной р. Урал», реализация направлений которого может стать началом разработки межгосударственной концепции устойчивого и эффективного водопользования.

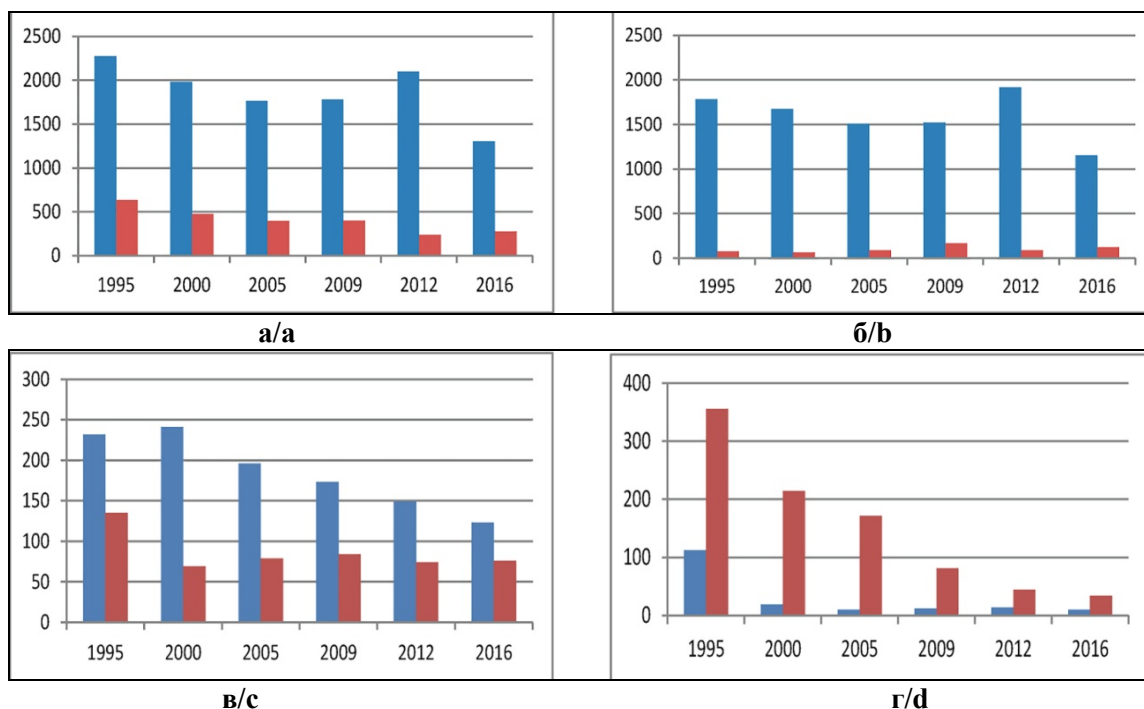


Рис.2. Динамика структуры водопотребления в трансграничном бассейне р. Урал, млн. м³: а) суммарное использование воды; б) производственное; в) хозяйственно-питьевое; г) орошение, обводнение пастбищ

Синий цвет – Российская Федерация, красный – Республика Казахстан

Fig.2. Dynamics of water consumption structure in the transboundary basin of the Ural River, mln. m³: a) total water use; b) industrial water use; c) household water use; d) irrigation water use

Blue colour – Russian Federation, red colour – Republic of Kazakhstan

Пример трансграничного бассейна, в пределах которого «донором» речного стока в Российскую Федерацию являются казахстанские регионы – бассейн р. Иртыш. Кроме того, верховья бассейна приурочены к западным склонам Монгольского Алтая и находятся в пределах Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая. Здесь берет начало Черный Иртыш, который впадает в оз. Зайсан на территории Казахстана. Эта часть бассейна расположена в горных системах Алтая, Саура-Тарбагатая, Джунгарии и Тянь-Шаня. Далее Иртыш становится равнинной рекой и течет в степной зоне Казахстана и России, где практически не принимает притоков (от р. Шаган до устья Оми), а, наоборот, теряет воду за счет ее испарения (табл. 5). Общая площадь бассейна насчитывает 1,65 млн км², в том числе стокоформирующая 1,12 млн км². В пределах России стокоформирующая площадь бассейна составляет около 0,7 млн км², полноводность Иртыша увеличивается почти в 2 раза после впадения в него Тобола.

**Таблица 5**
Характеристика поверхностного стока трансграничного бассейна р. Иртыш [18-20]**Table 5**
Characteristics of the surface runoff (transboundary basin of the Irtysh river) [18-20]

Река – створ River – section	Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	Расход, м ³ /с Discharge, m ³ /s	Модуль стока, л/с км ² Runoff rate, l/s km ²	Коэффициент вариации Variability index
р. Иртыш – граница Китая и Республики Казахстан Irtysh – boundary between China and Republic of Kazakhstan	55900	300	5,4	–
р. Иртыш – граница Республики Казахстан и Российской Федерации Irtysh – boundary between Republic of Kazakhstan and Russian Federation	246000	885	3,6	0,25
р. Иртыш – г. Омск (выше р. Оми) Irtysh – city of Omsk (upstream of the Om River)	268400	891	3,3	0,25
р. Иртыш – граница Омской и Тюменской областей Irtysh – boundary between Omsk and Tyumen Regions	568800	1250	2,2	0,29
р. Иртыш – граница Тюменской области и Ханты-Мансийского АО Irtysh – boundary between Tyumen region and Khanty-Mansi Autonomous Area	1040000	2340	2,3	0,26
р. Иртыш – г. Ханты-Мансийск Irtysh – city of Khanty-Mansiysk	1122000	2800	2,5	0,25

Внутригодовые пространственно-временные особенности бассейна таковы, что 50-60%, а в отдельные годы до 90% годового стока Иртыша приходится на весну с растянутым половодьем. За лето и осень формируется от 20 до 40% стока. При этом в степной части бассейна речные расходы летне-осеннего периода ничтожно малы и составляют 5-6% годового стока.

В горной части бассейна питание реки осуществляется преимущественно талыми водами ледников и снежников, в равнинной – за счет снегового и грунтового питания. Водный режим в верхнем течении носит отчетливо выраженные черты алтайского типа – половодье с резким подъёмом уровней и высокими летними паводками [21]. В среднем и нижнем течении режим реки приобретает черты западносибирского типа: весеннее половодье сливается с летними паводками и растягивается до осени, при этом летняя межень практически отсутствует. Значительна амплитуда межгодовых колебаний стока: коэффициент вариации – 0,25-0,29.

Сложные гидрологические условия наложили отпечаток на особенностях хозяйственного использования бассейна реки. Для регулирования стока основной реки в Казахстане построен каскад Иртышских водохранилищ: Бухтарминское, Усть-Каменогорское, Шульбинское, а также Риддерский каскад малых ГЭС на реках Хариузовка, Громотуха и Ульба [19]. В общей сложности в Восточном Казахстане насчитывается 75 водохранилищ, что составляет 56% емкости всех водохранилищ Казахстана [22].

Использование здесь водных ресурсов в промышленных целях привело к высокому уровню загрязнения отдельных водных объектов в бассейне Иртыша. Для целей промышленного водоснабжения, лиманного орошения и обводнения территорий Казахстан также использует канал Иртыш–Караганда. В структуре водопотребления промышленные нужды занимают 61% при общих объемах использования водных ресурсов около $3,0 \text{ км}^3/\text{год}$ [18]. В последние годы Китай активно осваивает ресурсы Черного Иртыша, по существующим оценкам для месторождений нефти и газа Таримского бассейна в стране используется порядка 2 км^3 иртышской воды или 26% годового стока.

В российской части бассейна анализ водохозяйственной ситуации указывает на ее возрастающую напряженность, даже, несмотря на сокращение объемов водопотребления в последние десятилетия (в 2013 г. $2,2 \text{ км}^3$ с учетом притоков Иртыша рр. Тобол и Ишим). Только за период 2009-2013 гг. объемы забранных вод здесь уменьшились на 632,6 млн м^3 , в том числе на 374,3 млн м^3 из поверхностных водных источников. На примере Омской области можно проследить динамику водопотребления за 1999-2015 гг. (рис. 3). На диаграммах видно, что за этот период сокращение объемов водопотребления составило 43%. При этом в структуре водопотребления лидирует использование воды на хозяйственно-питьевые нужды. Но наибольшее сокращение водопотребления отмечается в целях орошения – 84%. Иртыш обеспечивает 90% потребностей Омской области. Очевидно, что в маловодные периоды гидрологической изменчивости проблемы водоснабжения Омской области и г. Омска в перспективе будут возрастать [23]. В настоящий момент (на 2017 г.) в Омске проживает 60% населения региона – 1,2 млн чел., для урегулирования возможных проблем вододефицита еще в 2011 г. начато строительство Красногорского водоподъемного гидроузла.

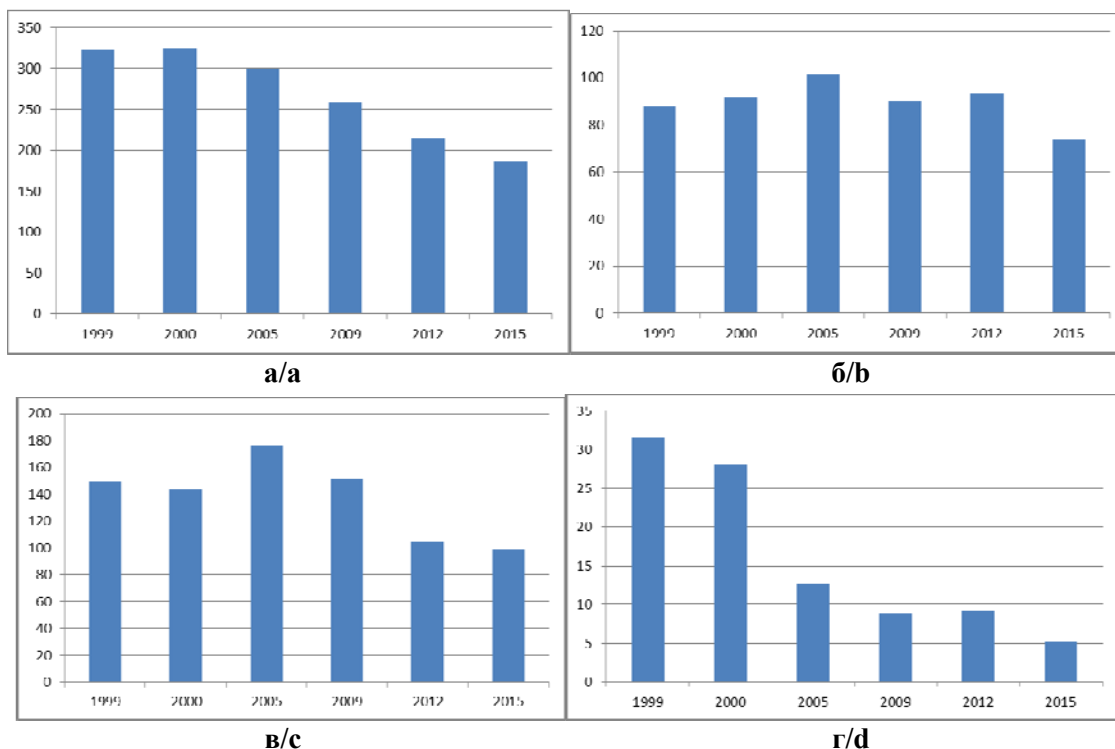


Рис.3. Динамика структуры водопотребления в Омской области на территории трансграничного бассейна р. Иртыш, млн м^3 : а) суммарное использование воды; б) производственное; в) хозяйственно-питьевое; г) орошение
Fig.3. Dynamics of the water consumption structure in the Omsk Region within the transboundary basin of the Irtysh River, mln. m^3 : а) total water use; б) industrial water use; с) household water use; d) irrigation water use



Ситуацию в трансграничном бассейне Иртыша осложняет отсутствие трехстороннего сотрудничества между Россией, Казахстаном и Китаем. Существующие двухсторонние взаимодействия между Казахстаном и Китаем, между Россией и Казахстаном не решают наметившихся проблем водodelения и вододефицита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии социально-экономических преобразований в российско-казахстанском регионе на структуру водопотребления, водобеспеченность и показатели эффективности использования водных ресурсов. Вместе с тем, ключевой водохозяйственной проблемой исследуемого региона является гарантированное обеспечение населения и экономики пресной водой в условиях крайне неравномерного пространственно-временного распределения поверхностного стока. Соответственно, комплексное управление водными ресурсами в пределах российско-казахстанского трансграничного региона должно базироваться на основе повышения эффективности использования водных ресурсов во всех секторах водного хозяйства с учетом современных гидроклиматических изменений. Кроме того, проведенный анализ подтверждает необходимость разработки концептуальных программ по управлению водопользованием в условиях региональной специфики использования водных ресурсов в трансграничных речных бассейнах рр. Урал и Иртыш.

Благодарность: Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-05-0447 «Пространственно-динамическая специфика регионального природопользования в трансграничных бассейновых геосистемах в современных гидроклиматических условиях», в рамках плана НИР ИС УрО РАН № ГР АААА-А17-117012610022-5 и плана НИР ИВЭП СО РАН № 0383-2016-0002

Acknowledgment: The work was carried out under the RFBR grant No. 18-05-0447 "Spatial-dynamic specificity of regional environmental management in transboundary basin geosystems under current hydroclimatic conditions", within research topics of IS UB RAS No. АААА-А17-117012610022-5 and IWEP SB RAS No. 0383-2016-0002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трансграничный регион: понятие, сущность, форма / Под науч. ред. П.Я. Бакланова. Владивосток: Дальнаука, 2010. 276 с.
2. Чибилев А.А., Левыкин С.В., Богданов С.В. и др. Российско-Казахстанский трансграничный регион: история, геоэкология, устойчивое развитие. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 216 с.
3. Чибилёв А.А. Интегральная оценка современного состояния и изменений природной среды степных регионов на основе геоинформационного анализа и картографирования // Проблемы региональной экологии. 2014. N 5. С. 7-14.
4. Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А. Водные ресурсы, их использование и водобеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. N 2. С. 131-141.
5. Водная стратегия Российской Федерации до 2020 года. URL: <http://government.ru/docs/10049/> (дата обращения: 03.12.2018).
6. Государственная программа управления водными ресурсами Республики Казахстан. URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/water-program-kz.pdf>. (дата обращения: 03.12.2018).
7. Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C. Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development // Natural Resources Forum. 1989. V. 13. N 4. P. 258-267.



8. Фридман А.А. Модели экономического управления водными ресурсами. М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2012. 284 с.
9. Raskin P., Gleick P., Kirshen P., Pontius G., Strzepek K. Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems. Stockholm: Stockholm Environmental Institute, 1997. 77 p.
10. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
11. Дёмин А.П. Современная водоемкость экономик стран мира // Известия РАН. Серия Географическая. 2012. N 5. С. 71-81.
12. Рыбкина И.Д. Сопоставительный анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах Западной Сибири в сравнении с общероссийским и западноевропейским уровнями // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. N 3. С. 80-88.
13. Демин А.П. Современные изменения водопотребления в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. N 3. С. 259-275.
14. Болгов М.В., Демин А.П. Водохозяйственные и экологические проблемы Нижней Волги и пути их решения // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. N 2. С. 211-220. Doi: 10.7868/S0321059618020116
15. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне р. Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. N 4. С. 504-516. Doi: 10.7868/S0321059617040162
16. Чибилёв А.А. Бассейн р. Урал: история, география, экология. Екатеринбург, 2008. 312 с.
17. Бабкин В.И., Балонишников Ж.А. Водный баланс, водные ресурсы и использование вод в крупнейших речных бассейнах России // Вопросы географии. 2018. N 146. С. 298-313.
18. Кобегенов К.Ж. Водные ресурсы Иртышского бассейна и их использование // Современные проблемы Иртышского бассейна. Семипалатинск, 2006. С. 7-21.
19. Винокуров Ю.И., Галахов В.П., Голубева А.Б., Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д., Красноярова Б.А., Ловцкая О.В., Платонова С.Г., Рыбкина И.Д., Сизов О.С., Скрипко В.В., Стоящева Н.В. Экологические риски в трансграничном бассейне реки Иртыш. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 161 с.
20. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. Санкт-Петербург: ООО «Эс Пэ Ха», 2015. 166 с.
21. Фролова Н.Л. Иртыш река // Вода России. Научно-популярная энциклопедия. URL: http://water-ru.ru/Водные_объекты/85/Иртыш (дата обращения 10.04.2018).
22. Винокуров Ю.И., Чибилёв А.А., Красноярова Б.А., Павлейчик В.М., Платонова С.Г., Сивохиц Ж.Т. Региональные экологические проблемы в трансграничных бассейнах рек Урал и Иртыш // Известия РАН. Серия Географическая. 2010. N 3. С. 95-104.
23. Рыбкина И.Д. Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Известия РАН. Серия Географическая. 2016. N 1. С. 115-122. Doi: 10.15356/0373-2444-2016-1-115-122

REFERENCE

1. Baklanov P.Ya., ed. *Transgranichnyi region: ponyatie, sushchnost', forma* [Transboundary region: concept, essence, form]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2010, 276 p. (In Russian)
2. Chibilev A.A. *Rossiisko-Kazakhstanskii transgranichnyi region: istoriya, geokologiya, ustoichivoe razvitie* [Russian-Kazakhstan transboundary region: history, geocology, sustainable development]. Ekaterinburg, Ural Branch of RAS Publ., 2011, 216 p. (In Russian)
3. Chibilyov A.A. The integral assessment of the recent state and changes in the natural environment of Russian steppe regions based on the geoinformation analysis and map making re-



- sults. Problemy regional'noi ekologii [Regional Environmental Issues]. 2014, no. 5, pp. 7-14. (In Russian)
4. Shiklomanov I.A., Babkin V.I., Balonishnikova Z.A. Water resources, their use, and water availability in Russia: Current estimates and forecasts. *Water resource*, 2011, vol. 38, no. 2, pp. 139-148. Doi: 10.1134/S009780781101012X
 5. *Vodnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii do 2020 goda* [Water Strategy of the Russian Federation until 2020]. Available at: <http://government.ru/docs/10049/> (accessed 03.12.2018)
 6. *Gosudarstvennaya programma upravleniya vodnymi resursami Respubliki Kazakhstan* [State program of water resources management of the Republic of Kazakhstan]. Available at: <http://www.cawater-info.net/library/rus/water-program-kz.pdf>. (accessed 03.12.2018)
 7. Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C. Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development. *Natural Resources Forum*, 1989, vol.13, no. 4, pp. 258-267.
 8. Fridman A.A. *Modeli ekonomicheskogo upravleniya vodnymi resursami* [Models of economic management of water resources]. Moscow, Vysshaya shkola ekonomiki Publ., 2012, 284 p. (In Russian)
 9. Raskin P., Gleick P., Kirshen P., Pontius G., Strzepek K. *Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems*. Stockholm, Stockholm Environmental Institute, 1997, 77 p.
 10. Danilov-Danil'yan V.I., Losev K.S. *Potreblenie vody: ekologicheskii, ekonomicheskii, sotsial'nyi i politicheskii aspekty* [Water consumption: ecological, economic, social and political aspects]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 221 p. (In Russian)
 11. Demin A.P. Contemporary water intensity of the economies of the countries of the world. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya* [Regional Research of Russian]. 2012, no. 5, pp. 71-81. (In Russian)
 12. Rybkina I.D. A comparative analysis of the efficiency of water resources use in the regions of Western Siberia in comparison with the all-Russian and Western European levels. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: problems, technologies, management]. 2015, no. 3, pp. 80-88. (In Russian)
 13. Demin A.P. Present-day changes in water consumption in the Caspian Sea basin. *Water resources*, 2007, vol. 34, no. 3, pp. 237-253. Doi: 10.1134/S0097807807030013
 14. Bolgov M.V., Demin A.P. Water-Management and Environmental Problems of the Lower Volga and Ways to Their Solution. *Water resources*, 2018, vol. 45, no. 2, pp. 211-220. (In Russian) Doi: 10.7868/S0321059618020116
 15. Sivohip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilyov A.A., Padalko Yu.A. Problems of sustainable water use in the transboundary basin of the Ural River. *Water resource*, 2017, vol. 44, no.4, pp. 504-516. (In Russian) Doi: 10.7868/S0321059617040162
 16. Chibilev A.A. *Bassein r. Ural: istoriya, geografiya, ekologiya* [The Ural river basin: history, geography, ecology]. Ekaterinburg, 2008. 312 p. (In Russian)
 17. Babkin V.I., Balonishnikova Zh.A. Water balance, water resources and use of water in the largest river basins of Russia. *Voprosy geografii* [Geography issues]. 2018, no. 146, pp. 298-313. (In Russian)
 18. Kobegenov K.Zh. [Water resources of the Irtysh basin and their use]. In: *Sovremennye problemy Irtyshskogo basseina* [Modern problems of the Irtysh basin]. Semipalatinsk, 2006, pp. 7-21. (In Russian)
 19. Vinokurov Yu.I., Galakhov V.P., Golubeva A.B., Zinov'ev A.T., Ko-sheleva E.D., Krasnoyarova B.A., Lovtskaya O.V., Platonova S.G., Rybkina I.D., Sizov O.S., Skripko V.V., Stoyashcheva N.V. *Ekologicheskie riski v transgranichnom basseine reki Irtysh* [Environmental risks in the transboundary basin of the Irtysh River]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2014. 161 p. (In Russian)



20. *Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol'zovanie i kachestvo* [Surface and groundwater resources, their use and quality]. St. Peterburg, EHs Peh Ha Publ., 2015, 166 p. (In Russian)
21. Frolova N.L. *Reka Irtysh* [Irtysh River]. Voda Rossii. Nauchno-populyarnaya entsiklopediya. (In Russian) Available at: [http://water-ef.ru/Vodnye_ob"ekty/85/Irtysh](http://water-ef.ru/Vodnye_ob). (accessed 10.04.2018)
22. Vinokurov Yu.I., Chibilev A.A., Krasnoyarova B.A., Pavleychik V.M., Platonova S.G., Sivokhip Zh.T. Regional Ecological Problems in Transboundary Basins of the Urals and Irtysh Rivers. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya* [Regional Research of Russian]. 2010, no. 3, pp. 95-104. (In Russian)
23. Rybkina I.D. Assessment and Forecast of Water Availability in Omsk Oblast. *Regional Research of Russian*, 2016, no. 1, pp. 115-122. (In Russian) Doi: 10.15356/0373-2444-2016-1-115-122

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ирина Д. Рыбкина, кандидат географических наук, доцент, заведующий лабораторией водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, г. Барнаул, Россия.

Жанна Т. Сивохип*, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт степи Уральского отделения РАН; ул. Пионерская, 11, г. Оренбург, 460000 Россия; e-mail: sivohip@mail.ru, orcid.org/0000-0001-5704-0554

Критерии авторства

Ирина Д. Рыбкина выполнила расчет оценки водообеспеченности исследуемых регионов, провела анализ динамики структуры водопотребления в трансграничном бассейне р. Иртыш; Жанна Т. Сивохип выполнила расчет показателей эффективности использования водных ресурсов, провела анализ динамики структуры водопотребления в трансграничном бассейне р. Урал. 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 25.02.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Irina D. Rybkina, Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia.

Zhanna T. Sivokhip*, Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Steppe UB RAS; 460000 Russia, Orenburg, Pionerskaya str., 11; e-mail: sivohip@mail.ru, orcid.org/0000-0001-5704-0554

Contribution

Irina D. Rybkina assessed the water supply in the studied regions; analysed the dynamics of the water consumption structure in the transboundary basin of the Irtysh River; Zhanna T. Sivokhip calculated water efficiency indicators; analysed the dynamics of the water consumption structure in the transboundary basin of the Ural River. Both 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 25.02.2019



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 636.081.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98

РЕАКЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ТРАНСПОРТНЫЙ СТРЕСС И ЕГО КОРРЕКЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИКОВ

¹Наталья С. Кухаренко, ¹Анастасия О. Фёдорова, ^{2,3,4}Михаил Ю. Щелканов*

¹Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск-на-Амуре, Россия

²Школа биомедицины, Дальневосточный федеральный университет,
Владивосток, Россия, adorob@mail.ru

³ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

⁴ННЦ морской биологии, Владивосток, Россия

Резюме. Цель настоящей работы заключается в обобщении результатов многолетних (2008-2018 гг.) исследований эффективности отечественного препарата «Интестевит ТМ», представляющего собой смесь пробиотиков и пищевых добавок, для коррекции транспортного стресса у жвачных животных. **Методы.** Объектом исследований были жвачные животные, завозимые в хозяйства Амурской области. Состояние животных перед транспортировкой и после неё оценивали с помощью 204 оценочных показателей. Достоверность различия средних значений оценивалась с помощью t-теста Стьюдента: достоверным считалось различие с вероятностью альтернативной гипотезы $p < 0,05$. **Результаты.** Под влиянием длительной транспортировки организм животных подвергается выраженному стрессовому воздействию в результате, которого, ярко проявляются нарушения со стороны психоэмоционального состояния, и чем дольше длится стресс, тем резче они выражены. Такие животные заметно теряют в весе, слабеют и у них снижается сопротивляемость к заболеваниям, в результате чего животноводческие предприятия получают финансовый ущерб от недополучения телят, молочной и мясной продукции. **Заключение.** Применение пробиотических препаратов, например – «Интестевита ТМ», позволяет существенно снизить неблагоприятные последствия транспортного стресса и улучшить физиологическое состояние животных.

Ключевые слова: транспортный стресс, пробиотик, нетели, овцы.

Формат цитирования: Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Щелканов М.Ю. Реакция сельскохозяйственных животных на транспортный стресс и его коррекция с помощью пробиотиков // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.87-98. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98



TRANSPORTATION STRESS IN FARM ANIMALS AND ITS CORRECTION BY PROBIOTIC TREATMENT

¹Natalia S. Kukhareno, ¹Anastasia O. Fyodorova, ^{2,3,4}Mikhail Yu. Shchelkanov*

¹Far Eastern State Agriculture University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia

²School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, adorob@mail.ru

³Federal Scientific Center of Eastern Asia Terrestrial Biodiversity of Far Eastern
Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

⁴National Scientific Center of Marine Biology of Far Eastern Branch
of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

Abstract. The *aim* of this work was to summarise the results of perennial (2008-2018) research on the effectiveness of the *Intestevit TM* drug presenting a mixture of probiotics and nutritional supplements for correcting transportation stress in ruminants. **Methods.** The condition of ruminant animals being imported into farms in the Amur Oblast were investigated. The condition of animals prior to and following transportation was assessed using 204 indicators. The statistical significance in mean values was estimated using Student's t-test: a difference with the probability of the alternative hypothesis $p < 0.05$ was considered to be reliable. **Results.** Under the influence of long-term transportation, animals experience significant stress, which leads to various psycho-emotional disorders becoming more pronounced over time. Such animals demonstrate a noticeable loss of weight, decreased muscle strength and reduced resistance to diseases. Consequently, livestock enterprises bear financial losses from the lack of calves, dairy and meat products. **Conclusion.** The use of probiotics, such as *Intestevit TM*, can significantly reduce the adverse effects of transportation stress and improve the physiological state of animals.

Keywords: transportation stress, probiotic, heifers, sheep.

For citation: Kukhareno N.S., Fyodorova A.O., Shchelkanov M.Yu. Transportation stress in farm animals and its correction by probiotic treatment. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 87-98. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98

ВВЕДЕНИЕ

Основные меры по обеспечению продовольственной безопасности Российской Федерации, в настоящее время, направлены на достижение устойчивых показателей импортозамещения и выход отечественной продукции сельского хозяйства на внешние рынки [1]. Реализация этой программы в области животноводства на Дальнем Востоке нуждается в быстром совершенствовании поголовья сельскохозяйственных животных путём их завоза из других регионов, а также из-за рубежа [2]. Транспортировка связана с существенным стрессовым воздействием на животных, в результате которого происходит не только расстройство нервно-гуморальной регуляции организма, но и возникает напряжение его мобилизационных резервов [3-6]. Транспортный стресс не только провоцирует возникновение заболеваний органов пищеварения и других систем, но и является предшественником многих болезней. Даже небольшая сила внешнего воздействия способна запустить физиологическое течение стресса. Чаще всего реакция организма животных на действие стресса в первые дни не проходит, а усугубляется адаптационным синдромом к новой среде обитания [3; 5; 7].

Для профилактики транспортного стресса проводят комплекс мероприятий, обеспечивающих физиологическую подготовку организма животных к перевозке и способ-



ствующих адаптации к новым условиям обитания. Одним из элементов таких мероприятий является применение биологически активных и фармакологических средств, обеспечивающих снижение отрицательных последствий транспортного стресса [8-11]. Действующие ветеринарно-санитарные правила перевозки животных, утверждённые ещё в 1986 году [12], в качестве антистрессанта рекомендуется применять аминазин, но он оставляет глубокий негативный след в организме животных и, более того, на сегодняшний день, малодоступен, так как относится к группе нейролептиков из списка Б.

В настоящей статье представлены результаты многолетних исследований эффективности для коррекции транспортного стресса у жвачных животных отечественного препарата, представляющего собой смесь пробиотиков и пищевых добавок, получившего название «Интестевит ТМ». Исследование проводилось в 2008-2018 гг. по поручению Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состав препарата «Интестевит ТМ»: живые лиофилизированные культуры бифидобактерий *Bifidobacterium pseudolongum* subsp. *globosum* (штамм БФ-4 из коллекции ФГБУ «Всероссийского государственного Центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов» (ВГНКИ) Россельхознадзора; не менее 2×10^9 КОЕ/г), молочнокислых энтерококков *Enterococcus faecius* (27-П/ВГНКИ; не менее 2×10^9 КОЕ/г), сенной палочки *Bacillus subtilis* (1-21-ЦМЭИ/ВГНКИ; не менее 10^7 КОЕ/г), а также глюкозу и лактозу. Не содержит вредных примесей в концентрациях, превышающих предельно допустимые нормы. По внешнему виду препарат представляет собой белесый светло-бежевый порошок без твёрдых частиц и посторонних включений, который растворим в воде с образованием гомогенной взвеси. «Интестевит ТМ» добавляли в сухой комбикорм из расчёта 1 кг препарата на тонну комбикорма.

Объектом исследований были жвачные животные, завозимые в хозяйства Амурской области (табл. 1). Состояние животных перед транспортировкой и после неё оценивали с помощью тест-карт, содержащих 204 оценочных показателя. Первый блок (62 показателя) описывал общее состояние животного, второй (95 показателей) и третий (47 показателей) – возможные нарушения обмена веществ и со стороны центральной нервной системы, соответственно [13]. Полученный цифровой материал обрабатывали по методу Стефанова и Кухаренко [14]. Экономическую эффективность рассчитывали по методике, предложенной Никитиным [15].

Таблица 1
Вид и количество жвачных животных, завозимых в хозяйства Амурской области

Table 1

Type and number of ruminants imported into farms in the Amur Oblast

Регион закупки животных Region of purchase	Год и сезон Year and season	Тип транспорта Transport type	Длительность транспортировки, сут. Duration of transportation, days.	Вид животных Animal type	Возраст Age	Кол-во голов Number of animals	Схема применения препарата «Интестевит ТМ» Dosage schedule of the <i>Intestevit TM</i> drug
Белоруссия, Витебская область Republic of	2008, весна 2008,	Железнодорожный Railway	21	Крупный рогатый скот Cattle	Нетели Heifers	100	Не применялся Not applicable



Belarus, Vitebsk region	spring						
Россия, Красноярский край Russia, Krasnoyarsk Krai	2010, весна 2010, spring	Железнодорожный Railway	11	Крупный рогатый скот Cattle	Нетели Heifers	70	Не применялся Not applicable
Россия, Иркутская область Russia, Irkutsk Oblast	2014, весна 2014, spring	Автомобильный Motor	4	Крупный рогатый скот Cattle	Нетели Heifers	100	Не применялся Not applicable
Россия, Иркутская область Russia, Irkutsk Oblast	2014, весна 2014, spring	Автомобильный Motor	4	Крупный рогатый скот Cattle	Нетели Heifers	40	За 10 сут. до перевозки и 7 сут. после перевозки 10 days prior to and 7 days following the transportation
						60	Не применялся Not applicable
Россия, Владимирская область Russia, Vladimir Oblast	2015, лето 2015, summer	Автомобильный Motor	11	Овцы Sheep	2-6 мес. 2-6 months	119	После перевозки в течение 10 сут. Within 10 days after transportation

Значения измеряемых случайных величин представляли в форме:

$$M \pm \sigma,$$

где M – среднее значение, σ – дисперсия, оцениваемые по данной выборке.

Достоверность различия средних значений оценивалась с помощью t-теста Стьюдента: достоверным считалось различие с вероятностью альтернативной гипотезы $p < 0.05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты мониторинга состояния нетелей, завезённых из Иркутской области в одно из хозяйств Амурской области представлены в табл. 2. На вторые сутки после транспортировки животные контрольной группы, получавшие пробиотический препарат, были пассивны, часто ложились, с трудом вставали, имели шаткую и неуверенную походку. У контрольных животных, не получавших пробиотический препарат, наблюдалась жажда, снижение аппетита, а при потреблении корма они длительно и вяло его жевали. У 30,0% нетелей в контрольной группе ярко проявились признаки психоэмоционального расстройства: либо вялость, понижение ответной реакции на раздражения, либо повышенная подвижность, пугливость, расширение зрачков, мышечная дрожь. Эти симптомы полностью отсутствовали у нетелей, получавших «Интестевит ТМ» (табл. 2): они были более спокойными и уравновешенными. На пятнадцатый день после приезда в хозяйство состояние животных опытной группы улучшилось и клинически выраженных признаков уже не наблюдалось, тогда, как некоторые животные в контрольной группе все ещё продолжали восстанавливаться.



Таблица 2

Общее состояние нетелей, завезённых из Иркутской области весной 2014 г. (n = 100)

Table 2

General condition of heifers imported from the Irkutsk Oblast in spring 2014 (n = 100)

Показатели состояния животных Animal health indicators	Перед транспортировкой Before transportation		После транспортировки After transportation			
			2-ые сут. 2 nd day		15-ые сут. 15 th day	
	Кол-во голов Number of animals	%	Кол-во голов Number of animals	%	Кол-во голов Number of animals	%
Контрольная группа (n = 60), не получавшая пробиотический препарат Control group (n = 60), treatment-naive						
Нарушение общего состояния Disorders in the general condition	0	0,0	36	60,0	1	1,7
Нарушения состояния кожи и её производных Disorders in the skin and its derivatives	0	0,0	27	45,0	0	0,0
Нарушения психоэмоционального состояния Psycho-emotional disturbances	0	0,0	18	30,0	2	3,3
Опытная группа (n = 40), получавшая пробиотический препарат Pilot group (n = 40), probiotic treatment						
Нарушение общего состояния Disorders in the general condition	3	5	0	0,0	0	0,0
Нарушения состояния кожи и её производных Disorders in the skin and its derivatives	0	0,0	14	35	0	0,0
Нарушения психоэмоционального состояния Psycho-emotional disturbances	3	5	6	15	0	0,0

Массы животных в контрольной и опытной группах перед транспортировкой были сопоставимы: $572,0 \pm 13,8$ кг vs. $577,0 \pm 14,6$ кг ($p > 0,05$). Контрольная группа статистически достоверно продемонстрировала более значительное (на 17,9%) по сравнению с опытной группой снижение веса после переезда в новое хозяйство ($33,0 \pm 1,8$ кг vs. $28,0 \pm 1,6$ кг, $p < 10^{-5}$) и более низкий (на 8,3%) привес в течение следующего месяца ($27,5 \pm 1,3$ vs. $30,0 \pm 0,5$ кг, $p < 10^{-5}$). Таким образом, у нетелей, получавших пробиотический препарат, увеличение массы тела оказалось на 17 кг больше, чем у контрольных животных ($550,0 \pm 13,2$ кг vs. $577,0 \pm 14,4$ кг, $p < 10^{-4}$), что свидетельствует о более интенсивном процессе восстановления организма животных. В течение 2 месяцев после транспортировки в контрольной группе пали 2 особи (сохранность 96,7%), и был зафиксирован 1 аборт; в опытной группе пала 1 особь (сохранность 97,5%). Сохранность молодняка от животных контрольной и опытной групп составила 89,2% и 95,0%, соответственно (табл. 3).

Сопоставимые значения сохранности завезённого скота были зафиксированы в хозяйствах, в которые скот завозился из других регионов без применения пробиотического препарата (табл. 4). Животных отправляли на вынужденный убой сразу после тяжёлых родов либо в результате развития заболеваний желудочно-кишечного тракта (атония, цирроз печени, диарея), что видимо, обусловлено стрессовым состоянием, возникшим при долгой транспортировке, сменой климата, кормов, воды и условий содержания. Доля экономических потерь в таких хозяйствах составила 1,4-4,8%.



Таблица 3

Сохранность телят, которые рождены от коров, завезённых из Иркутской области весной 2014 г. (см. табл. 1-2) (n = 98*)

Table 3

Preservation of calves born from cows imported from the Irkutsk Oblast in spring, 2014 (see Table 1-2) (n = 98*)

Показатель Indicator		Телята / Calves			
		тёлочки / heifers		бычки / gobies	
		родители из контрольной группы parents of the control group	родители из опытной группы parents of the pilot group	родители из контрольной группы parents of the control group	родители из опытной группы parents of the pilot group
При рождении At birth	Кол-во голов Number of animals	37	20	20	21
	%	100,0	100,0	100,0	100,0
При переводе на доразивание 30 сут. When transferring to nursery, 30 days	Кол-во голов Number of animals	36	20	Продажа с пятидневного возраста Sale at 5-day age	
	%	98,0	100,0		
60 сут. 60 days	Кол-во голов Number of animals	35	19	Продажа с пятидневного возраста Sale at 5-day age	
	%	95,0	95,0		
90 сут. 90 days	Кол-во голов Number of animals	33	19	Продажа с пятидневного возраста Sale at 5-day age	
	%	90,0	95,0		

* Одно из животных опытной группы (см. табл. 2) принесло двух тёлочек, которые обе выжили.

* One of the animals of the pilot group (see Table 2) brought two calves, both survived.

Применение пробиотического препарата позволяет снизить величину экономических потерь – об этом свидетельствуют результаты анализа соответствующих показателей (табл. 5) для хозяйства, в которое завезли нетелей из Иркутской области весной 2014 г. (табл. 1-3). Опытная группа потребовала дополнительных затрат, связанных с применением пробиотического препарата, однако они полностью себя оправдали, поскольку позволили снизить величину экономических потерь на 81,3% по сравнению с контрольной группой.

В таблице 6 представлены результаты мониторинга состояния овец, завезённых из Владимирской области. На фоне проявления ярко выраженной реакции со стороны центральной нервной системы были выявлены начальные признаки проявления лёгочной и желудочно-кишечной патологии, достигшие пиковых значений на 7-ые сутки после транспортировки. Применение пробиотика позволило добиться улучшения ситуации к 15-м суткам содержания на новом месте, но полного восстановления так и не произошло – по-видимому, это связано с тем, препарат не применялся перед транспортировкой животных.



Таблица 4

Экономический ущерб, причинённый последствиями длительной транспортировки нетелей, не получавших пробиотический препарата, в хозяйства Амурской области из других регионов (см. табл. 1)

Table 4

Economic damage caused by the effect of prolonged transportation of treatment-naive heifers to the farms of the Amur Oblast from other regions (see Table 1)

Показатель Indicator	Регион, из которого привезены животные Export region		
	Белоруссия, Витебская область Republic of Belarus, Vitebsk region	Россия, Красноярский край Russia, Krasnoyarsk Krai	Россия, Иркутская область Russia, Irkutsk Oblast
Стоимость 1 головы, руб. One animal cost, rub.	100 000	80 000	100 000
Стоимость всех транспортных затрат на 1 голову, включая страховку, руб. Total transportation costs per animal, insurance included, rub.	20 000	30 000	26 000
Всего завезено, голов Total number of transported animals	100	70	100
Общая стоимость завезённого скота со всеми затратами, руб. Total cost of imported cattle, all costs included, rub.	12 000 000	7 700 000	12 600 000
Вынужденно забито в течение 6 месяцев по приезду, голов Compulsorily slaughtered within 6 months upon arrival, number of animals	6	3	2
Сохранность завезённого скота, % Preservation of imported cattle, %	94,0	95,7	98,0
Общая стоимость вынужденно забитого скота со всеми затратами, руб. Total cost of compulsorily slaughtered livestock, all costs included, rub.	720 000	330 000	252 000
Сумма, вырученная от реализации мяса вынужденно убитого скота, руб. Amount gained from the sale of meat of compulsorily slaughtered cattle, rub.	147 000	137 200	80 000
Сумма ущерба от вынужденного забоя завезённого скота, руб. Amount of damage from the compulsorily slaughtered imported cattle, rub.	573 000	192 800	172 000
Доля экономических потерь, % Share of economic losses, %	4,8	2,5	1,4



Таблица 5

Экономическая эффективность ветеринарных мероприятий при применении пробиотического препарата «Интестевит ТМ» в качестве антистрессанта на примере скота, завезённого из Иркутской области весной 2014 г. (см. табл. 1-3)

Table 5

Economic effectiveness of *Intestevit TM* probiotic treatment as an anti-stress agent by the example of cattle imported from the Irkutsk Oblast in spring, 2014 (see Tables 1-3)

Показатель Indicator	Значение, руб. Value, rub.	
	контрольная группа (n = 60), не получавшая пробиотический препарат Control group (n = 60), treatment-naive	опытная группа (n = 40), получавшая пробиотический препарат Pilot group (n = 40), probiotic treatment
Экономический ущерб от вынужденного убоя Economic damage from compulsorily slaughter	308 880	155 790
Экономический ущерб от снижения продуктивности Economic damage from reduced productivity	1 128 600	107 730
Экономический ущерб от недополучения телят Economic damage caused by the loss of calves	16 245	5 415
Затраты на ветеринарные мероприятия, связанные с применением пробиотического препарата Costs of probiotic treatment	0	3 300
Общий экономический ущерб, включая затраты на ветеринарные мероприятия Total economic damage, including costs of probiotic treatment	1 453 725	272 235

Таблица 6

Признаки клинических изменений состояния овец (n = 119)

Table 6

Clinical signs of change in sheep (n = 119)

Показатель состояния животных Animal Health Indicators	После транспортировки After transportation					
	2-ые сут. / 2 nd day		7-ые сут. / 7 th day		15-ые сут. / 15 th day	
	Кол-во голов Number of animals	%	Кол-во голов Number of animals	%	Кол-во голов Number of animals	%
Опытная группа (n = 119), получавшая «Интестевит ТМ» Pilot group (n = 119), "Intestevit TM" treatment						
Серозные, гнойные истечения из носовой полости и глаз Serous, purulent defluviu of the nasal cavity and eyes	43	36,1	91	76,5	35	29,4
Кашель, тяжелое дыхание, хрипы Cough, heavy breathing, rattling sounds	5	4,2	8	6,7	0	0,0
Диарея Diarrhea	2	1,7	16	13,4	0	0,0



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате транспортного стресса животные заметно теряют в весе, слабеют, у них проявляются нарушения со стороны психоэмоционального состояния, и снижается сопротивляемость к заболеваниям, что приводит к финансовым потерям, которые удаётся существенно снизить с помощью применения пробиотического препарата «Интестевит ТМ».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Канаки В.В., Абазиева К.Г. Продовольственная безопасность как императив обеспечения экономической безопасности России // Экономика и предпринимательство. 2017. N 12-2(89). С. 154-158.
2. Киселев Е.П., Вдовенко А.В., Ким Л.В., Назарова А.А. Базовые основы формирования продовольственной безопасности Дальневосточного федерального округа // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. N 1. С. 110-117.
3. Ковальчикова М., Ковальчик К. Адаптация и стресс при содержании и разведении сельскохозяйственных животных. Москва: Колос, 1978. 271 с.
4. Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Адушева Н.О. Проявление стресс-реакции у крупного рогатого скота на длительную транспортировку // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке. Сборник научных трудов ДальГАУ. 2015. Т. 22. С. 91-93.
5. Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Чхенкели В.А., Анисимова В.А., Романова Е.Д. Динамика массы нетелей при длительной перевозке // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. N 2 (34). С. 49-51.
6. Плященко С.И., Сидоров В.Т. Воздействие стрессовых факторов на здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных. Минск: БелНИИТИ, 1981. 42 с.
7. Фёдорова А.О., Кухаренко Н.С. Психоэмоциональное состояние овец после длительной транспортировки // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. N 1 (37). С. 59-63.
8. Киреев И.В., Оробец В.А. Применение антиоксидантных и антистрессовых препаратов для профилактики технологического стресса у овец // Международный вестник ветеринарии. 2017. N 4. С. 49-53.
9. Ласков А.А., Зиновьева С.А. Профилактика транспортного стресса // Коневодство и конный спорт. 1984. N 6. С. 30-31.
10. Леорда А.И., Тимошко М.А. Профилактика дисфункции пищеварительного тракта телят при транспортном стрессе // Главный зоотехник. 2008. N 7. С. 50-52.
11. Семёнов В.Г., Кузнецов А.Ф., Алтынова Н.В., Никитин Д.А., Волков А.В. Биопрепараты в профилактике транспортного стресса импортируемых нетелей // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. N 4. С. 156-158.
12. Ветеринарно-санитарные правила перевозки животных, птицы, рыбы, продуктов и сырья животного происхождения автомобильным транспортом. Утверждены начальником главного управления ветеринарии Госагропрома СССР 30.01.1986 N432-5. URL: <https://legalacts.ru/doc/veterinarno-sanitarnye-pravila-perevozki-zhivotnykh-ptitsy-rybu-produktov/> (дата обращения: 10.12.2018)
13. Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О. Особенности оценки клинического статуса животных при подготовке к длительной транспортировке // Вестник Красноярского аграрного университета. 2015. Вып. 12. С. 231-236.



14. Стефанов С.Б., Кухаренко Н.С. Ускоренный способ количественного сравнения морфологических признаков. Научно-методические рекомендации. Благовещенск: Амурполиграфиздат, 1989. 28 с.
15. Никитин И.Н. Организация и экономика ветеринарного дела. Санкт-Петербург: Лань, 2014. 368 с.

REFERENCES

1. Kanaki V.V., Abazieva K.G. Food security as an imperative to ensure economic security in Russia. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Journal of Economy and Entrepreneurship]. 2017, no. 12-2(89), pp. 154-158. (In Russian)
2. Kiselev E.P., Vdovenko A.V., Kim L.V., Nazarova A.A. Basic foundations of food security in the Far Eastern Federal district. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin]. 2018, no. 1(45), pp. 110-117. (In Russian)
3. Kovalchikova M., Kovalchik K. *Adaptatsiya i stress pri sodержanii i razvedenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* [Adaptation and stress in keeping and breeding farm animals]. Moscow, Kolos Publ., 1978, 271 p. (In Russian)
4. Kukharenko N.S., Fyodorova A.O., Adusheva N.O. [Manifestation of stress reaction in cattle for long-term transportation]. In: *Problemy zootehnii, veterinarii i biologii zhivotnykh na Dal'нем Vostoke. Sbornik nauchnykh trudov Dal'GAU* [Problems of zootechnique, veterinary medicine and animal biology in the Far East. Collection of proceedings of Far Eastern State Agrarian University]. 2015, vol. 22, pp. 91-93. (In Russian)
5. Kukharenko N.S., Fyodorova A.O., Chkhenkeli V.A., Anisimova V.A., Romanova E.D. The dynamics of the heifers weight during a long-term transportation. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin]. 2015, no. 2(34), pp. 49-51. (In Russian)
6. Plyashchenko S.I., Sidorov V.T. *Vozdeistvie stressovykh faktorov na zdorov'e i produktivnost' sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* [Impact of stress factors on the health and productivity of farm animals]. Minsk, Belarussian Scientific Research Institute of Scientific-Technical Information Publ., 1981, 42 p. (In Russian)
7. Fyodorova A.O., Kukharenko N.S. Psichoemotional state of sheep after the protracted transporting. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin]. 2016, no. 1 (37), pp. 59-63. (In Russian)
8. Kireev I., Orobets V. Application of antioxidant and antistress preparations for prophylaxis of technological stress in sheep. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine]. 2017, no. 4, pp. 49-53. (In Russian)
9. Laskov A.A., Zinovieva S.A. Prophylaxis of transport stress. *Konevodstvo i konnyy sport* [Horse Breeding and Equestrian Sport]. 1984, no. 6, pp. 30-31. (In Russian)
10. Leorda A.I., Timoshko M.A. Prophylaxis of dysfunction of the digestive tract of calves under transport stress. *Glavnyi zootekhnik* [Chief Livestock Technician]. 2008, no. 7, pp. 50-52. (In Russian)
11. Semenov V.G., Kuznetsov A.F., Altynova N.V., Nikitin D.A., Volkov A.V. Biological preparation in prevention of the transport stress of the imported heifers. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii* [Problems of statutory-legal regulation in veterinary medicine]. 2018, no. 4, pp. 156-158. (In Russian)
12. *Veterinarno-sanitarnye pravila perevozki zhivotnykh, ptitsy, ryby, produktov i syr'ya zhivotnogo proiskhozhdenii avtomobil'nyim transportom. Utverzhdeny nachal'nikom glavnogo upravleniya veterinarii Gosagroproma SSSR 30.01.1986 N432-5* [Veterinary and sanitary rules of transportation of animals, poultry, fish, products and raw materials of animal origin by road. Approved by the head of the main veterinary Department of the USSR State Agrarian Industry 30.01.1986 N432-



5]. Available at: <https://legalacts.ru/doc/veterinarno-sanitarnye-pravila-perevozki-zhivotnykh-ptitsy-ryby-produktov/> (accessed 10.12.2018)

13. Kukharenko N.S., Fyodorova A.O. Features of the assessment of the clinical status of animals by preparation for long transportation. *Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of KrasGAU]. 2015, iss. 12, pp. 231-236. (In Russian)

14. Stepanov S.B., Kukharenko N.S. *Uskorenniy sposob kolichestvennogo sravneniya morfologicheskikh priznakov. Nauchno-metodicheskie rekomendatsii* [An accelerated method of quantitative comparison of morphological features. Scientific and methodological recommendations]. Blagoveshchensk, Amurpoligrafizdat Publ., 1989, 28 p. (In Russian)

15. Nikitin I.N. *Organizatsiya i ekonomika veterinarnogo dela* [Organization and Economics of veterinary business]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2014, 368 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Наталья С. Кухаренко, доктор ветеринарных наук, профессор; профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Дальневосточного государственного аграрного университета, Россия, г. Благовещенск-на-Амуре.

Анастасия О. Фёдорова, кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Дальневосточного государственного аграрного университета; Россия, г. Благовещенск-на-Амуре.

Михаил Ю. Щелканов*, доктор биологических наук, доцент; заведующий лабораторией экологии микроорганизмов Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета; 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 8; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН; 690022, Россия, г. Владивосток, пр-т 100-летия Владивостоку, д. 159/1; ведущий научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих ННЦ морской биологии ДВО РАН; 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Пальчевского, д. 17; тел.: 8-924-529-7109; e-mail: adorob@mail.ru. orcid.org/0000-0001-8610-7623

Критерии авторства

Наталья С. Кухаренко – общее руководство процессом научного исследования, разра-

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Natalia S. Kukharenko, Dr. Sci. (Vet.), Prof., Department of Pathology, Morphology and Physiology, Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnology, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia.

Anastasia O. Fyodorova, Cand. Sci. (Biol.), Ass. Prof., Department of Pathology, Morphology and Physiology, Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnology, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia.

Mikhail Yu. Shchelkanov*, Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Ecology of Microorganisms, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; 690091, Russia, Vladivostok, Sukhanova str., 8; Head of the Laboratory of Virology, Federal Scientific Centre of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 690022, Russia, Vladivostok, Pr-t 100-let Vladivostoka, 159; Lead. Researcher in the Laboratory of Marine Mammals, NSC of Marine Biology of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 690041, Russia, Vladivostok, Palchevskogo str., 17; tel.: 8-924-529-7109; e-mail: adorob@mail.ru. orcid.org/0000-0001-8610-7623

Contribution

Natalia S. Kukharenko performed the general management of the scientific research and de-



ботка методологии научного исследования, написание статьи. Анастасия О. Фёдорова – заполнение тест-карт, анализ полученных результатов, написание статьи. Михаил Ю. Щелканов – анализ полученных результатов, статистическая обработка полученных результатов, написание статьи. Авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 04.03.2019

Принята в печать 01.04.2019

veloped the research methodology. Anastasia O. Fyodorova compiled test cards and performed the analysis of the results. Mikhail Yu. Schelkanov performed statistical processing and the analysis of the results. All the authors contributed to writing the manuscript. The authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 04.03.2019

Accepted for publication 01.04.2019



Оригинальная статья / Original article
УДК 504.6:63504.6:556.18
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-99-119

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

¹Николай Н. Новиков, ¹Николай Т. Сорокин, ¹Николай Н. Грачев*,
¹Иван С. Машков, ¹Маргарита Э. Денисова, ¹Василий С. Никитин,
¹Мария М. Варфоломеева, ²Владимир Ф. Евтюхин
¹Институт технического обеспечения сельского хозяйства –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
Рязань, Россия, vnims@rambler.ru
²ООО «Экопромпроект», Рязань, Россия

Резюме. Цель – оценка экологической опасности и охраны труда для осуществления наиболее эффективных способов защиты работников и окружающей среды от воздействия опасных и вредных факторов при использовании средств химизации в сельском хозяйстве. **Методы:** монографический, абстрактно-логический, математического и лингвистического моделирования, расчетно-конструктивный, теории вероятностей, экспертных оценок и др. **Результаты.** Разработана модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в сельском хозяйстве, включающая девять блоков оценки: 1) загрязнения почв пестицидами, агрохимикатами и тяжелыми металлами; 2) баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающего охрану окружающей среды; 3) нагрузки скота на пастбищные угодья; 4) соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов; 5) опасности отходов и побочных продуктов; 6) производства экологически безопасной продукции; 7) условий труда на рабочем месте; 8) уровня инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции; 9) уровня экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения. **Заключение.** Модель проверена в условиях работы ООО «Малинищи» Пронского района Рязанской области в ручном режиме и может быть основой для реализации информационно-компьютерной технологии оценки.

Ключевые слова: экологические и профессиональные риски, сельское хозяйство, модель комплексной оценки, органическое земледелие, совершенствование управления экологической безопасностью и охраной труда.

Формат цитирования: Новиков Н.Н., Сорокин Н.Т., Грачев Н.Н., Машков И.С., Денисова М.Э., Никитин В.С., Варфоломеева М.М., Евтюхин В.Ф. Модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в сельском хозяйстве в условиях развития органического земледелия // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.99-119. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-99-119



ENVIRONMENTAL HAZARDS AND LABOUR PROTECTION IN AGRICULTURE WITH THE ORGANIC FARMING DEVELOPMENT: A MODEL OF INTEGRATED ASSESSMENT

¹Nikolai N. Novikov, ¹Nikolai T. Sorokin, ¹Nikolai N. Grachev*,
¹Ivan S. Mashkov, ¹Margarita E. Denisova, ¹Vasiliy S. Nikitin,
¹Maria M. Varfolomeeva, ²Vladimir F. Evtyukhin

¹Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific
Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia, vnims@rambler.ru

²Ecopromproject, Ryazan, Russia

Abstract. The *aim* of the research is the assessment of environmental hazards and occupational safety to implement the most effective ways to protect workers, the environment from the effects of hazardous and harmful factors when using chemicals in agriculture. **Research methods:** monographic, abstract-logical, mathematical and logical-linguistic modeling, computational-constructive, probability theory, expert estimates, etc. **Results:** a model of integrated assessment of environmental hazards and labor protection in agriculture, including nine assessment blocks: 1) soil contamination by pesticides, agrochemicals and heavy metals; 2) the balance of nitrogen, phosphorus and potassium, ensuring environmental protection; 3) the load of livestock on pastures; 4) the ratio of stabilizing and destabilizing factors; 5) the risk of waste and by-products; 6) the production of environmentally safe products; 7) working conditions in the workplace; 8) the level of investment in labor protection, environment and environmentally safe products; 9) the level of environmental culture and culture of labor protection of workers and the population. **Conclusion:** the Model is tested in the working conditions of LLC "Malinichi" of the Pronsky district of the Ryazan region in manual mode and can be the basis for the implementation of information and computer technology assessment.

Keywords: environmental and occupational risks, agriculture, integrated assessment model, organic farming, improvement of environmental safety and labor protection management.

For citation: Novikov N.N., Sorokin N.T., Grachev N.N., Mashkov I.S., Denisova M.E., Nikitin V.S., Varfolomeeva M.M., Evtyukhin V.F. Environmental hazards and labour protection in agriculture with the organic farming development: a model of integrated assessment. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 99-119. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-99-119

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение природных ресурсов аграрным производством, промышленными, строительными и другими предприятиями ведет к профессиональным заболеваниям работников, снижению плодородия почв и их продуктивности, ухудшению качества воды, атмосферы, что снижает качество сельскохозяйственной продукции. Экологические проблемы сегодня являются одними из наиболее важных и глобальных. В указе Президента РФ №204 от 07.05.2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» поручается Правительству РФ разработать до 01.10.2018 года национальные проекты (программы) в числе которых экология и здравоохранение.

Статистические данные о загрязнении почв пестицидами свидетельствуют о том, что допустимая концентрация пестицидов превышена на 90% площадей Волгоградской и Иркутской областей, на 64% площадей Краснодарского края, на 15% площадей Цен-



трально-Черноземного района и в Новосибирской области: в отдельных зонах превышение составляет от 20 до 192 ПДК.

Эти загрязнения, поступая по трофическим цепям в организм человека, ведут к профессиональным заболеваниям работников и наносят немалый ущерб здоровью. Например, если в 1959 г. на душу населения в СССР приходилось 5 кг химических продуктов, применяемых в сельском хозяйстве, то детей с генетическими отклонениями родилось 0,74% от общего числа. В 1983 г. масса химических препаратов, поступающих на сельскохозяйственные угодья страны, возросла до 25 кг на душу населения, и число детей, родившихся с генетическими нарушениями, возросло до 16,5% [1].

Ухудшающаяся экологическая ситуация и рост профессиональных заболеваний работников сельского хозяйства, связанные с использованием средств химизации, требуют углубленного исследования данных проблем. Поэтому вопросы оценки экологической опасности и охраны труда с разработкой мероприятий по их снижению являются весьма актуальными.

Ученые Института технического обеспечения сельского хозяйства (ИТОСХ) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработали методику комплексной оценки показателей экологической опасности и охраны труда в условиях развития органического земледелия [2; 3].

Комплексная оценка показателей экологической опасности и охраны труда является весьма трудоемкой процедурой и поэтому требует разработки соответствующих моделей с дальнейшей реализацией их с помощью информационно-компьютерных технологий.

Обоснование методов моделирования данной задачи выполнено в работе [4].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общая характеристика модели

Модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда разработана для создания информационно-компьютерной технологии и состоит из 9 блоков:

1. Оценки загрязнения почв пестицидами, агрохимикатами и тяжелыми металлами;
2. Оценки баланса азота, фосфора и калия обеспечивающего охрану окружающей среды;
3. Оценки нагрузки скота на пастбищные угодья;
4. Оценки соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов;
5. Оценки опасности отходов и побочных продуктов;
6. Оценки производства экологически безопасной продукции;
7. Оценки условий труда на рабочем месте;
8. Оценки уровня инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции;
9. Оценки экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения.

В данной модели используются комплекс задач «Специальная оценка условий труда», разработанного УФНПР НИИ «Охрана труда» (г. Иваново), в части результатов специальной оценки условий труда для целей разрабатываемого комплекса, а также математические модели задач по расчету баланса азота, фосфора и калия, разработанного учеными ФГБНУ ВНИМС [5; 6].

Разработка модели начинается с подготовки перечней и идентификаторов входной (табл. 1-10) и выходной информации (табл. 11-16).



Таблица 1

Перечень пестицидов и их идентификаторы по видам продукции и почве
(фрагмент полного перечня)

Table 1

List of pesticides and their identifiers by product and soil (fragment of the full list)

Наименование пестицидов Pesticide	Идентификаторы фактического / нормативного*) содержания пестицидов в продукции и почве Identifiers of actual / normative *) content of pesticides in products and soil							
	Мясная Meat	Рыбная Fish	Мо- лочная Dairy	Зерно Grain	Овощи Vegetables	Фрук- ты Fruits	Соки Juices	Почва Soil
Абамектин (инсектицид, акарицид) Abamectin (insecticide, acaricide)	П ₁ м/ П ₁ мн	-/-	П ₁ мп/ П ₁ мпн	-/-	П ₁ ов/ П ₁ овн	П ₁ ф/ П ₁ фн	-/-	П ₁ / П ₁ н
Бенсултап (инсектицид) Bensultap (insecticide)	П ₄ м/ П ₄ мн	-/-	-/-	П ₄ зх/ П ₄ зхн	П ₄ ов/ П ₄ овн	-/-	-/-	П ₄ / П ₄ н
Малатион (инсектицид, акарицид) Malathion (insecticide, acaricide)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	П ₇ со/ П ₇ со н	-/-
Циперметрин (включая альфа-, бета- и зета-) (инсектицид) Cypermethrin (including alpha-, beta- and zeta-) (insecticide)	-/-	П ₈ р/ П ₈ рн	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-

*) Нормативы содержания пестицидов в продукции и почве взяты из гигиенических нормативов [7-9].

*) Standards of pesticide content in products and soil are taken from hygienic standards [7-9].

Таблица 2

Перечень тяжелых металлов и их идентификаторы по видам продукции
и почве (фрагмент полного перечня)

Table 2

List of heavy metals and their identifiers by product and soil (fragment of the full list)

Наименование тяжелых металлов Heavy metal	Идентификаторы фактического / нормативного*) содержания тяжелых металлов в продукции и почве Identifiers of actual / normative*) content of heavy metals in products and soil							
	Мяс- ная Meat	Рыбная Fish	Мо- лочная Dairy	Зерно Grain	Овощи Vegeta- bles	Фрукты Fruits	Соки Juices	Почва Soil
Ртуть Mercury	Т ₁ м/ Т ₁ мн	Т ₁ р/ Т ₁ рн	Т ₁ мп/ Т ₁ мпн	Т ₁ хз/ Т ₁ хзн	Т ₁ ов/ Т ₁ овн	Т ₁ ф/ Т ₁ фн	Т ₁ сн/ Т ₁ снн	М ₁ / М ₁ н
Кадмий Cadmium	Т ₂ м/ Т ₂ мн	Т ₂ р/ Т ₂ рн	Т ₂ мп/ Т ₂ мпн	Т ₂ хз/ Т ₂ хзн	Т ₂ ов/ Т ₂ овн	Т ₂ ф/ Т ₂ фн	Т ₂ сн/ Т ₂ снн	М ₂ / М ₂ н
Свинец Lead	Т ₃ м/ Т ₃ мн	Т ₃ р/ Т ₃ рн	Т ₃ мп/ Т ₃ мпн	Т ₃ хз/ Т ₃ хзн	Т ₃ ов/ Т ₃ овн	Т ₃ ф/ Т ₃ фн	Т ₃ сн/ Т ₃ снн	М ₃ / М ₃ н
Мышьак Arsenic	Т ₄ м/ Т ₄ мн	Т ₄ р/ Т ₄ рн	Т ₄ мп/ Т ₄ мпн	Т ₄ хз/ Т ₄ хзн	Т ₄ ов/ Т ₄ овн	Т ₄ ф/ Т ₄ фн	Т ₄ сн/ Т ₄ снн	М ₄ / М ₄ н



**) Нормативы содержания тяжелых металлов в продукции и почве взяты из гигиенических нормативов [10].*

**) Standards of heavy metals content in products and soil are taken from hygienic standards [10].*

Таблица 3

Перечень и идентификаторы информации по балансу азота, фосфора, калия

Table 3

List and identifiers of information on the balance of nitrogen, phosphorus, potassium

Номер поля и культура Field number and culture	Плано-вая урожай-ность Planned yield	Предше-ственный Predeces- sor	Доза внесения органиче-ских удобрений Dose of organic fertilizers	Результаты агрохимического обследования Results of agrochemical analysis		
				Азот Nitro- gen	Фосфор Phospho- rus	Калий Potas- sium
№ 1 – пшеница озимая No. 1– winter wheat	Уп	Пр ₁	Д ₁ орг	А ₁	Ф ₁	К ₁
№ 2 – ячмень яровой No. 2 – spring barley	Уя	Пр ₂	Д ₂ орг	А ₂	Ф ₂	К ₂
№ 3 – кукуруза на зелень No. 3 – green maize	Ук	Пр ₃	Д ₃ орг	А ₃	Ф ₃	К ₃
№ 4 – рожь озимая No. 4 – winter rye	Ур	Пр ₄	Д ₄ орг	А ₄	Ф ₄	К ₄
№ 5 – овес No. 5 – oats	Уо	Пр ₅	Д ₅ орг	А ₅	Ф ₅	К ₅
№ n No. n	Уn	Прn	Дnорг	Аn	Фn	Кn

Таблица 4

Перечень и идентификаторы информации по переводу скота в условные головы

Table 4

List and identifiers of information on converting livestock numbers into livestock units

Показатели Indicators	Идентификаторы / Identifiers	
	Группы животных Animal group	Коэффициент перевода в условные головы Conversion factor for livestock units
Крупный рогатый скот: / Cattle:		
Коровы / Cows	Ко	ККо
Быки – производители / Sires	Бп	КБп
Нетели / Heifers	Не	КНе
Молодняк 1-2 лет Young cattle, 1-2 years of age	М ₁	КМ ₁
Молодняк 6-12 месяцев Young cattle, 6-12 months of age	М ₂	КМ ₂
Молодняк до 6 месяцев Young cattle, up to 6 months of age	М ₃	КМ ₃
Свиньи / Pigs:		
Свиноматки основные / Main sows	Св	КСв
Хряки – производители / Stud boars	Хр	КХр
Свиноматки проверяемые / Sows under check	Свп	КСвп



Ремонтный молодняк / Replacement pigs	Рм	КРм
Поросята до 2 месяцев Piglets, up to 2 months of age	По	КПо
Подсвинки на откорме 2-8 мес. Gilts being fattened, 2-8 months of age	П ₁	КП ₁
Подсвинки на откорме 2-11 мес. Gilts being fattened, 2-11 months of age	П ₂	КП ₂
Овцы / Sheep:		
Овцематки / Ewes	Ов	КОВ
Бараны-производители / Rams	Бпр	КБпр
Валухи / Wethers	Ва	КВа
Молодняк 1-2 лет Yearlings, 1-2 years of age	Мо	КМо
Молодняк до года Lambs, up to a year of age	Мол	КМол
Лошади / Horses:		
Взрослые / Adults	Вз	КВз
Молодняк 2-3 лет Young horses, 2-3 years of age	Мк	КМк
Молодняк 1-2 лет Yearlings, 1-2 years of age	Мк ₁	КМк ₁
Молодняк до 1 года Foals, up to a year of age	Мко	КМко

Таблица 5
Перечень и идентификаторы информации по расчету нагрузки скота на пастбище
Table 5
List and identifiers of information on the calculation of grazing pressure on a pasture

Показатели / Indicators	Идентификаторы / Identifiers
Площадь пастбищ / Pasture area	Ппас
Урожай зеленой массы с 1 га пастбища за летний период Fresh yield per 1 ha of pasture over the summer period	У
Потребность пастбищного корма на 1 условную голову в сутки Pasture forage for 1 livestock unit per day	К
Продолжительность использования пастбища Duration of pasture use	Д
Коэффициент страхового фонда площади пастбища Coefficient of pasture reserve area	Ксф
Критериальный балл нагрузки: Level of grazing pressure:	
Нормальная / Normal	Бнор
Повышенная / Increased	Бпов
Высокая / High	Бвыс



Таблица 6

Перечень и идентификаторы информации по расчету соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов

Table 6

List and identifiers of information on the calculation of the ratio between stabilizing and destabilizing factors

Показатели Indicators	Стабилизирующие факторы Stabilizing factors					Дестабилизирующие факторы Destabilizing factors				
	Сенокосы Hayfield	Пастбища Pastures		Сенокосы Hayfield	Пастбища Pastures	Сенокосы Hayfield	Пастбища Pastures		Сенокосы Hayfield	
Идентификаторы Identifiers	Сен	Пас	Идентификаторы Identifiers	Сен	Пас	Идентификаторы Identifiers	Сен	Пас	Идентификаторы Identifiers	Сен

Таблица 7

Перечень и идентификаторы показателей соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов

Table 7

List and identifiers of indicators of the ratio between stabilizing and destabilizing factors

Показатели Indicators	Идентификаторы / Identifiers	
	Показатели соотношения Ratio indicators	Значение показателей соотношения Value of ratio indicators
Оптимальное Optimal	Опт	Оптимальное Optimal
Слегка дестабилизирующее Slightly destabilizing.	СД	Слегка дестабилизирующее Slightly destabilizing.
Дестабилизирующее Destabilizing	Дес	Дестабилизирующее Destabilizing
Сильно дестабилизирующее Highly destabilizing	Сдес	Сильно дестабилизирующее Highly destabilizing

Таблица 8

Перечень и идентификаторы классов опасности отходов

Table 8

List of identifiers for classes of hazardous waste

Показатели Indicators	Класс опасности *) отходов Class of waste hazard *)				
	I	II	III	IV	V
Идентификаторы Identifiers	K _o ¹	K _o ²	K _o ³	K _o ⁴	K _o ⁵

*) Определяется в соответствии с «Критериями отнесения отходов к I–V классам по степени негативного воздействия на окружающую среду», Приказ Минтруда России от 4.12.2014 г. № 536.



**Determined in accordance with the "Criteria for classifying waste as I – V classes according to the degree of their negative environmental impact", Order of the RF Ministry of Labour No. 536 passed December 4, 2014.*

Таблица 9

Перечень и идентификаторы информации по уровню инвестиций в охрану труда (ОТ), окружающей среды (ОС), экологически безопасную продукцию (ЭБП)

Table 9

List and identifiers of information on the level of investments in the labour protection (LP), environment protection (EP) and environmentally safe products (ESP)

Наименование показателя Indicator	Идентификаторы Identifiers
Объем производства валовой продукции Volume of gross output	Опвп
Расходы на ОТ, ОС, ЭБП Investment in LP, EP and ESP	Роот
Нормативный уровень инвестиций в ОТ, ОС, ЭБП: Normative level of investments in LP, EP, ESP:	
Низкий / Low	Унин
Средний / Average	Унис
Высокий / High	Унив

Таблица 10

Перечень и идентификаторы информации по уровню экологической культуры работников и населения

Table 10

List and identifiers of information on the level of environmental culture of workers and population

Показатели Indicators	Идентификаторы уровней Identifiers of level		
	Высокий High	Средний Average	Низкий Low
Направленность на безопасное взаимодействие человека со средой обитания Focus on safe interaction between the man and the environment	НБв	НБс	НБн
Наличие комплекса знаний обеспечения экологической безопасности A set of knowledge ensuring environmental safety	НКЗв	НКЗс	НКЗн
Умение прогнозировать деятельность и ее результаты с позиций экологической безопасности Ability to predict activities and their results from the standpoint of environmental safety	УПв	УПс	УПн
Способность к видению экологических проблем Ability to identify environmental problems	СВв	СВс	СВн

Входная информация по определению условий труда готовится в соответствии с комплексом задач «Специальная оценка условий труда» по факторам производственной среды и трудового процесса (химические, биологические, физические).



Выходная информация
Output information

Таблица 11

**Показатели и идентификаторы уровня загрязнения почв
пестицидами и тяжелыми металлами**

Table 11

Indicators and identifiers of soil contamination by pesticides and heavy metals

Показатели Indicators	Соответствует ДОК, ПДК Corresponds to permissible residual amount and threshold limit value	Превышает ДОК, ПДК до 2-х раз Exceeds permissible residual amount and threshold limit value by up to 2 times	Превышает ДОК, ПДК от 2-х до 5-ти раз и более Exceeds the permissible residual amount and threshold limit value by 2-5 times or more
Пестициды / Pesticides:			
Абамектин (инсектицид, акарицид) Abamectin (insecticide, acaricide)	П _{1с}	П _{1п}	П _{1п1}
Аверсектин С (инсектицид, акарицид) Aversectin C (insecticide, acaricide)	П _{2с}	П _{2п}	П _{2п2}
Циперметрин (включая альфа-, бета- и зета-) (инсектицид) Cypermethrin (including alpha- beta- and zeta-) (insecticide)	П _{8с}	П _{8п}	П _{8п8}
Тяжелые металлы / Heavy metal:			
Ртуть / Mercury	М _{1с}	М _{1п}	М _{1п1}
Кадмий / Cadmium	М _{2с}	М _{2п}	М _{2п2}
Свинец / Lead	М _{3с}	М _{3п}	М _{3п3}
Мышьяк / Arsenic	М _{4с}	М _{4п}	М _{4п4}
Молибден / Molybdenum	М _{17с}	М _{17п}	М _{17п17}

Таблица 12

**Показатели и идентификаторы уровня загрязнения продукции
пестицидами и тяжелыми металлами**

Table 12

**Indicators and identifiers of the level of pesticide and heavy metals contamination
of products**

Показатели Indicators	Идентификаторы в мясной, рыбной, молочной, зерновой продукции, в овощах, фруктах, соках соответственно Identifiers in meat, fish, dairy, grain, vegetables, fruits, juices, respectively			
	Отсутствует Absent	Соответствует ПДК и ДОК Corresponds to threshold limit value and permissible residual amount	Превышает ПДК и ДОК до 10% Exceeds threshold limit value and permissible residual amount up to 10%	Превышает ПДК и ДОК более 10% Exceeds threshold limit value and permissible residual amount, more than 10%
1	2	3	4	5
Пестициды / Pesticides:				
1. Абамектин (инсектицид, акарицид) 1. Abamectin (insecticide, acaricide)	П _{1ом} , П _{1ор} , П _{1омп} , П _{1озх} , П _{1оов} , П _{1оф} , П _{1осо}	П _{1см} , П _{1ср} , П _{1смп} , П _{1сзх} , П _{1сов} , П _{1сф} , П _{1ссо}	П _{1пм} , П _{1пр} , П _{1пмп} , П _{1пзх} , П _{1пов} , П _{1пф} , П _{1псо}	П _{1п1м} , П _{1п1р} , П _{1п1мп} , П _{1п1зх} , П _{1п1ов} , П _{1п1ф} , П _{1п1со}
2. Аверсектин С (инсектицид, акарицид) 2. Aversectin C (insecticide, acaricide)	П _{2ом} , П _{2ор} , П _{2омп} , П _{2озх} , П _{2оов} , П _{2оф} , П _{2осо}	П _{2см} , П _{2ср} , П _{2смп} , П _{2сзх} , П _{2сов} , П _{2сф} , П _{2ссо}	П _{2пм} , П _{2пр} , П _{2пмп} , П _{2пзх} , П _{2пов} , П _{2пф} , П _{2псо}	П _{2п2м} , П _{2п2р} , П _{2п2мп} , П _{2п2зх} , П _{2п2ов} , П _{2п2ф} , П _{2п2со}



Тяжелые металлы / Heavy metal:				
Ртуть / Mercury	M ₁ ом, M ₁ ор, M ₁ омп, M ₁ охз, M ₁ оов, M ₁ оф, M ₁ осн	M ₁ см, M ₁ ср, M ₁ смп, M ₁ схз, M ₁ сов, M ₁ сф, M ₁ сн	M ₁ пм, M ₁ пр, M ₁ пмп, M ₁ пхз, M ₁ пов, M ₁ пф, M ₁ псн	M ₁ п ₁ м, M ₁ п ₁ р, M ₁ п ₁ мп, M ₁ п ₁ хз, M ₁ п ₁ ов, M ₁ п ₁ ф, M ₁ п ₁ сн
Кадмий / Cadmium	M ₂ ом, M ₂ ор, M ₂ омп, M ₂ охз, M ₂ оов, M ₂ оф, M ₂ осн	M ₂ см, M ₂ ср, M ₂ смп, M ₂ схз, M ₂ сов, M ₂ сф, M ₂ сн	M ₂ пм, M ₂ пр, M ₂ пмп, M ₂ пхз, M ₂ пов, M ₂ пф, M ₂ псн	M ₂ п ₁ м, M ₂ п ₁ р, M ₂ п ₁ мп, M ₂ п ₁ хз, M ₂ п ₁ ов, M ₂ п ₁ ф, M ₂ п ₁ сн
Свинец / Lead	M ₃ ом, M ₃ ор, M ₃ омп, M ₃ охз, M ₃ оов, M ₃ оф, M ₃ осн	M ₃ см, M ₃ ср, M ₃ смп, M ₃ схз, M ₃ сов, M ₃ сф, M ₃ сн	M ₃ пм, M ₃ пр, M ₃ пмп, M ₃ пхз, M ₃ пов, M ₃ пф, M ₃ псн	M ₃ п ₁ м, M ₃ п ₁ р, M ₃ п ₁ мп, M ₃ п ₁ хз, M ₃ п ₁ ов, M ₃ п ₁ ф, M ₃ п ₁ сн
Молибден / Molybdenum	M ₁₇ ом, M ₁₇ ор, M ₁₇ омп, M ₁₇ охз, M ₁₇ оов, M ₁₇ оф, M ₁₇ осн	M ₁₇ см, M ₁₇ ср, M ₁₇ смп, M ₁₇ схз, M ₁₇ сов, M ₁₇ сф, M ₁₇ сн	M ₁₇ пм, M ₁₇ пр, M ₁₇ пмп, M ₁₇ пхз, M ₁₇ пов, M ₁₇ пф, M ₁₇ псн	M ₁₇ п ₁ м, M ₁₇ п ₁ р, M ₁₇ п ₁ мп, M ₁₇ п ₁ хз, M ₁₇ п ₁ ов, M ₁₇ п ₁ ф, M ₁₇ п ₁ сн

Таблица 13

Показатели и идентификаторы баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающие охрану окружающей среды

Table 13

Indicators and identifiers of the balance of nitrogen, phosphorus and potassium ensuring protection of the environment

Показатели Indicators	Азот Nitrogen	Фосфор Phosphorus	Калий Potassium
Соответствует потребности под запланированный урожай Meets the needs for the planned yield	Асп	Фсп	Ксп
Превышает потребность под запланированный урожай Exceeds the need for the planned yield	Апп	Фпп	Кпп

Таблица 14

Показатели и идентификаторы опасных отходов и побочных продуктов

Table 14

Indicators and identifiers of hazardous wastes and by-products

Показатели Indicators	Экологическая система не нарушена Ecosystem is intact	Экологическая система нарушена, период восстановления не менее 3 лет Ecosystem is upset, recovery period is not less than 3 years	Экологическая система нарушена, период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника Ecosystem is upset, at least a 10-year recovery period following the decrease in the influence of the existing source is required	Экологическая система сильно нарушена, период восстановления не менее 30 лет после полного устранения вредного источника воздействия Ecosystem is severely damaged, at least a 30-year recovery period following a complete elimination of the hazardous source is required	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует Ecosystem is irreversibly damaged. There is no recovery period
Идентификаторы Identifiers	Эспс	Эсн3	Эсн10	Эссн	Эснн



Таблица 15

Показатели и идентификаторы условий труда на рабочем месте

Table 15

Indicators and identifiers of working conditions in the workplace

Показатели Indicators	Классы / Classes						
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Идентификаторы Identifiers	K1	K2	K3.1	K3.2	K3.3	K3.4	K4

Показатели и идентификаторы уровня нагрузки скота на пастбищные угодья: нормальный – Ун; повышенный – Уп; высокий – Ув.

Показатели и идентификаторы соотношения дестабилизирующих и стабилизирующих факторов: не более 1.0 – оптимальное – Со; свыше 1.0-1.5 – слегка дестабилизирующее – Сслд; свыше 1.5 - 2.0 – дестабилизирующее – Сд; свыше 2.0 – сильно дестабилизирующее – Ссдес.

Показатели и идентификаторы уровня инвестиций в ОТ, ОС и ЭБП: низкий уровень – Уин; средний – Уис; высокий – Уив.

Таблица 16

Показатели и идентификаторы уровней сформированности экологической культуры

Table 16

Indicators and identifiers of levels of ecological culture formation

Показатели Indicators	Уровни сформированности экологической культуры Levels of ecological culture formation			
	Направленности на безопасное взаимодействие человека со средой обитания Focus on safe interaction between the man and the environment	Комплекса знаний обеспечения безопасности A set of knowledge ensuring environmental safety	Умения прогнозировать деятельность и ее результаты с позиций экологической безопасности Ability to predict activities and their results from the standpoint of environmental safety	Способности к видению проблем: Ability to identify environmental problems:
Высокий High	Унв	Узв	Уупв	Усвв
Средний Average	Унс	Узс	Уупс	Усвс
Низкий Low	Унн	Узн	Уупн	Усвн

Модель процесса оценки загрязнения почв сельскохозяйственной продукции пестицидами, тяжелыми металлами

Определение уровня загрязнения почв по n – видам пестицидов

$$\left. \begin{array}{l} \text{Пнс} \\ \text{Ппп} \\ \text{Пппп} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{l} \text{если } \text{Пн} \text{ соответствует } \text{Пнн} - \text{ допустимому остаточному количеству, то } = 1 \text{ баллу} \\ \text{если } \text{Пн} \text{ превышает } \text{Пнн} \text{ до } 2\text{-х раз, то } = 30 \text{ баллов} \\ \text{если } \text{Пн} \text{ превышает } \text{Пнн} \text{ от } 2\text{-х до } 5 \text{ раз, то } = 50 \text{ баллов} \end{array} \right.$$

Определение уровня загрязнения почв по n – видам тяжелых металлов



$$\left. \begin{array}{l} M_{nc} \\ M_{np} \\ M_{npi} \end{array} \right\} = \begin{cases} \text{если } M_{1c} \text{ соответствует } M_{nn} - \text{ПДК, то } = 1 \text{ баллу} \\ \text{если } M_{1p} \text{ превышает ПДК } M_{nn} \text{ до } 2\text{-х раз, то } = 30 \text{ баллов} \\ \text{если } M_{1pi} \text{ превышает ПДК } M_{nn} \text{ от } 2\text{-х до } 5 \text{ раз, то } = 50 \text{ баллов} \end{cases}$$

Определение уровня загрязнения мясной продукции по n –видам пестицидов

$$\left. \begin{array}{l} P_{1om} \\ P_{1cm} \\ P_{1pm} \\ P_{1pim} \end{array} \right\} = \begin{cases} \text{если } P_{1m} \text{ отсутствует, то } = 1 \text{ баллу} \\ \text{если } P_{1m} \text{ соответствует ДОК } P_{1mn}, \text{ то } = 20 \text{ баллов} \\ \text{если } P_{1m} \text{ превышает ДОК на } 10\% P_{1mn}, \text{ то } = 50 \text{ баллов} \\ \text{если } P_{1m} \text{ превышает ДОК, более чем на } 10\% P_{1mn}, \text{ то } = 150 \text{ баллов} \end{cases}$$

Аналогично определяются уровни загрязнения по рыбной, молочной продукции, в зерне и хлебе, овощах, фруктах, соках.

Определение уровня содержания в мясной продукции n – вида тяжелых металлов

$$\left. \begin{array}{l} M_{1om} \\ M_{1cm} \\ M_{1pm} \\ M_{1pim} \end{array} \right\} = \begin{cases} \text{если } T_{1m} \text{ отсутствует, то } = 1 \text{ баллу} \\ \text{если } T_{1m} \text{ соответствует ПДК } T_{1mn}, \text{ то } = 20 \text{ баллов} \\ \text{если } T_{1m} \text{ превышает ПДК } T_{1mn} \text{ на } 10\%, \text{ то } = 50 \text{ баллов} \\ \text{если } T_{1m} \text{ превышает ПДК } T_{1mn} \text{ более чем на } 10\%, \text{ то } = 150 \text{ баллов} \end{cases}$$

Аналогично определяются уровни загрязнения по рыбной, молочной продукции, в зерне и хлебе, овощах, фруктах, соках.

Оценки баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающего охрану окружающей среды

Для определения баланса азота, фосфора и калия в почве, обеспечивающего охрану окружающей среды мы воспользовались математической моделью прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, разработанный ФГБНУ ВНИМС [5; 6].

Она базируется на агрохимических показателях почвы поля (участка) по основным элементам питания, влияющим на урожайность: гумусу, фосфору, калию и кислотности.

Расчет потребности в гумусе, фосфоре и калии под запланированную урожайность осуществляется в общем виде по формуле:

$$Y_n = \frac{A_1 X_1 (1 + X_2)}{1 + A_2 X_2 + A_3 X_1 X_2}, \text{ где} \quad (1)$$

X_1 – содержание гумуса т/га (фосфора мг/100г, калия мг/100г);

A_1, A_2, A_3 – коэффициенты уравнения;

X_2 – агрегированная переменная (сумма всех источников поступления в почву: азот, фосфор, калий) кг.д.в.

При этом содержание гумуса в почвах в кг/га переводится в подвижный азот (в мг на 100г почвы) по формуле:

$$m_1 = \frac{m_2}{30 \times 0.3}, \text{ где} \quad (2)$$

m_1 – масса подвижного азота мг/100г почвы;

m_2 – масса подвижного азота, используемого растениями на урожай данного года кг/га;

30 – коэффициент перерасчета массы подвижного азота почвы в кг/ га, так как в 1 га пахотного слоя почвы, например, черноземных почв содержится $3 - 10^6$ кг почвы;

0.3 – коэффициент использования растениями подвижного азота.

Результаты расчетов потребности в азоте, фосфоре, калии под запланированную урожайность сравниваются с результатами агрохимических показателей почвы по гумусу, фосфору, калию и в соответствии с разработанным критерием [10] баланса азота,



фосфора, калия, обеспечивающего экологическую безопасность, делается оценка в баллах следующим образом:

по азоту:

если $A_{np} > A_{пп}$, то = 100 баллам,

если $A_{np} < A_{сп}$, то = 1 баллу

по фосфору:

если $P_{np} > P_{пп}$, то = 100 баллам,

если $P_{np} < P_{сп}$, то = 1 баллу

по калию:

если $K_{np} > K_{пп}$, то = 100 баллам,

если $K_{np} < K_{сп}$, то = 1 баллу

Модель процесса оценки нагрузки скота на пастбищные угодья

Определение нормального уровня нагрузки скота на 100 га пастбищных угодий

(Н):

$$H = \frac{Y \times K_{сф}}{K \times D} \times 100 \quad (3)$$

Определение количества условных голов скота в хозяйстве (УГ):

$УГ = K_o \times K_{Ko} + B_{п} \times K_{Bп} + H_e \times K_{He} + M_1 \times K_{M1} + M_2 \times K_{M2} + M_3 \times K_{M3} + C_v \times K_{Cv} + X_p \times K_{Xp} + C_{вп} \times K_{Cвп} + P_m \times K_{Pm} + P_o \times K_{Po} + P_1 \times K_{P1} + P_2 \times K_{P2} + O_v \times K_{Ov} + B_{пр} \times K_{Bпр} + B_a \times K_{Ba} + M_o \times K_{Mo} + M_{ол} \times K_{Mол} + B_3 \times K_{B3} + M_k \times K_{Mk} + M_{к1} \times K_{Mк1} + M_{ко} \times K_{Mко}$

Определение фактической нагрузки скота на пастбище (Нф):

$$H_f = \frac{УГ}{П_{пас}} \quad (4)$$

Оценка соответствия фактической нагрузки скота на пастбищные угодья нормальной в баллах.

Если $H_f = H$, то $У_n = 1$ балл

Если $H_f = H + 33$, то $У_n = 50$ баллам

Если $H_f = H > 250$, то $У_n = 150$ баллов.

Модель процесса оценки соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов

Определение площади стабилизирующих факторов (Пст):

$П_{ст} = П_{пос} + M_{тр} + D_{кн} + B_{од}$

Определение площади дестабилизирующих факторов (Пдст):

$П_{дст} = O_{п} + Z_{тер} + D_{ор} + O_{вр} + C_{от}$

Определение соотношения $C_{ф}$ стабилизирующих и дестабилизирующих факторов и его оценка в баллах:

$$C_{ф} = \frac{П_{ст}}{П_{дст}} \begin{cases} \text{если } C_{ф} = 1.0, \text{ то } C_o = 1 \text{ балл} \\ \text{если } C_{ф} \text{ свыше } 1.0 - 1.5, \text{ то } C_{слд} = 20 \text{ баллов} \\ \text{если } C_{ф} \text{ свыше } 1.5 - 2.0, \text{ то } C_d = 50 \text{ баллов} \\ \text{если } C_{ф} \text{ свыше } 2.0, \text{ то } C_{сдес} = 100 \text{ баллов} \end{cases} \quad (5)$$

Модель процесса оценки опасности отходов и побочных продуктов

Определение класса опасности отходов в соответствии с критериями отнесения отходов в I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. Эта информация и является входной.



$$\left. \begin{array}{l} \text{Эспс} \\ \text{Эснз} \\ \text{Эсн10} \\ \text{Эссн} \\ \text{Эснн} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{l} \text{если } K_0^1 = 5, \text{ то} = 1 \text{ балл} \\ \text{если } K_0^2 = 4, \text{ то} = 20 \text{ баллов} \\ \text{если } K_0^3 = 3, \text{ то} = 50 \text{ баллов} \\ \text{если } K_0^4 = 2, \text{ то} = 150 \text{ баллов} \\ \text{если } K_0^5 = 1, \text{ то} = 300 \text{ баллов} \end{array} \right. \quad (6)$$

Модель оценки условий труда на рабочем месте

Класс условий труда на рабочем месте определяется с помощью действующего программного комплекса «Специальная оценка условий труда», разработанного УФНПР НИИ «Охрана труда» (г. Иваново), который будет использован в данной модели.

Соответствие классов условий труда балльной оценке условий труда на рабочем месте устанавливается по результатам специальной оценки, выполненной с помощью этого программного комплекса.

$$\left. \begin{array}{l} K_1 \\ K_2 \\ K_{3.1} \\ K_{3.2} \\ K_{3.3} \\ K_{3.4} \\ K_4 \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{l} 1 \text{ балл} \\ 2 \text{ балла} \\ 30 \text{ баллов} \\ 50 \text{ баллов} \\ 100 \text{ баллов} \\ 150 \text{ баллов} \\ 300 \text{ баллов} \end{array} \right. \quad (7)$$

Определение общего балла условий труда (K_{yo}) в конкретном предприятии

$$K_{yo} = \sum_i^n K_i \times P_i, \quad (8)$$

где n – количество классов условий труда;

K_i – балл условий труда на рабочем месте по i - му классу условий труда;

P_i – количество рабочих мест с i – тым классом условий труда.

Модели определения уровня инвестиций в охрану труда (ОТ),

окружающей среды (ОС) и экологически безопасной продукции (ЭБП)

Определение фактического уровня инвестиций ($Уф$) в ОТ, ОС и ЭБП.

$$Уф = \frac{Роот}{Опвп} \quad (9)$$

Оценка уровня инвестиций в ОТ, ОС и ЭБП в предприятии

$$\text{Если } Уф = \left[\begin{array}{l} Уин, \text{ то} = 100 \text{ баллов} \\ Уси, \text{ то} = 50 \text{ баллов} \\ Уви, \text{ то} = 1 \text{ балл} \end{array} \right. \quad (10)$$

Определение уровня экологической культуры работников и населения

Модель оценки экологической культуры базируется на результатах мониторинга работников и населения по критериям потребности в гармонизации отношений «общество-природа», теоретической подготовки по экологии, готовности к природоохранной деятельности, творческой активности в решении экологических проблем в данный момент времени.



Экологическая культура оценивается по каждому респонденту группой экспертов по каждому критерию и показателю и выводится средний уровень, что можно представить следующей логико-лингвистической моделью:

$$\begin{aligned}
 \text{Если НБ} &= \begin{cases} \text{НБв, то 1 балл} \\ \text{НБс, то 30 баллов} \\ \text{НБн, то 50 баллов} \end{cases} \\
 \text{Если НК} &= \begin{cases} \text{НКЗв, то 1 балл} \\ \text{НКЗс, то 30 баллов} \\ \text{НКЗн, то 50 баллов} \end{cases} \\
 \text{Если УП} &= \begin{cases} \text{УПв, то 1 балл} \\ \text{УПс, то 30 баллов} \\ \text{УПн, то 50 баллов} \end{cases} \\
 \text{Если СВ} &= \begin{cases} \text{СВв, то 1 балл} \\ \text{СВс, то 30 баллов} \\ \text{СВн, то 50 баллов} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Далее выводится средний балл уровня экологической культуры по респонденту:

$$U_{\text{экс}} = \frac{\text{НБ} + \text{НК} + \text{УП} + \text{СВ}}{4} \tag{12}$$

Далее респонденты распределяются по уровням экологической культуры, при этом к высокому уровню относят респондентов, получивших 1 балл, к среднему уровню свыше 1 балла и до 30 баллов, к низкому уровню свыше 30 баллов и до 50 баллов. Таким образом, мы получаем структуру уровня экологической культуры работников в обследуемом предприятии.

Разработанная модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда прошла опытную проверку в ООО «Малинищи» Пронского района Рязанской области. Землепользование сельскохозяйственного предприятия ООО «Малинищи» расположено в северной части Пронского района Рязанской области. Пронский район входит в Юго-Западную природно-экономическую зону Рязанской области. Администрация предприятия находится в селе «Малинищи».

На территории предприятия находятся 3 населенных пункта – Малинищи, Гремяки, Добрая Слобода. Удаленность от Рязани составляет 20 км.

Почвы хозяйства представлены в основном серыми лесными. Общая земельная площадь составляет 8961 га. Полностью занята сельскохозяйственными угодьями, из них пашня – 8400 га, сенокосов – 234 га, пастбищ – 327 га.

Наибольшую посевную площадь занимают зерновые культуры, а именно яровые зерновые. Значительный удельный вес имеют многолетние травы и кукуруза на силос. Площадь, отведенная под картофель, занимает около 3% общей площади пашни.

ООО «Малинищи» специализируется на производстве продукции растениеводства и животноводства. Предприятие имеет зерно-молочное направление специализации. В период с 2005 по 2015 год зерно занимает основную долю в составе и структуре товарной продукции.

Основным направлением в животноводстве является разведение крупного рогатого скота. Количество крупного рогатого скота составляет 3500 голов, из них молочное стадо 700 голов.

Реки, протекающие через землепользование ООО «Малинищи», относятся к бассейну реки Ока. Речки Павловка и Казарь берут начало в северной части территории ООО «Малинищи». Речка Радбица протекает по юго-западной границе территории ООО



«Малинищи», реки Обалы, Гремячка, Ямна протекают в восточной части территории ООО «Малинищи» и впадают в реку Истья.

Большинство загрязнителей поступают в поверхностные воды со сточными водами, а также после смыва талыми и ливневыми водами. В подземные воды они могут мигрировать по почвенному профилю.

К основным источникам загрязнения почв и грунтовых вод относятся: бытовые стоки, нефтепродукты, сливаемые на землю при проведении ремонтных работ на площадках хозяйств, в поле, на дорогах, хранилища навоза, минеральные удобрения, гербициды и другие ядохимикаты, неправильно используемые на полях, а также соли тяжелых металлов.

Основными источниками загрязнения экосистемы ООО «Малинищи» являются предприятия теплоэнергетики (Рязанская ГРЭС, Рязанская ТЭЦ, Дягилевская ТЭЦ), металлургические предприятия («Рязцветмет», «Электроцветмет»), химический и нефтехимический комплексы (Рязанский нефтеперерабатывающий завод, АО «Виско-Р»), которые оказывали и оказывают наиболее сильное химическое воздействие на водную и почвенную экосистемы.

Один из наиболее токсичных элементов – свинец, в почвах содержится в значительных количествах, содержание свинца в корнеобитаемом слое почвы колеблется от 20-60 мг/кг. Содержание меди в среднем от 54 до 93 мг/кг, цинка в среднем от 30 до 200 мг/кг.

Наряду с вышеприведенными тяжелыми металлами зафиксировано присутствие оксида кадмия, ртути, хрома и других в количествах не превышающих ПДК.

Выполнено агрохимическое обследование пашни на площади 5836 га с оценкой содержания гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и степени кислотности почв.

Проведены санитарно-гигиенические исследования мяса говядины на предмет содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и пестицидов (гексахлорциклогексан (ГХЦГ), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ)).

Наряду с этим проведены дополнительные обследования условий труда и состояние хранения отходов производства (навоза крупного рогатого скота), а также уточнены исходные данные для определения нагрузки скота на пастбищные угодья, соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов, инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции, экологической культуры работников.

Это позволило осуществить апробацию разработанной модели комплексной оценки показателей экологической опасности и охраны труда. По результатам апробации модели получены соответствующие оценки.

Первым и шестым блоками модели предусмотрена оценка загрязненности почв и продукции пестицидами и солями тяжелых металлов. Загрязнение почв тяжелыми металлами оценивается в баллах – свинцом 100 баллов, цинком – 100, медью – 100, ртутью – 1, кадмием – 1.

Анализ результатов санитарно-гигиенических исследований наличия тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и пестицидов (ГХЦГ, ДДТ) в мясе говядины в ООО «Малинищи» свидетельствует о непревышении величины допустимого уровня и может быть оценено в соответствии с разработанной моделью в 1 балл. Однако по двум позициям (ГХЦГ и ДДТ) эта величина составляет 50% от ПДК, что не может не настораживать. Достаточно велико содержание свинца (20% от ПДК) в мясе говядины.

К сожалению, на данном этапе нам не удалось провести в полном объеме подобные исследования, предусмотренные моделью по другим видам продукции и почв из-за недостатка финансовых и трудовых ресурсов.

Вторым блоком модели предусмотрена оценка баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающего охрану окружающей среды. Расчет баланса азота, фосфора и калия, выполненных по озимой пшенице с запланированной урожайностью в 30 и 40 и 50 цн/га по полю площадью 90 га с учетом материалов агрохимического обследования в двух вариантах по минимальным и максимальным значениям наличия питательных веществ в почве свидетельствует о том, что они не превышают уровня их потребности под заплани-



рованный урожай и оцениваются как приемлемые и обеспечивающие охрану окружающей среды – в 1 балл.

Третьим блоком модели предусмотрена оценка нагрузки скота на пастбищные угодья. Расчеты по разработанной модели показывают, что нагрузка скота на пастбищные угодья в ООО «Малинищи» составляет до 578 голов на 100 га при нормативной нагрузке до 217 условных голов, что оценивается в соответствии с разработанной моделью как высокая – в 150 баллов.

Четвертым блоком модели предусмотрена оценка соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. В ООО «Малинищи» доля дестабилизирующих угодий составляет 93%, в том числе на пашню приходится 79,6%, что оценивается как сильно дестабилизирующее – в 150 баллов.

Пятым блоком модели предусматривается оценка опасности отходов и побочных продуктов. Класс опасности отходов определяется в соответствии с «Критериями отнесения отходов к I-V классам по степени негативного воздействия на окружающую среду». Свежий навоз крупного рогатого скота относится к IV классу опасности, а перепревший к V классу. Поэтому чтобы минимизировать ущерб от воздействия свежего навоза на окружающую среду требуется особый порядок его складирования с соблюдением требований к охраняемым санитарно-защитным зонам, очистным сооружениям и хранилищам навоза.

Учитывая условия утилизации и использования навоза в ООО «Малинищи», его можно отнести к IV и V классам опасности с оценкой в баллах от 0-20.

Седьмым блоком модели предусмотрена оценка условий труда на рабочем месте. Специальная оценка условий труда, проведенная нами в ООО «Малинищи» показала, что в основном условия труда относятся к 1 и 2 классам, что оценивается от 1-2 баллов.

Восьмым блоком предусмотрена оценка инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции. Расходы на эти цели в ООО «Малинищи» составляют 0,1-0,3 процента от стоимости валовой продукции, что оценивается как низкий уровень инвестиций в 100 баллов.

Девятым блоком предусмотрена оценка экологической культуры работников и населения. Оценка группой экспертов уровня экологической культуры работников ООО «Малинищи» по каждому критерию, предусмотренному моделью, показывает, что он соответствует среднему уровню и оценивается в 30 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда разработана для создания информационно-компьютерной технологии и состоит из 9 блоков: 1. Оценки загрязнения почв пестицидами, агрохимикатами и тяжелыми металлами; 2. Оценки баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающего охрану окружающей среды; 3. Оценки нагрузки скота на пастбищные угодья; 4. Оценки соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов; 5. Оценки опасности отходов и побочных продуктов; 6. Оценки производства экологически безопасной продукции; 7. Оценки условий труда на рабочем месте; 8. Оценки уровня инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции; 9. Оценки экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения.

По результатам комплексной оценки выявлены проблемные вопросы в экологической обстановке и охране труда. Это высокий уровень загрязненности почв рядом тяжелых металлов, настораживающий остаточный уровень пестицидов в продукции (мясо % КРС), высокая нагрузка скота на пастбищные угодья и неблагоприятное соотношение стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. По всем этим отклонениям от критерийных значений даны соответствующие рекомендации, которые подробно изложены в работе [3].



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химизация сельского хозяйства // Мультипортал RV.RU. <http://www.wkm.ru/referats/1925575DA984490F84432FC045073D7E> (дата обращения: 22.09.2018)
2. Новиков Н.Н., Грачев Н.Н., Денисов А.В., Сорокин Н.Т., Денисова М.Э., Машков И.С., Федорова Е.А. Экологические аспекты продовольственной безопасности. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2017. 123 с.
3. Сорокин Н.Т., Новиков Н.Н., Грачев Н.Н., Денисов А.В., Машков И.С., Денисова М.Э. Рекомендации для сельскохозяйственных предприятий по совершенствованию управления экологической безопасностью и охраной труда в условиях развития органического земледелия. Рязань: ИТОСХ филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2018. 210 с.
4. Грачев Н.Н., Денисов А.В., Машков И.С., Денисова М.Э. К вопросу о методах моделирования комплексной оценки экологической и профессиональной опасности в сельском хозяйстве // Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева. 2018. N 2(38). С. 14-20.
5. Любченко В.Б., Белых С.А., Никитин В.С. Математическая модель прогнозирования урожайности основных сельскохозяйственных культур // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства: сборник научных трудов ФГБНУ ВНИМС. Рязань, 2016. С. 27-30.
6. Никитин В.С., Любченко В.Б. Математическая модель динамики гумуса почв нечерноземной зоны центрального региона РФ // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сборник научных трудов ФГБНУ ВНИМС. Рязань, 2015. С. 184-188.
7. ГН 1.2.3539-18 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)». Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.05.2018 N 33. М.: Стандартинформ, 2018. 134 с.
8. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Гигиенические нормативы (с изменениями на 26.06.2017г.). Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 23.01.2006 г. N 1. М.: Стандартинформ, 2017. 15 с.
9. ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Гигиенические нормативы. Утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18.05.2009 г. N 32. М.: Стандартинформ, 2009. 10 с.
10. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (издание 2-е, дополненное). Утверждено Минсельхозом РФ 10.03.1992 г. М.: ЦИНАО, 1992. 62 с.

REFERENCES

1. *Khimizatsiya sel'skogo khozyaistva* [Chemicals used in agriculture]. Multiportal RV.RU. Available at: <http://www.wkm.ru/referats/1925575DA984490F84432FC045073D7E> (accessed 22.09.2018)
2. Novikov N.N., Grachev N.N., Denisov A.V., Sorokin N.T., Denisova M.E., Mashkov I.S., Fedorov E.A. *Ekologicheskie aspekty prodovol'stvennoi bezopasnosti* [Environmental aspects of food security]. Ryazan, FSBRI "All-russian research institute of mechanization and informatization of agrochemical support of agriculture" Publ., 2017, 123 p. (In Russian)
3. Sorokin N.T., Novikov N.N., Grachev N.N., Denisov A.V., Mashkov I.S., Denisova M.E. *Rekomendatsii dlya sel'skokhozyaistvennykh predpriyatii po sovershenstvovaniyu upravleniya ekologicheskoi bezopasnost'yu i okhranoi truda v usloviyakh razvitiya organicheskogo zemledeliya* [Recommendations for agricultural enterprises to improve the management of environmental safety and labor protection in the development of organic farming]. Ryazan, 2018, 210 p. (In Russian)



4. Grachev N.N., Denisova E.M., Mashkov I.S. On the question of methods of modeling the complex evaluation of ecological and professional hazards in agriculture. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev]. 2018, no. 2 (38), pp. 14-20. (In Russian)
5. Lyubchenko V.B., Belykh S.A., Nikitin V.S. [Mathematical model for predicting the yield of main agricultural crops]. In: *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaistva* [Problems of mechanization of agrochemical support of agriculture]. Ryazan, 2016, pp. 27-30. (In Russian)
6. Nikitin V.S., Lyubchenko V.B. [Mathematical model of soil humus dynamics in the non-chernozem zone of the central region of the Russian Federation]. In: *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaistva* [Problems of mechanization of agrochemical support of agriculture]. Ryazan, 2015, pp. 184-188. (In Russian)
7. GN 1.2.3539-18 «Gigienicheskie normativy sodержaniya pestitsidov v ob'ektakh okruzhayushchei sredy (perechen')». *Utverzhden Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 10.05.2018 N 33* [GN 1.2.3539-18 "Hygienic standards of the content of pesticides in objects of environment (list)". Approved. Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 10.05.2018, no. 33]. Moscow, Standartinform Publ., 2018, 134 p. (In Russian)
8. GN 2.1.7.2041-06 «Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve». *Gigienicheskie normativy (s izmeneniyami na 26.06.2017g.)*. *Utverzhden Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 23.01.2006 g. N 1* [GN 2.1.7.2041-06 "maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil". Hygienic standards (as amended on 26.06.2017). Approved. Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 23.01.2006, no. 1]. Moscow, Standartinform Publ., 2017, 15 p. (In Russian)
9. GN 2.1.7.2511-09 «Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve». *Gigienicheskie normativy*. *Utverzhden postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 18.05.2009 g. N 32* [GN 2.1.7.2511-09 "Approximate permissible concentrations (UEC) of chemicals in soil". Health standards. Approved. resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 18.05.2009, no. 32]. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 10 p. (In Russian)
10. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'khozogodii i produkcii rastenievodstva (izdanie 2-e, dopolnennoe)*. *Utverzhdeno Minsel'khozom RF 10.03.1992 g.* [Guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production (2nd edition, supplemented). Approved by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 10.03.1992]. Moscow, Central Institute of Agricultural Agricultural Service Publ., 62 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Николай Н. Новиков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, врио директора Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Николай Т. Сорокин, доктор экономических наук, зам. директора Института технического обеспечения сельского хозяйства

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Nikolai N. Novikov, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, acting Director of the Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Nikolai T. Sorokin, Dr. Sci. (Econ.), Deputy Director, Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific



– филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Николай Н. Грачев*, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; ул. Щорса, 38/11, г. Рязань, 390025 Россия; тел.: 8-960 569 80 09, e-mail: vnims@rambler.ru

Иван С. Машков, специалист I категории Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Маргарита Э. Денисова, старший научный сотрудник Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Василий С. Никитин, специалист I категории Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Мария М. Варфоломеева, старший научный сотрудник Института технического обеспечения сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань, Россия.

Владимир Ф. Евтюхин, доктор биологических наук, директор ООО «Экопромпроект», г. Рязань, Россия; e-mail: attrm@mail.ru

Критерии авторства

Николай Н. Новиков подготовил предложения по балансу азота, фосфора и калия, обеспечивающему охрану окружающей среды, корректировке рукописи. Николай Т. Сорокин редактировал статью. Николай Н. Грачев разработал общую схему комплексной модели, отдельные ее блоки, мероприятия, написал рукопись. Иван С. Машков участвовал в сборе и подготовке входной и выходной информации по условиям труда, разработке мероприятий.

Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Nikolai N. Grachev*, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Leading Researcher, Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM); 38/11 Shchorsa St., Ryazan, 390025 Russia; tel. 8-960 569 80 09, e-mail: vnims@rambler.ru

Ivan S. Mashkov, Specialist (1st category), Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Margarita E. Denisova, Senior Researcher, Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Vasiliy S. Nikitin, Specialist (1st category), Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Maria M. Varfolomeeva, Senior Researcher, Institute for Technical Provision of Agriculture (branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM), Ryazan, Russia.

Vladimir Evtyukhin, Dr. Sci. (Biol.), Director of Ecopromproekt, Ryazan, Russia; e-mail: attrm@mail.ru

Contribution

Nikolai N. Novikov prepared proposals on the balance of nitrogen, phosphorus and potassium, which ensures environmental protection, as well as improved on the manuscript. Nikolai T. Sorokin edited the article. Nikolai N. Grachev developed the general scheme of the complex model, its separate blocks, measures, as well as wrote the manuscript. Ivan S. Mashkov participated in the collection and preparation of input and output information on working conditions, as well as in the development



Маргарита Э. Денисова участвовала в разработке модели в части входной и выходной информации по оценке экологической культуры. Василий С. Никитин разработал блок модели баланса азота, фосфора и калия. Мария М. Варфоломеева участвовала в разработке модели в части входной информации по пестицидам. Владимир Ф. Евтюхин участвовал в разработке модели в части оценки экологической опасности воздействия тяжелых металлов. Все авторы несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 11.12.2018

Принята в печать 04.03.2019

of measures. Margarita E. Denisova participated in the development of the model in terms of input and output information on the assessment of environmental culture. Vasily S. Nikitin developed a block of the model pertaining to the balance of nitrogen, phosphorus and potassium. Maria M. Varfolomeeva participated in the development of the model in terms of input information on pesticides. Vladimir Evtukhin participated in the development of the model in terms of assessing the environmental hazard of heavy metals. All the authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

Received 11.12.2018

Accepted for publication 04.03.2019



ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Оригинальная статья / Original article

УДК 574.58

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-120-131

МИКРОВОДОРОСЛИ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ОСТРОВА ТЮЛЕНИЙ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

^{1,2}Руслан М. Бархалов*, ¹Айшат А. Абдурахманова, ¹Франгиз Ш. Амаева

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов,
Дагестанский научный центр Российской академии наук,
Махачкала, Россия, barkhalov.ruslan@yandex.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Резюме. Цель. Исследование структуры фитопланктонного сообщества прибрежной акватории острова Тюлений Каспийского моря, как важного рыбохозяйственного района. **Методы.** Изложены результаты сезонных наблюдений в 2016 г. за состоянием фитопланктона прибрежной акватории острова Тюлений Каспийского моря. Всего было отобрано 120 проб фитопланктона с 4 станций с мая по октябрь батометром Нансена с поверхностного слоя воды с последующей фиксацией раствором Люголя. Осаждение и концентрирование проводили по общепринятой методике. Обработывались пробы в камере Ножотта объемом 0,1 мл под световым микроскопом. **Результаты.** По результатам наших исследований 2016 г. в акватории острова Тюлений в пробах фитопланктона обнаружено 103 вида и разновидностей микроводорослей, представленных 4 отделами: Bacillariophyta – 49 видов, Cyanophyta – 24 вида, Chlorophyta – 23 вида и Rynophyta – 7 видов. Наибольшее видовое разнообразие фитопланктонных организмов было отмечено в осенний период (61 вид). В целом, наблюдалось равномерное распределение фитопланктона по всей прибрежной акватории острова, концентрация биомассы не достигала 1 г/м³. **Заключение.** В 2016 г. в исследуемой акватории отмечены благоприятные гидролого-гидрохимические условия для развития микроводорослей. Опресненная вода вокруг острова Тюлений, хорошо прогреваемая летом и не замерзающая зимой, способствовала развитию богатой флоры. Хотя показатели биомассы не были высокими из-за преобладания в растительном планктоне мелкоклеточных водорослей, в целом, это должно положительно сказаться на развитии последующих звеньев трофической цепи и способствовать увеличению продуктивности вод Северного Каспия.

Ключевые слова: микроводоросли, остров Тюлений, Каспийское море, видовое разнообразие, сезонная динамика.

Формат цитирования: Бархалов Р.М., Абдурахманова А.А., Амаева Ф.Ш. Микроводоросли прибрежной акватории острова Тюлений Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.120-131. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-120-131



MICROALGAE FROM THE COASTAL WATERS OF TYULENY ISLAND IN THE CASPIAN SEA

^{1,2}Ruslan M. Barkhalov*, ¹Ayshat A. Abdurakhmanova, ¹Frangiz Sh. Amaeva

¹Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan scientific Centre of the
Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, barkhalov.ruslan@yandex.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Abstract. Aim. In this work, we set out to study the composition of a phytoplankton community in an important fishery area, the coastal water area of Tyuleny Island in the Caspian Sea. **Methods.** We present the results of seasonal observations (2016) on the state of phytoplankton in the coastal waters of Tyuleny Island in the Caspian Sea. In total, 120 phytoplankton samples were collected at four stations from the water surface layer (May–October) using the Nansen bottle and subsequent fixation by Lugol's solution. Sedimentation and concentration were carried out using standard procedures. The samples were processed in the Nageotte chamber with a volume of 0.1 ml under a light microscope. **Results.** According to the research results (2016), 103 species and varieties of microalgae were found in the phytoplankton samples collected from the water area of Tyuleny Island. The microalgae were represented by four divisions: Bacillariophyta – 49 species, Cyanophyta – 24 species, Chlorophyta – 23 species and Pyrrophyta – 7 species. The greatest species diversity of phytoplankton in the studied water area was noted during the autumn period (61 species). In general, phytoplankton was found to be distributed homogeneously throughout the coastal area of the island, with the biomass concentration not reaching 1 g/m³. **Conclusion.** In 2016, favorable hydrological and hydrochemical conditions for the development of microalgae were observed. The desalinated water around Tyuleny Island, which is well warmed in the summer and does not freeze in the winter, contributed to the development of rich flora. Although biomass values were not high due to the prevalence of small-celled microalgae in phytoplankton, in general, it should have a positive effect on the development of subsequent links in a trophic chain, as well as promote an increase in the productivity of waters of the Northern Caspian Sea.

Keywords: microalgae, Tyuleny Island, Caspian Sea, species diversity, seasonal dynamics.

For citation: Barkhalov R.M., Abdurakhmanova A.A., Amaeva F.Sh. Microalgae from the coastal waters of Tyuleny island in the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 120-131. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-120-131

ВВЕДЕНИЕ

Остров Тюлений, второй по величине (после острова Чечень) и самый отдаленный участок суши в пределах дагестанского побережья, расположен в северо-западной части акватории Каспийского моря, в 50 км к юго-востоку от устья р. Кума и 32 км к северо-востоку от приморского поселка Суюткино (рис. 1).

Остров имеет площадь примерно 30 км², которая складывается из «материковой» части на западе, весьма протяженной песчаной косы – на востоке и периодически (в пик морской регрессии) осушающейся лагуны. Мелководная акватория о. Тюлений находится в зоне смешения пресного речного стока и соленых вод Северного Каспия, обогащенная биогенными элементами и органическими веществами, где сформировалась эвригалинная и эвритермная гидрофлора и фауна. Омывающие остров морские воды, а также довольно крупная лагуна в его восточной части обеспечивают существование и воспроизводство многих ценных промысловых видов рыб, имеющих большое значение для поддержания биологического разнообразия Каспийского моря.



Таблица 1

Видовой состав фитопланктона прибрежной акватории
острова Тюлений Каспийского моря

Table 1

Species composition of phytoplankton in the coastal waters
of Tyuleny Island (Caspian Sea)

Видовой состав фитопланктона Species composition of phytoplankton	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn
CYANOPHYTA			
Anabaenacea			
<i>Anabaena</i> Bory, 1822			
<i>Anabaena bergii</i> Ostefeld, 1908	-	+	+
<i>Anabaena spiroides f. spiroides</i> Klebahn, 1895	+	+	+
<i>Anabaena flos-aquae</i> Brebisson, 1835	+	-	-
<i>Anabaenopsis</i> V. Muller, 1923			
<i>Anabaenopsis elenkinii</i> V. Miller, 1923	+	+	+
<i>Anabaenopsis nadsonii</i> Woronich, 1929	-	+	-
Aphanizomenonacea			
<i>Aphanizomenon</i> Mooren, 1836			
<i>Aphanizomenon flos-aqua</i> Ralfs, 1850	-	+	+
<i>Aphanizomenon sphaericum</i> I. Kisselew, 1950	-	-	+
<i>Aphanizomenon ussaczewii</i> Proschkina-Lavrenco, 1968	+	-	-
Oscillatoriaceae			
<i>Oscillatoria</i> Vaucher, 1803			
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher, 1803	+	+	+
<i>Oscillatoria brevis</i> Gomont, 1892	-	+	+
Microcystidaceae			
<i>Microcystis</i> Kützing, 1833			
<i>Microcystis aeruginosa f. aeruginosa</i> Kützing, 1845	-	+	-
<i>Microcystis pulvereae f. delicatissima</i> Elenkin, 1938	+	-	+
<i>Microcystis pulvereae f. parasitica</i> Elenkin, 1938	-	+	-
Gloeocapsaceae			
<i>Gloeocapsa</i> Hollerbach, 1938			
<i>Gloeocapsa cohaerens</i> Hollerbach, 1938	-	+	+
<i>Gloeocapsa limnetica</i> Hollerbach, 1938	-	+	+
<i>Gloeocapsa turgida</i> Hollerbach, 1938	+	+	-
<i>Gloeocapsa minima</i> Hollerbach, 1938	+	-	-
<i>Gloeocapsa minor</i> Hollerbach, 1938	-	-	+
Merismopediaceae			
<i>Merismopedia</i> Meyen, 1839			
<i>Merismopedia glauca f. glauca</i> Nageli, 1849	-	+	+
<i>Merismopedia minima</i> G. Beck, 1897	+	-	+
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann, 1898	-	+	+
<i>Merismopedia elegans</i> Al. Braun, 1848	-	+	-
Gomphosphaeriaceae			
<i>Gomphosphaeria</i> Kützing, 1836			
<i>Gomphosphaeria lacustris f. lacustris</i> Chodat, 1898	-	+	+
Tubiellaceae			
<i>Johannesbaptistia</i> De Toni, 1934			
<i>Johannesbaptistia pellucida</i> Teylor et Drouet, 1938	+	-	-
BACILLARIOPHYTA			
Eupodiscaceae			
<i>Actinocyclus</i> Ehrenberg, 1838			
<i>Actinocyclus ehenbergii var. ehenbergii</i> Ralf, 1861	-	-	+



Видовой состав фитопланктона Species composition of phytoplankton	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn
Coscinodiscaceae			
<i>Melosira</i> C. Agardh, 1824			
<i>Melosira varians</i> C. Agardh, 1817	-	+	-
<i>Cyclotella</i> Kützing, 1834			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, 1844	+	-	+
<i>Cyclotella caspia</i> var. <i>caspia</i> Grunow, 1878	+	+	+
<i>Stephanodiscus</i> Ehrenberg, 1845			
<i>Stephanodiscus socialis</i> Makarova et Proschkina-Lavrenko, 1964	-	-	+
<i>Stephanodiscus hantzchii</i> Grunow, 1880	+	-	+
<i>Thalassiosira</i> Cleve, 1873			
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	-	-
<i>Thalassiosira caspica</i> Makarova, 1959	+	-	+
<i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg, 1838			
<i>Coscinodiscus lacustris</i> var. <i>lacustris</i> Grunow, 1880	-	-	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> Ostefeld, 1915	+	-	+
Soleniaceae			
<i>Rhizosolenia</i> Ehrenberg, 1843			
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (M. Schultze) Sanddstrom, 1986	+	+	-
Chaetoceraceae			
<i>Chaetoceros</i> Ehrenberg, 1844			
<i>Chaetoceros paulsenii</i> Ostefeld, 1898	-	-	+
Fragilariaceae			
<i>Diatoma</i> Grunow, 1862			
<i>Diatoma elongatum</i> var. <i>elongatum</i> Agardh, 1824	+	+	+
<i>Diatoma anceps</i> Kirchner, 1878	+	+	-
<i>Fragilaria</i> Lyngbye, 1819			
<i>Fragilaria capucina</i> , Desmazières, 1830	-	+	+
<i>Fragillaria leptostauron</i> Hustedt, 1913	-	-	+
<i>Fragillaria intermedia</i> Grunow, 1862	-	+	+
<i>Synedra</i> Ehrenberg, 1830			
<i>Synedra pulchella</i> Ralfs et Kützing, 1844	+	-	-
Nitzschiaceae			
<i>Nitzschia</i> Hassal, 1845			
<i>Nitzschia verticularis</i> Hantzsch et Rabenhorst, 1860	+	+	+
<i>Nitzschia distans</i> Gregory, 1857	-	+	+
<i>Nitzschia macilenta</i> Gregory et Greville, 1859	+	+	+
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith, 1853-1856	-	-	+
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Ehr.) W. Smith, 1856	+	-	-
<i>Nitzschia reversa</i> W. Smith, 1853-1856	-	-	+
<i>Nitzschia closterium</i> W. Smith, 1853-1856	-	-	+
<i>Bacillaria</i> Gmelin, 1788			
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin, 1788	+	-	+
Naviculaceae			
<i>Amphiprora</i> Ehrenberg, 1843			
<i>Amphiprora paludosa</i> var. <i>subsalina</i> W. Smith, 1853	+	-	-
<i>Amphora</i> Ehrenberg et Kützing, 1844			
<i>Amphora commutata</i> Grunow, 1880	+	-	-
<i>Amphora ovalis</i> Kützing, 1844	-	+	+
<i>Amphora veneta</i> Kützing, 1844	+	-	-
<i>Navicula</i> Bory de Saint-Vincent, 1822			
<i>Navicula bacillum</i> var. <i>minor</i> Van Heurck, 1880	-	-	+
<i>Navicula tuscula</i> f. <i>obtus</i> e Hustedt, 1922	+	+	-



Видовой состав фитопланктона Species composition of phytoplankton	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn
<i>Navicula tuscula f. minor</i> Hustedt, 1930	+	-	-
<i>Cymbella</i> C. Agardh, 1830			
<i>Cymbella affinis</i> Kützing, 1844	-	+	+
<i>Cymbella tumida</i> Van Heurck, 1880	+	-	-
<i>Cymbella prostata</i> Cleve, 1894	+	-	+
<i>Pleurosigma</i> W. Smith, 1852			
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852	+	-	+
<i>Gyrosigma</i> Hassal, 1845			
<i>Gyrosigma acuminatum</i> Rabenhorst, 1853	+	-	+
<i>Gyrosigma strigile</i> Cleve, 1894	-	+	-
<i>Gyrosigma distortum</i> var. <i>parkeri</i> Cleve, 1894	-	+	-
<i>Gyrosigma peisonae</i> Hustedt, 1930	+	-	-
Surirelaceae			
<i>Campylodiscus</i> Ehrenberg et Kützing, 1844			
<i>Campylodiscus chlypeus</i> Ehrenberg et Kützing, 1844	-	+	-
<i>Campylodiscus punctatus</i> Grunow, 1862	+	-	+
<i>Cymatopleura</i> W. Smith, 1851			
<i>Cymatopleura solea</i> W. Smith, 1851	+	+	+
<i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>hibernica</i> Hustedt, 1896	+	-	+
<i>Surirela</i> Turpin, 1828			
<i>Surirela ovalis</i> Brébisson, 1838	-	+	-
<i>Surirela robusta</i> var. <i>splendida</i> Van Heurck, 1885	-	+	-
Achnanthaceae			
<i>Rhoicosphenia</i> Grunow, 1860			
<i>Rhoicosphenia curvata</i> Grunow, 1860	-	+	-
<i>Cocconeis</i> Ehrenberg, 1837			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838	-	+	+
CHLOROPHYTA			
Ankistrodesmaceae			
<i>Ankistrodesmus</i> Corda, 1838			
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korschikov, 1953	+	+	+
<i>Ankistrodesmus pseudomirabilis</i> Korschikov, 1953	+	-	+
<i>Ankistrodesmus angustus</i> Bernard., 1908	+	+	-
Coelastraceae			
<i>Coelastrum</i> Nageli, 1849			
<i>Coelastrum microporum</i> Nageli, 1849	+	+	-
<i>Scenedesmus</i> Meyen, 1829			
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i> Chodat, 1902	+	+	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>biseriatus</i> Reinhardt, 1953	-	+	-
<i>Scenedesmus arcuatus</i> Lemmermann, 1899	-	+	+
<i>Scenedesmus bijugatus</i> var. <i>bijugatus</i> Lagerheim, 1893	-	-	+
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Brébisson, 1835	+	+	+
<i>Scenedesmus apiculatus</i> Chodat, 1926	-	+	-
Hydrodictyaceae			
<i>Pediastrum</i> Meyen, 1829			
<i>Pediastrum simplex</i> Lemmermann, 1897	-	+	+
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>rugulosum</i> Raciborski, 1889	+	+	-
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>reticulatum</i> Lagerheim, 1882	-	-	+
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>perforatum</i> Raciborski, 1889	+	+	+
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> Raciborski, 1889	+	-	-
<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i> Rabenhorst, 1868	-	+	-



Видовой состав фитопланктона Species composition of phytoplankton	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn
Oocystaceae			
<i>Oocystis</i> Nageli, 1855			
<i>Oocystis borgei</i> Snow, 1903	+	-	-
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat, 1897	-	+	-
Dictyosphaeriaceae			
<i>Dictyosphaerium</i> Nageli, 1849			
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood, 1874	+	+	+
Ulotrichaceae			
<i>Binuclearia</i> Wittrock, 1886			
<i>Binuclearia lauterbornii</i> var. <i>lauterbornii</i> Proschkina-Lavrenko, 1966	+	+	-
Zygnemataceae			
<i>Mougeotia</i> Wittrock, 1872			
<i>Mougeotia</i> sp.	+	+	+
Desmidiaceae			
<i>Staurastrum</i> Meyen, 1829			
<i>Staurastrum gracile</i> Raifs, 1845	+	-	-
<i>Cosmarium</i> Corda, 1834			
<i>Cosmarium botrytis</i> Meneghini, 1840	-	-	+
PYRROPHYTA			
Gymnodiniaceae			
<i>Gymnodinium</i> Stein, 1878			
<i>Gymnodinium variabile</i> Herdman, 1924	+	-	+
Prorocentraceae			
<i>Prorocentrum</i> Ehrenberg, 1833			
<i>Prorocentrum obtusum</i> Ostefeld, 1908	-	+	-
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schroder, 1901	+	+	-
Peridiniaceae			
<i>Peridinium</i> Ehrenberg, 1830			
<i>Peridinium latum</i> var. <i>halophila</i> I. Kisselew, 1950	+	+	+
<i>Glenodinium</i> Ehrenberg, 1835			
<i>Glenodinium capsicum</i> Schiller, 1931-1937	-	+	+
<i>Glenodinium behningii</i> I. Kisselew, 1950	-	+	+
<i>Goniaulax</i> Diesing, 1866			
<i>Goniaulax spinifera</i> Diesing, 1866	-	-	+

Среди основных инвазивных видов планктонных водорослей прежде всего можно отметить представителей отдела Cyanophyta, которые вызывают или потенциально могут вызывать «цветение» воды, особенно такие виды, как *Anabaenopsis raciborskii* V. Miller, 1932 и *Anabaena bergii* Ostefeld, 1908, что ведет к накоплению органических веществ, ухудшению кислородного режима и служит показателем эвтрофированности вод.

Мелководная акватория острова Тюлений, смешение морских и пресных вод, а также благоприятный солевой и биогенный режимы, в отличие от других участков моря, отличается высоким таксономическим разнообразием микроводорослей, причем разных экологических групп – от пресноводных до солоноватоводных и морских. Во все сезоны наших наблюдений постоянно здесь встречались только 14 видов микроводорослей разных экологических групп: солоноватоводные – *Anabaena spiroides* f. *spiroides* Klebahn, 1895, *Anabaenopsis elenkinii* V. Miller, 1923, *Oscillatoria princeps* Vaucher, 1803, *Nitzschia macilentata* Gregory et Greville, 1859, *N. vermicularis* Hantzsch et Rabenhorst, 1860, морская – *Cyclotella caspia* var. *caspia* Grunov, 1878 и пресноводные – *Cymatopleura solea* W. Smith, 1851, *Scenedesmus quadricauda* Brebisson, 1835, *Pediastrum boryanum* var. *longicorne* Raciborski, 1889, *Ankistrodesmys arcuatus* Korschikov, 1853, *Diatoma elongatum* var. *elongatum* Agardh, 1824, *Dictyosphaerium puchellum* Wood, 1874, *Mougeotia* sp., *Peridinium latum* var. *halophila* I.



Kisselew, 1950. Сезонная динамика количества видов фитопланктона в акватории, прилегающей к острову Тюлений отображена на рисунке 2.

Весенний фитопланктон исследуемой акватории представлен 54 видами микроводорослей, из которых 27 видов – Bacillariophyta (50,0% от общего числа видов), Cyanophyta – 10 видов (18,5%), Chlorophyta – 14 видов (25,9%) и Pyrrhophyta – 3 вида (5,6%). Среди отдела Bacillariophyta наиболее часто встречались виды из родов *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Diatoma*, *Fragillaria*, *Cymbella*, *Cymatopleura*. Высокие показатели Bacillariophyta весной объясняется тем, что представители этого отдела зимуют в вегетативной стадии на дне, и весной всплывают, когда температура воды еще не высокая. Вторая вспышка в развитии отдела Bacillariophyta происходит осенью в период вегетации [10]. Хотя Bacillariophyta уступают мелкоклеточным Cyanophyta в сообществе фитопланктона в численном развитии, что нельзя сказать о биомассе. Ее чаще всего формируют крупные диатомовые, такие виды из родов как *Pseudosolenia*, *Pleurosigma*, *Cymatopleura*, *Diatoma* и др.

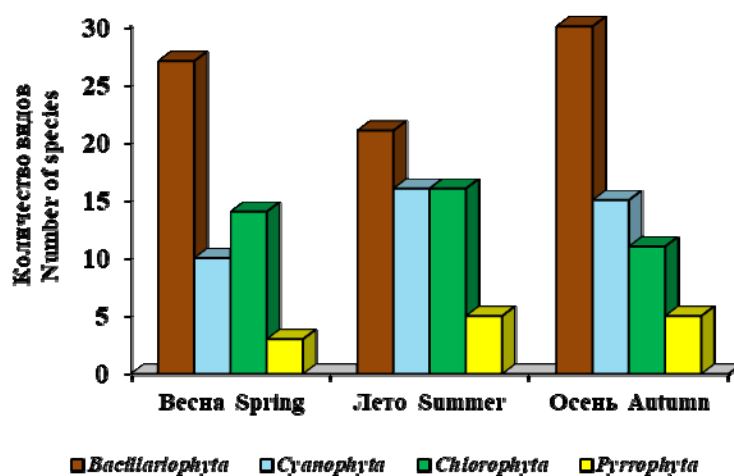


Рис.2. Сезонная динамика количества видов фитопланктона в акватории, прилегающей к о. Тюлений, 2016 г.

Fig.2. Seasonal dynamics of the phytoplankton species number in the water area adjacent to Tyuleny island, 2016

Летом фитопланктон был представлен 58 видами водорослей. Из них: Bacillariophyta – 21 вид (36,2%), Cyanophyta – 16 видов (27,6%), Chlorophyta – 16 видов (27,6%) и Pyrrhophyta – 5 видов (8,6%). В этот период сократилось количество таксонов диатомовых, на смену которым пришли зеленые. Также выросло количество теплолюбивых сине-зеленых микроводорослей и динофлагеллят. Эти таксоны развиваются в планктоне позже диатомовых, т.к. зимуют в виде спор и цист и для их развития нужно больше времени.

Наибольшее видовое разнообразие фитопланктонных организмов в исследуемой акватории было отмечено в осенний период, когда фитопланктон был представлен 61 видом, из которых: Bacillariophyta – 30 видов (49,2%), Cyanophyta – 15 видов (24,6%), Chlorophyta – 11 видов (18,0%) и Pyrrhophyta – 5 видов (8,2%). Ведущими таксонами опять были представители отдела Bacillariophyta.

Как известно, для опресненной мелководной зоны Северного Каспия характерен летний пик развития фитопланктона с максимальными показателями биомассы за год [11]. Однако, в 2016 г. в прибрежной акватории острова Тюлений более выражен был осенний пик. При этом основу количественных показателей (49% биомассы и 43% численности) формировали виды отдела Bacillariophyta.

Сезонные изменения отражались и на доминантном комплексе микроводорослей планктона. В весенний период наиболее распространенными видами отдела Bacillariophyta являлись *Diatoma elongatum* var. *elongatum* Agardh, 1824, *Navicula tuscula* f. *obtusum* Hustedt,



1922 и *Pleurosigma elongatum* W. Smith, 1852, а также *Pseudosolenia calcar-avis* (M. Schultze) Sanddstrom, 1986, которая чаще встречается в Среднем и Южном Каспии, и реже в Северном из-за переменной солености [12]. Среди видов отдела Cyanophyta доминантами были *Microcystis pulverea f. delicatissima* Elenkin, 1938, *Merismopedia minima* G. Beck, 1897, и *Oscillatoria princeps* Vaucher, 1803, а для Chlorophyta – *Scenedesmus quadricauda* Brébisson, 1835 и *Mougeotia* sp. В группе Pyrrophyta встречались только *Gymnodinium variabile* Herdman, 1924, *Prorocentrum scutellum* Schroder, 1901 и *Peridinium latum var. halophila* I. Kisselew, 1950.

Летом преобладали такие виды отдела Bacillariophyta, как *Pseudosolenia calcar-avis* Sanddstrom (M. Schultze) Sanddstrom, 1986 и *Fragilaria capucina* Desmazières, 1830. Субдоминировали также *Cymatopleura solea* W. Smith, 1851, *Nitzschia vermicularis* Hantzsch et Rabenhorst, 1860 и *N. macilenta* Gregory et Greville, 1859. Среди отдела Cyanophyta доминировали следующие виды: *Merismopedia glauca f. glauca* Nageli, 1849, *Oscillatoria princeps* Vaucher, 1803. Среди отдела Chlorophyta доминировали такие виды, как *Scenedesmus acuminatus var. acuminatus* Chodat, 1902, *S. quadricauda* Brébisson, 1835 и *Binuclearia lauterbornii var. lauterbornii* Proschkina-Lavrenko, 1966. В группе Pyrrophyta основу количественных показателей формировали *Prorocentrum scutellum* Schroder, 1901 и *Glenodinium behningii* I. Kisselew, 1850.

Осенью в группе Bacillariophyta основу количественных показателей формировали *Cymatopleura solea* W. Smith, 1851, *Fragilaria intermedia* Grunow, 1862, *Cyclotella caspia var. caspia* Grunow, 1878, *Nitzschia vermicularis* Hantzsch et Rabenhorst, 1860, *N. macilenta* Gregory et Greville, 1859 и *N. distans* Gregory, 1857. Доминантную группу отдела Cyanophyta составляли *Anabaena bergii* Ostefeld, 1908, *Oscillatoria princeps* Vaucher, 1803, *Merismopedia minima* G. Beck, 1897, *M. tenuissima* Lemmermann, 1898, а также *Aphanizomenon flos-aqua* Ralfs, 1850 и *Aphanizomenon sphaericum* I. Kisselew, 1950. Среди Chlorophyta по массе преобладали колониальный вид *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, 1874 и крупноклеточные представители рода *Pediastrum*, такие как *P. boryanum var. perforatum* Raciborski, 1889, *P. simplex* Lemmermann, 1897 и *P. duplex var. reticulatum* Lagerheim, 1882, а также *Scenedesmus quadricauda* Brébisson, 1835. Довольно существенной численностью и биомассой характеризовались виды отдела Pyrrophyta – *Glenodinium capsicum* Schiller, 1931-1937 и *G. behningii* I. Kisselew, 1850.

Количественные показатели фитопланктона исследуемой акватории по сезонам отображены в таблице 2.

Таблица 2

Сезонные изменения численности и биомассы фитопланктона в прибрежной акватории острова Тюлений в 2016 г.

Table 2

Seasonal changes in the abundance and biomass of phytoplankton in the coastal waters of Tyuleny Island in 2016

Группы Group	Весна Spring		Лето Summer		Осень Autumn	
	тыс. экз.\м ³ thous. ind.\m ³	мг\м ³ mg\m ³	тыс. экз.\м ³ thous. ind.\m ³	мг\м ³ mg\m ³	тыс. экз.\м ³ thous. ind.\m ³	мг\м ³ mg\m ³
<i>Bacillariophyta</i>	41996,7	297,9	20772,4	199,1	30198,8	216,1
<i>Cyanophyta</i>	3289,9	18,6	21840,5	119,5	30177,0	183,2
<i>Chlorophyta</i>	9896,2	9,1	10266,7	25,1	6854,6	8,9
<i>Pyrrophyta</i>	69,3	1,7	692,8	14,7	3046,3	54,7
Итого / Total:	55252,1	327,3	53572,4	358,4	70276,7	462,9

Так же, как и по видовому разнообразию, максимальные количественные показатели для отдела Bacillariophyta отмечены в весенний период, для Chlorophyta пик в количественном развитии наблюдался летний, а для групп Cyanophyta и Pyrrophyta – в осенний период (табл. 2).



Гидробиологические исследования акватория острова Тюлений проводились нами также в 2015 г. [13]. По сравнению с 2015 г. в 2016 г. наблюдалось незначительное снижение численных показателей, и концентрация биомассы фитопланктона в прибрежной морской воде в исследуемый нами период не достигала 1 г/м^3 . По всей видимости, это связано с довольно стремительным ходом современной регрессии Каспийского моря (примерно на 1 м за последнее 10 лет).

Распределение биомассы фитопланктона в акватории о. Тюлений показало, что наибольшей продуктивностью характеризовалась открытая зона (северо-западная и юго-восточная части острова), без растительности, с благоприятным гидрохимическим режимом. Минимальные значения, как видового состава, так и количественных показателей были приурочены к сплошным камышовым зонам, в частности во внутреннем водоеме острова (Сазаньей лагуне), где сосредоточены сероводородные зоны с крайне неудовлетворительным гидролого-гидрохимическим режимом, ведущим к гибели гидробионтов [14]. В целом наблюдалось равномерное распределение фитопланктона по всей акватории острова, пятен высокой продуктивности обнаружено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в сезонной динамике самое высокое видовое разнообразие фитопланктона исследуемой акватории наблюдалось осенью. Для представителей отдела Bacillariophyta наибольшее видовое разнообразие отмечено в весенний и осенний периоды, для групп Суанорphyta и Chlorophyta – в летний, а для Ругторphyta – летний и осенний периоды. При этом представители отдела Ругторphyta были представлены самым низким числом видов по сравнению с водорослями других отделов за весь период исследований.

В целом, в 2016 г. в исследуемой акватории острова Тюлений сложились благоприятные как гидрологические, так и гидрохимические условия для развития микроводорослей. Фитопланктон характеризовался довольно высоким таксономическим разнообразием и количественными показателями с численным преобладанием отделов Bacillariophyta и Суанорphyta. Опресненная вода вокруг острова, хорошо прогреваемая летом и не замерзающая зимой, способствовала развитию богатой флоры. Хотя показатели биомассы не были высокими из-за преобладания в растительном планктоне мелкоклеточных водорослей, в целом, это должно положительно сказаться на развитии последующих звеньев трофической цепи и способствовать увеличению продуктивности вод Северного Каспия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. 166 с.
2. Иванов В.П., Сокольский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: КаспНИРХ, 2000. 181 с.
3. Абдурахманов Г.М., Гаджиев А.А., Шихшабеков М.М., Мунгиев А.А. Анализ экологического состояния Среднего Каспия и проблема воспроизводства рыб. М.: Наука, 2003. 424 с.
4. Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: ВНИРО, 1977. 72 с.
5. Усачев П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. 1961. Вып. 11. С. 411-415.
6. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
7. Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. Водоросли планктона Каспийского моря. М.-Л.: Наука, 1969. 290 с.
8. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли Черного моря. М.-Л.: АН СССР, 1955. 222 с.
9. Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Сине-зеленые



водоросли. М.: Советская наука, 1951. 652 с.

10. Ахмадуллова А.Э. Альгологические исследования микроводорослей в рекреационных озерах // Молодой ученый. 2011. N 4-1. С. 119-122.
11. Бархалов Р.М., Абдусаматов А.С., Столяров И.А., Таилов П.С. Рыбохозяйственное значение дагестанского побережья Каспия и рекомендации по сохранению рыбных запасов. Махачкала: АЛЕФ, 2016. С. 32-33.
12. Левшакова В.Д., Ардабьева А.Г., Татаринцева Т.А. Фитопланктон и первичная продукция планктона // Фауна и биологическая продуктивность Каспийского моря. М.: Наука, 2000. С. 5-54.
13. Османов М.М., Алигаджиев М.М., Гуруев М.А., Амаева Ф.Ш., Абдурахманова А.А. Гидробиологические исследования акватории острова Тюлений // Вестник Дагестанского научного центра. 2016. N 60. С. 14-19.
14. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. Астрахань: АГТУ, 2012. 255 с.

REFERENCES

1. Fedorov V.D. *O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti* [On methods of studying phytoplankton and its activity]. Moscow, Moscow State University Publ., 1979, 166 p. (In Russian)
2. Ivanov V.P., Sokolskiy A.F. *Nauchnye osnovy strategii zashchity biologicheskikh resursov Kaspiiskogo morya ot neftyanogo zagryazneniya* [Scientific bases of strategy of protection of biological resources of the Caspian Sea from oil pollution]. Astrakhan, KaspNIRKh Publ., 2000, 181 p. (In Russian)
3. Abdurakhmanov G.M., Gadzhiev A.A., Shikhshabekov M.M., Mungiev A.A. *Analiz ekologicheskogo sostoyaniya Srednego Kaspiya i problema vosproizvodstva ryb* [Analysis of the ecological condition of Caspian sea and the problem of fish reproduction]. Moscow, Nauka Publ., 2003, 424 p. (In Russian)
4. *Instruktsiya po sboru i obrabotke planktona* [Instructions for the collection and processing of plankton]. Moscow, VNIRO Publ., 1977, 72 p. (In Russian)
5. Usachev P.I. [Quantitative method of collecting and processing phytoplankton]. In: *Trudy Vsesoyuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva* [Proceedings of the All-Union hydrobiological society]. 1961, iss. 11, pp. 411-415. (In Russian)
6. Abakumov V.A. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii* [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983, 240 p. (In Russian)
7. Proshkina-Lavrenko A.I., Makarova I.V. *Vodorosli planktona Kaspiiskogo morya* [Plankton algae of the Caspian Sea]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1969, 290 p. (In Russian)
8. Proshkina-Lavrenko A.I. *Diatomovye vodorosli Chernogo morya* [Diatoms of the Black sea]. Moscow, Leningrad, AS USSR Publ., 1955, 222 p. (In Russian)
9. Gollerbakh M.M. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Sine-zelenye vodorosli* [The key to freshwater algae of the USSR. Blue-green algae]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1951, 652 p. (In Russian)
10. Akhmadullova A.E. Algological studies of micro-algae for recreational lakes. *Molodoi uchenyi* [Young scientist]. 2011, no. 4-1, pp. 119-122. (In Russian)
11. Barkhalov R.M., Abdusamadov A.S., Stolyarov I.A., Taibov P.S. *Rybokhozyaistvennoe znachenie dagestanskogo poberezh'ya Kaspiya i rekomendatsii po sokhraneniyyu rybnyykh zapasov* [Fishery value of the Dagestan coast of the Caspian Sea and recommendations for conservation of fish stocks]. Ma-khachkala, ALEF Publ., 2016, pp. 32-33. (In Russian)
12. Levshakova V.D., Ardab'eva A.G., Tatarintseva T.A. [Phytoplankton and primary production of plankton]. In: *Fauna i biologicheskaya produktivnost' Kaspiiskogo morya* [Fauna and biological productivity of the Caspian Sea]. Moscow, Nauka Publ., 2000, pp. 5-54. (In Russian)



13. Osmanov M.M., Aligadzhiev M.M., Guruev M.A., Amaeva F.Sh., Abdurakhmanova A.A. Hydrobiological researches of the Tyuleny island's water area of the Caspian Sea. Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra [Herald of the Dagestan Scientific Center]. 2016, no. 60, pp. 14-19. (In Russian)
14. Ivanov V.P., Komarova G.V. *Ryby Kaspiiskogo morya* [Fish of the Caspian Sea]. Astrakhan, AS-TU Publ., 2012, 255 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Руслан М. Бархалов*, кандидат биологических наук, с.н.с. лаборатории морской биологии, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр РАН, ул. М. Гаджиева, 45, г. Махачкала, 367000, Россия; тел.: + 79285257121, e-mail: barkhalov.ruslan@yandex.ru, <http://www.researcherid.com/rid/J-4931-2018>

Айшат А. Абдурахманова, н.с. лаборатории морской биологии, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр РАН, г. Махачкала, Россия.

Франгиз Ш. Амаева, кандидат биологических наук, н.с. лаборатории морской биологии, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр РАН, г. Махачкала, Россия.

Критерии авторства

Руслан М. Бархалов собрал, обработал и проанализировал данные, провел обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написал статью. Франгиз Ш. Амаева, Айшат А. Абдурахманова систематизировали и анализировали полученные данные, откорректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.07.2018

Принята в печать 14.01.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Ruslan M. Barkhalov*, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Centre, RAS; 45 Gadzhieva St., Makhachkala, 367000 Russia; tel. + 79285257121, e-mail: barkhalov.ruslan@yandex.ru, <http://www.researcherid.com/rid/J-4931-2018>

Ayshat A. Abdurakhmanova, Researcher, of the Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Centre, RAS, Makhachkala, Russia.

Frangiz Sh. Amaeva, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Centre, RAS, Makhachkala, Russia.

Contribution

Ruslan M. Barkhalov collected, processed and analyzed the data, reviewed the literature on the problem, as well as wrote the manuscript. Frangiz Sh. Amaeva, Ayshat A. Abdurakhmanova systematized and analyzed the data, improved on the manuscript prior to its submission. All authors are responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 17.07.2018

Accepted for publication 14.01.2019



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ И РЕКРЕАЦИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 338.2: 332.1

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-132-149

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН)

^{1,2}Элеонора Г. Матюгина, ^{2,3}Ольга В. Пожарницкая*, ¹Ольга В. Вусович

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, Россия, rov@tpri.ru

Резюме. Цель: выявление подходов к оценке формирования туристско-рекреационного профиля территории на основе такой характеристики как уникальность природных объектов. **Методы.** В процессе исследования подходов к организации рекреации, структурных признаков территориального пространства использовались системный, аналитический, сравнительно-географический методы анализа на примере Республики Дагестан. **Результаты.** Отмечена субъективная природа иерархизации рекреационной потребности, определяющая позиционирование видов рекреации и, соответственно, последовательность вовлечения объектов в оборот. Дано определение туристско-рекреационного профиля территории (ТРПТ), основанного на оценке уникальности ресурсов/объектов. Рассмотрены варианты комбинации различных характеристик уникальности рекреационных ресурсов, формирующие уровень конкуренции и охват субъектов, демонстрирующих рекреационный интерес. Доказана и подкреплена фактологическим материалом многоуровневость географической уникальности природных объектов (данные по Республике Дагестан). **Заключение.** На основании позиционирования моно- и полиструктурного характера уникальности выявлены приоритетные направления развития туристско-рекреационного профиля территории, в т.ч. с позиции обеспечения непрерывности рекреационного процесса. Полиструктурный характер уникальности, будучи ориентирован на удовлетворение широкого спектра рекреационных потребностей, способствует не только наиболее полному использованию потенциала территории, но и обеспечивает перманентность рекреации за счет вовлечения в процесс «сезонных» объектов. Уникальность рекреационных объектов Республики Дагестан рассмотрена как на локальном, так и на страновом уровне. Установлено отсутствие локальной уникальности ряда ресурсов при наличии их уникальности на национальном уровне. Проанализировано состояние инфраструктуры туризма на основе ряда коэффициентов, предложенных авторами; оценена востребованность санаторно-курортных организаций и мест отдыха.



Ключевые слова: объекты природного происхождения, рекреация, туристско-рекреационный профиль, уникальность, Республика Дагестан.

Формат цитирования: Матюгина Э.Г., Пожарницкая О.В., Вусович О.В. Природный потенциал как основа формирования туристско-рекреационного профиля территории (на примере Республики Дагестан) // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.132-149. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-132-149

NATURAL RESOURCES AS A BASIS FOR CREATING THE TOURIST-RECREATIONAL PROFILE OF A TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN)

^{1,2}Eleonora G. Matyugina, ^{2,3}Olga V. Pozharnitskaya*, ¹Olga V. Vusovich

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia

³National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, pov@tpu.ru

Abstract. Aim. The study was aimed at identifying approaches to the assessment of the tourist-recreational potential of a territory based on the uniqueness of its natural resources. **Methods.** In the process of studying approaches to the organisation of recreation zones, as well as the structural features of a territory, systematic, analytical and comparative geographical methods of analysis were used. The Republic of Dagestan was used as an example. **Results.** It is shown that the formation of the hierarchy of recreational needs has a subjective character, which determines the positioning of recreations of various types and their involvement in exploitation. A definition of a tourist-recreational profile of the territory (TRPT) is proposed on the basis of such a criterion as the uniqueness of resources/facilities. Various combinations of the characteristics of the uniqueness of recreational resources, forming the level of competition and coverage of objects presenting recreational interest, are considered. The multi-level structure of the geographical uniqueness of natural facilities has been proved and supported by empirical data (for the Republic of Dagestan). **Conclusion.** Using the data obtained on the mono- and poly-structural character of the uniqueness of natural objects, priority directions for the development of the tourist and recreational profile of the territory have been identified, including ensuring the continuity of the recreational process. Being focused on meeting a wide range of recreational needs, the poly-structural character of the natural facility uniqueness contributes not only to the optimal use of the territory's potential, but also ensures the permanence of recreation by involving seasonal facilities in the process. The uniqueness of the recreational facilities of the Republic of Dagestan is considered both at the local and national levels. For a number of natural objects, the absence of their local uniqueness under the presence of their national uniqueness has been established. The current state of the tourism infrastructure in Dagestan has been analysed on the basis of a number of indicators proposed by the authors. In addition, the demand for sanatorium and tourist facilities and recreation areas is assessed.

Keywords: natural facilities, recreation, tourist and recreational profile, uniqueness, Republic of Dagestan.



For citation: Matyugina E.G., Pozharnitskaya O.V., Vusovich O.V. Natural resources as a basis for creating the tourist-recreational profile of a territory (on the example of the Republic of Dagestan). *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 132-149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-132-149

ВВЕДЕНИЕ

Включение рекреационного компонента в воспроизводственные процессы объективно обусловлено интенсификацией развития производительных сил, одновременно участвующих в формировании условий жизнедеятельности общества и оказывающих негативное воздействие на здоровье и трудоспособность населения. Компенсация последнего может протекать непосредственно в процессе трудовой деятельности (режим труда и отдыха, внутрисменные перерывы и т.д.) и в отрыве от нее (отпуск, организация спортивных, оздоровительных мероприятий и т.д.). В рекреацию вовлечен достаточно широкий круг субъектов, являющихся ее организаторами и выгодоприобретателями, допускающая как интеграцию статусов, так и обособленную их реализацию. Ярким примером тому выступает туризм, аттестуемый не только как форма реализации рекреационного интереса хозяйствующих субъектов всех уровней, но и как сфера национальной экономики, характеризующаяся однонаправленной динамикой с таким значимым макроэкономическим показателем как валовой внутренний продукт (ВВП) (табл. 1).

Таблица 1

Сопоставление темпов роста ВВП и объема туристических услуг*

Table 1

Comparison of the GDP and tourism services growth rates*

Год / Year	2011	2012	2013	2014	2015
Темп роста туристических объемов услуг, % Growth rate of the tourism services, %	118,1	105,9	106,3	114,6	107,8
Темп роста ВВП, % GDP growth rate, %	128,9	112,1	106,1	111,5	105,1

*Основой расчета послужили данные отчетности Федеральной службы государственной статистики [1]

*Calculation is based on data by the Federal State Statistics Service [1]

Многообразие и комбинаторность туристических услуг позволяет говорить о некоем синергетическом эффекте, проявляющемся в одновременном удовлетворении ряда потребностей, обеспечивающем полное использование потенциала территории и повышающих ее привлекательность как места отдыха. Например, развитие туристических зон на базе объектов природного происхождения обеспечивает (в зависимости от типа объекта) сочетание оздоровительного, пляжного, экстремального, познавательного и других видов туризма.

Иерархизация видов рекреационной потребности достаточно субъективна по природе, что обуславливает настоятельность их ранжирования по признаку приоритетности реализации, проецируясь на последовательность/полноту вовлечения различных рекреационных объектов в процесс ее удовлетворения (немаловажную роль при этом играет уникальность характеристик объектов, наличие альтернатив). Тем самым происходит формирование туристско-рекреационного профиля территории (ТРПТ), под которым нами понимается система организации туристско-рекреационной деятельности, базирующейся на позиционировании и приоритетном развитии ее актуализированных направлений, в т.ч. на основе уникальных объектов различного происхождения, исходя из существующих и/или целенаправленно формируемых преимуществ территории. Предлагаемое



определение ни в коем случае не исключает возможности, более того – необходимости, вовлечения прочих, непрофильных направлений/объектов в процесс рекреации. Формируются предпосылки комбинированного использования инструментов обособления и интеграции, где первые связаны с определением ТРПТ, вторые – с обеспечением его системности, комплементарности предоставляемых услуг [2].

Целью является исследование формирования туристско-рекреационного профиля территории на основе такой характеристики как уникальность природных объектов, проектируемой на содержание рекреации.

Объект исследования – совокупность количественных и качественных параметров природных рекреационных объектов выбранного региона (Республика Дагестан), в т.ч. в сравнении с другими территориями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках представленного исследования для оценки рекреационного потенциала территорий Юга России использовались методы анализа и синтеза, обобщения, индукции, системный подход, восхождение от абстрактного к конкретному. Источниками информации выступили нормативно-законодательные акты, материалы официальной статистики, периодических изданий.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЯ

Привлекательность территории, как туристско-рекреационной, предполагает ее «непохожесть», обеспечиваемую уникальностью ресурсов/объектов, представляющих рекреационный интерес [3]. ТРПТ представляет собой совокупность объектов, часть которых формирует основу профиля, оставшиеся же выполняют комплементарные функции, обеспечивая комплексность рекреации (при чем не исключено изменение «статуса» объекта – переход из дополняющих в основные, связанный в т.ч. с субъективной природой рекреации). Классификация объектов ТРПТ приведена на рисунке.

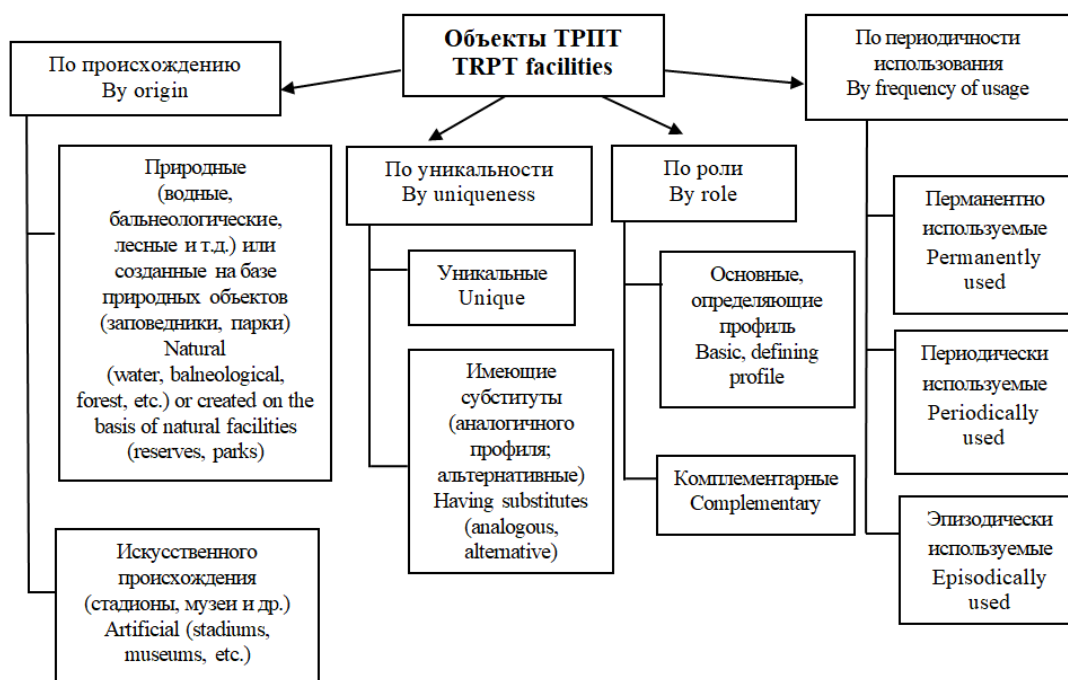


Рис. Классификация объектов ТРПТ
Fig. Classification of TRPT facilities



Уникальность ресурсов/объектов, как ведущий критерий туристско-рекреационной профилизации территории, может быть рассмотрена в нескольких аспектах:

- по географическому признаку – отражает распространенность ресурсов, в т.ч. на локальном, страновом, международном уровнях;
- по качественному признаку – относится к совокупности характеристик объекта, демонстрируя их оригинальность, непохожесть на существующие;
- по признаку вариативности – связана с широким диапазоном характеристик, обеспечивающих привлечение большего числа пользователей.

Примем в качестве ведущего географический признак, ибо именно он предопределяет тип/массовость аудитории, заинтересованной в получении доступа к рекреационным ресурсам. Сочетание его с качественной уникальностью, определяющей, по сути, доступность рекреационного объекта позволит дать прогноз потенциального уровня конкуренции в аспекте его использования. Вариативность, отражающая возможность смены профиля рекреационного объекта, его подвижность (сезонную или циклическую), в комбинации с географическим признаком предопределяет охват «потребительской аудитории» (табл. 2).

Таблица 2

Комбинация видов уникальности рекреационных ресурсов

Table 2

Combination of uniqueness types for recreational resources

Географическая уникальность Geographical uniqueness	Качественная уникальность* Quality uniqueness*		Вариативность** Variability**	
	Оригинальные характеристики Original Features	Наличие субститутов Availability of substitutes	Узкая (моно-использование) Specific (mono-use)	Широкая (поли-использование) Wide (poly-use)
локальная / local	БК / НС	БК-НК / НС-LC	ОО / LC	СО / MedC
страновая / country	БК / НС	БК-СК / НС-МС	МО ^с / MaxC ^с	МО / MaxC
международная / international	БК / НС	БК / НС	МО ^с / MaxC ^с	МО / MaxC

Примечание: *БК, СК, НК – высокий, средний и низкий уровень конкуренции соответственно; **ОО, СО, МО – ограниченный, средний, максимальный охват субъектов (МО^с – сезонный характер).

Note: *НС, МС, LC – high, medium and low level of competition, respectively; **LimC, MedC, MaxC – limited, medium, maximum coverage of subjects (MaxC^с – seasonal characteristic).

Нельзя не отметить, что уникальность ресурсов еще не является гарантией приобретения ими статуса основных в ТРПТ; важным условием является актуализированность потребности в обществе. Так, ухудшение качественных характеристик человеческого капитала в связи в т.ч. с загрязнением среды обитания (согласно докладу Министерства природных ресурсов и экологии РФ в 20 субъектах страны 17% и более городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого загрязнения воздуха, из них в трех (Санкт-Петербург, Свердловская область (и Екатеринбург), Таймырский АО) – более 75% городского населения [4]), обеспечивает позиционирование оздоровительного направления туризма как значимого [5].

Основными ресурсами Республики Дагестан, соответствующими рассматриваемому виду потребности, являются морские и бальнеологические. Для оценки их уникальности проведем сравнение с «конкурентами» – территориями, имеющими «выход к морю» как регионального (табл. 2), так и странового уровня (табл. 3) [6; 7-10].



Таблица 3

Сопоставление «морских» рекреационных районов

Table 3

Comparison of sea recreational regions

Море Sea	Характеристика / Characteristics
Черное Black Sea	<p>Кавказско-Черноморский район: купальный сезон продолжается около 4 мес. (май – октябрь), температура воды – от + 18 до + 24°C; Северная Анапская курортная зона ориентирована на детский и семейный отдых (150 рекреационных учреждений); Большой Геленджик (117 учреждений отдыха, преимущественно оздоровительные); Туапсинский курортный район (оздоровительный отдых); Большие Сочи (охватывает 145 км вдоль берега Черного моря; рекреационная сеть – более 220 учреждений отдыха); На территории Крыма расположено 487 пляжей, в том числе 337 общедоступных (69%), 78 – лечебных (16%) и 72 детских (15%) Caucasian-Black Sea region: swimming season continues about 4 months (May-October), the water temperature ranges from +18 to +24°C; Northern Anapa resort zone: family oriented recreation (150 recreational establishments); Greater Gelendzhik: 117 recreational establishments, health-improvement predominantly; Tuapse resort region: health-improvement rest; Greater Sochi: covers 145 km along the Black Sea, recreational network includes more than 220 recreation facilities; Crimea territory: 487 beaches, including 337 public (69%), 78 health-improvement (16%) and 72 children (15%).</p>
Азовское Sea of Azov	<p>Азовский район: пляжный сезон открывается с конца весны, к середине мая море прогревается до +17°C, летом до +26°C; по количеству солнечных дней в году Азовское море не уступает Крыму (около 2320 часов в год). Рекреационная сеть развита слабо. В районе находится один курорт республиканского значения Ейск (бальнеогрязевой), несколько домов отдыха, турбаз. Azov region: swimming season starts at the end of spring and, by the middle of May, the sea warms up to +17°C with the summer temperature reaching +26°C; the Sea of Azov is compared in terms of sunny days to Crimea (about 2320 hours per year). Recreational network is weakly developed. The area includes one resort of republican significance, Yeisk (mud-bath health resort), several holiday homes and tourist centres.</p>
Каспийское Caspian sea	<p>Море неглубокое, хорошо прогревается, купальный сезон длится свыше 4 месяцев. Курортные зоны побережья Каспийского моря: • Махачкалинская – 55 тыс. га (протяженность 80 км); • Самурская – 30 тыс. га (42 км); • Манасская – 27 тыс. га (48 км); • Каякентская – 32 тыс. га (40 км). The sea is shallow and well warmed up, with the swimming season lasting over 4 months. Resort areas of the Caspian Sea coast: • Makhachkala – 55 thousand hectares (length 80 km); • Samur – 30 thousand hectares (42 km); • Manas – 27 thousand hectares (48 km); • Kayakent – 32 thousand hectares (40 km).</p>

Существенных различий между территориями (качественная уникальность) не наблюдается – длительность купального сезона, температура воды и др. – однако наиболее освоенным следует признать побережье Черного моря. Рассмотрим географическую уникальность морских ресурсов в страновом масштабе (табл. 4) [9]. Складывается довольно-таки парадоксальная ситуация – географическая и качественная уникальности



данного рекреационного объекта нивелированы на локальном уровне (близость характеристик морей, их расположение), но имеют неоспоримые преимущества в страновом масштабе. На международном уровне конкуренцию отечественным морям составляют такие страны как Египет, Турция, Испания, Таиланд и др. Однако, ряд политических и экономических событий способствовали превалированию объемов внутреннего туризма над выездным (2016 год).

Таблица 4

Приморские курорты России

Table 4

Seaside resorts of Russia

Местоположение / Location	Характеристика / Characteristics
Финский залив (Восточное и Южное побережья – Санкт-Петербургская курортная зона) Gulf of Finland (Eastern and Southern coasts, St. Petersburg resort area)	Климат умеренно континентальный, с чертами морского влияния, лесной зоны. Купальный сезон – с середины июля до конца августа (средняя температура воды в июле +19,3°C) The climate is temperate continental with features of maritime and forest zone influence. Swimming season lasts from the mid-July to the late August (average water temperature in July comprises +19.3°C)
Побережье Балтийского моря (Калининградская курортная зона) Baltic Sea Coast (Kaliningrad resort area)	Климат морской умеренных широт, лесной зоны. Лето умеренно теплое. Температура морской воды в июне-сентябре +16,5 – +17,5°C Climate of temperate maritime and forest zone. Summer is moderately warm. The temperature of sea water in June-September is +16.5...+17.5°C
Побережье Амурского залива (Дальний Восток, Владивостокская курортная зона) The coast of the Amur Bay (Far East, Vladivostok resort area)	Климат муссонный, умеренных широт; летом – с влажным морским; зимой – с континентальным, сухим воздухом лесной зоны. Температура морской воды летом +22 – +24°C. Купальный сезон: середина июня – конец сентября The climate is monsoon and temperate latitudes; with a wet sea and continental dry air of the forest zone in the summer and winter, respectively. Sea temperature in the summer is +22...+24°C. Swimming season: mid-June – the end of September

Это указывает на то, чтобы действительно включили объект «море» в туристско-рекреационный профиль, тем более что порядка 55% рекреантов связывают свой отдых и оздоровление с пребыванием у воды [11]. Таким образом, уникальность территорий Юга России связана с их географической уникальностью на страновом уровне, т.е. возможностью организации морского пляжного отдыха при практическом отсутствии аналогичных альтернатив в масштабах страны, связанных с несопоставимостью показателей купального сезона и весьма ограниченной географической распространенностью.

Не менее значимый элемент – бальнеологические ресурсы, по уровню обеспеченности и охвату качественных характеристик, которых бесспорным лидером является Каспийский район (табл. 5) [10].



Таблица 5

Характеристика бальнеологических ресурсов рассматриваемых территорий

Table 5

Characteristics of the balneological resources of the territories under consideration

Район / Region	Характеристика / Characteristics
Кавказско-Черноморский Caucasian-Black Sea	<p>Преобладают сульфидные воды мацестинского типа. Наибольшие запасы лечебных грязей обнаружены на севере района (иловые сульфидные грязи Витязевского лимана и озер Соленого, Чумбурка и Голубицкого). Сочинские курорты обеспечиваются лечебными глинистыми железистыми илами из Имеретинской бухты. Matsestian type sulphide waters are predominant. The largest reserves of therapeutic mud were found in the north of the region (silt sulphide mud of the Vityazevsky estuary and the lakes Solenoye, Chumburka and Golubitskoe). Sochi resorts are provided with therapeutic clay ferrous silts from the Imereti Bay.</p>
Каспийский Caspian	<p>В наличии все бальнеологические группы минеральных вод:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сероводородные (43% от общего количества источников, распространены по всей территории); • углекислые (в основном в высокогорьях); • соляно-щелочные (21% от общего числа минеральных источников); • йодно-бромные и борные (наиболее распространенный тип); • содово-глауберовые; • сульфатные (предгорный и южно-горный Дагестан); • доломито-известковые (встречаются редко, ценны); • кремнистые (содержание кремниевой кислоты не ниже 50 мг/л); • железистые (содержание общего железа не ниже 10 мг/л); • слаборадонные (содержание радона ниже нормы). <p>Выявлено и описано свыше 300 целебных минеральных источников; для лечебных целей используется всего 5 скважин Махачкалинского месторождения и две-три скважины в курортных местностях Талги, Каспийск, Каякент, Рычал-су. All balneological mineral water groups are presented:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hydrogen sulphide (43% of the total number of springs distributed throughout the territory); • carbonic (mainly in the highlands); • salt-alkaline (21% of the total number of mineral springs); • iodine-bromine and boric (the most common type); • sodium-sodium sulphate; • sulphate (foothill and south-mountain Dagestan); • dolomite-calcareous (rare, valuable); • siliceous (the content of silicic acid is not lower than 50 mg/l); • ferrous (total iron content not less than 10 mg/l); • slightly radon (radon concentration is below normal). <p>Over 300 healing mineral springs have been identified and described; for therapeutic purposes, only 5 wells of the Makhachkala field and two or three wells in the resort areas of Talga, Kaspiysk, Kayakent and Rychal-su are used.</p>
Азовский Azov	<p>Богаты месторождениями иловых лиманных и озерных грязей, есть источники сероводородных и йодобромных минеральных вод. Целебные грязи и минеральные источники делают Ейский район одним из лучших бальнеологических и грязевых курортов на Азовском море. Открыты несколько источников сероводородных, азотно-метановых, хлоридно-натриевых и йодо-бромных вод, применяемых для ванн. На всех курортах используется лечебная иловая грязь соленого Ханского озера.</p>



The resorts are rich in silt estuary and lake mud with sources of hydrogen sulphide and iodine-bromine mineral waters presented. Healing mud and mineral springs make Yeisk district one of the best balneological and mud resorts on the Sea of Azov. Several sources of hydrogen sulphide, nitrogen-methane, sodium chloride and iodine-bromine waters applicable for baths have been discovered. All the resorts apply therapeutic silt mud of salty Khan's lake.

Среди близлежащих территорий неоспоримым конкурентом является Северо-Кавказский район, представленный углекислыми сероводородными, углекислыми безсульфидными, углекислыми железистыми и радоновыми холодными и теплыми водами различного химического состава питьевого и бальнеологического назначения (г. Пятигорск), а также холодными и теплыми гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальцевыми воды, применяемые для ванн и питья (г. Железноводск). На курорте «Кавказские Минеральные воды» используется лечебная иловая грязь озера Тамбукан. Бальнеологические курорты имеют широкий географический разброс и по территории России. Например [12]:

- на основе торфяных грязей: Светлогорск, Отрадное, Зеленоградск (Калининградская область); Кашин (Тверская область); Усолье-Сибирское (Иркутская область); Бакирово (Республика Татарстан); Варзи-Ятчи (Республика Удмуртия) и др.;
- на основе сапропелевых грязей: Молотаево (Свердловская область); Увильды (Челябинская область); Якты-куль (Республика Башкортостан); Тараскуль (Тюменская область); Талая (Магаданская область); Марциальные Воды (Республика Карелия);
- на основе сульфидных иловых грязей: Озеро Медвежье (Курганская область), Учум (Красноярский край), Старая Русса (Новгородская область); Паротунка (Камчатская область); Усть-Кут (Иркутская область) и т.д.

Обособленное исследование бальнеологического направления позволит констатировать тот факт, что перечисленные территории являются конкурентами, преимущества их предопределены спецификой источников. Однако, все территории не имеют «выхода к морю», следовательно, их профиль более узок.

Вышесказанное позволяет выделить моно- и полиструктурный характер уникальности ТРПТ, определяемом:

- числом и видом объектов, его формирующих (является объективно оцениваемой характеристикой);
- предпочтениями пользователей (субъективная оценка, способствующая переходу рекреационных объектов из категории комплементарных в основные – например, пляжный отдых + познавательный туризм при игнорировании бальнеологического направления).

Республике Дагестан присущ именно полиструктурный характер уникальности, ибо ее ТРПТ представлен морскими и бальнеологическими ресурсами. Уникальность первых – географическая (на страновом уровне и даже международном: Курорт «Галги» – единственная в мире бальнеолечебница, основой которой являются сульфидные воды с содержанием сероводорода), вторых – качественная и вариативная (все виды минеральных вод).

Территория Республики Дагестан представлена низменным, предгорным, внутригорным и высокогорным рельефами, комбинация которых создает особые условия для развития туризма, требуя включения данных объектов в туристско-рекреационный профиль (табл. 6, [13]). Причем, данные объекты могут быть рассмотрены и как основные в ТРПТ.



Таблица 6
Объекты природного происхождения, представляющие рекреационный интерес
Table 6

Вид / Type	Характеристика / Characteristics
Горные реки Mountain rivers	Казикумухское Койсу (Лакский район), Кара-Койсу (Чародинский район), Аварское Койсу (Гумбетовский и Шамильский районы), Самур-чай (Докузпаринский район) – подходят для развития рафтинга. Kazikumukh Koisu (Lak district), Kara-Koisu (Charodin district), Avar Koisu (Gumbetov and Shamil districts), Samur-chai (Dokuzparin district) are good for the rafting development.
Горные массивы Mountain ranges	Горные территории пригодны для развития горного, спортивного, экологического, экстремального видов туризма, альпинизма, скалолазания и другие (например, горные массивы Базардюзю, Ярыдаг, Шалбуздаг (Докузпаринский район) – альпинизм; развитие охотничьего туризма возможно в высокогорном Дагестане, Аграханском и Кизлярском заливах). Mountain areas are good for the development of mountain, sport, ecological and extreme types of tourism (for example, the Bazardyuzu, Yarydag and Shalbuzdag mountains (Dokuzparin district) are perfect for mountaineering; the development of hunting tourism is possible in the high mountainous Dagestan, Agrakhan and Kizlyar bays).
Природные объекты Natural facilities	Озеро Кезеной-Ам, Кугский золотой город (ландшафтный памятник природы), озеро Мочох и Аранинский водопад Тобот, пещера Дюрк, Ханагский водопад, Горный ботанический сад «Гунибское плато», долина Рычал-Су, Каменный мост в с. Силажи и Тисовая роща в с. Газия (Кайтагский район), можжевельниковая роща Ногайского района и др. Lake Kezenoy-Am, Kug eolian city (landscape monument of nature), Lake Mochokh and Aranin Tobot waterfall, Dyurk cave, Khanag waterfall, "Gunib Plateau" mountain botanical garden, Rychal-Su valley, Stone bridge in Silagi village and yew grove in Ghaziya village (Kaytag district), juniper grove of Nogai district, etc.
Леса Forests	Особого внимания заслуживает Самурский лес, многие реликтовые виды флоры и фауны которого занесены в Красную книгу России. The Samur Forest deserves special attention due to many relic species of flora and fauna listed in the Red Book of Russia.

Таким образом, туристско-рекреационный потенциал Республики Дагестан достаточно многогранен, его уникальность имеет потенциально подвижную полиструктуру. Последняя формирует предпосылки перманентности его использования, основанной на комбинаторности видов рекреации и, соответственно, вовлекаемых в нее объектов. Так проявляется сезонность ТРПТ, реализуемая в периодически повторяющейся трансформации состава и ранжирования объектов, участвующих в рекреации. Например, по окончании купального сезона акцент может быть смещен на горный, спортивный, экстремальный и др. виды туризма. Так, горные массивы республики могут быть использованы для организации горнолыжного отдыха. Туристско-рекреационный комплекс горных территорий Дагестана в настоящее время представлен 58 детскими оздоровительными лагерями при школах, 1 базой отдыха, 4 санаторно-курортными организациями, 4 гостиницами на 110 мест. Позиционирование данного компонента в ТРПТ подтверждает факт реализации подготовительных работ по созданию горнолыжного курорта «Матлас» в Хунзахском районе, проект горнолыжного курорта «Чиндирчери» (Акушинский район). Примером полиструктуры ТРПТ может выступать планируемое создание туристического кластера «Золотые дюны» в Кизлярском районе, ориентированного на оздоровительный и активный отдых (рыбалка, охота, прогулочный отдых и др.) [14; 15].

Рассматривая объекты природного происхождения в качестве основы ТРПТ, нельзя не обратить внимание на объекты, обеспечивающие полноту использования потенциала территории, подчеркивающие ее самобытность. Они, являясь, безусловно,



уникальными, дополняют, как правило, основные виды рекреации в сезон и компенсируют при правильной организации «сезонные ямы» рекреации (табл. 7) [16; 17].

Таблица 7

Объекты, связанные с историческим наследием

Table 7

Facilities of historical heritage

Объект Facility	Характеристика / Characteristics
Историко-культурные Historical and cultural	<p>Под охраной находится более 8 тысяч памятников. Уникальными памятниками являются: оборонительная система Дербента с крепостью Нарын-кала, крепостные стены Даг-бара (VI в.), Джума мечеть в селе Кумух (XIII в.), высокогорное село-крепость Кала-Корейш (XI в.). В Дербенте находится крепость «Нарын-Кала», признанная ЮНЕСКО памятником мирового значения. Через Дербент проходил Великий шелковый путь.</p> <p>В живописном селении Нижний Гуниб сохранились остатки русской крепости времен Кавказской войны. В Верхнем Гунибе – развалины селения, где 25 августа 1859 г. русским войскам сдался в плен Шамиль.</p> <p>More than 8 thousand monuments are under governmental protection. The unique monuments: the defence system of Derbent with the Naryn-Kala fortress, the fortress walls of Dag-bar (6th century), the Juma mosque in the village of Kumukh (13th century), the high-mountainous Kala-Koreysh village-fortress (11th century). The Naryn-Kala fortress in Derbent is recognised by UNESCO as a monument of world importance. Derbent was located on the Great Silk Road.</p> <p>In the picturesque village of Nizhny Gunib, the remains of the Russian fortress of the Caucasian war are preserved. In Upper Gunib presents the ruins of the village, where on August 25 1859, Shamil surrendered to the Russian troops.</p>
Народные ремесла Folk crafts	<p>Интерес для познавательного туризма представляют аулы, населённые ремесленниками, такие как Кубачи, Унцукуль, Гочатль, Балхар и другие. Шедевры народных промыслов – ювелирные украшения, ковры, деревянные изделия, холодное и огнестрельное оружие, керамика.</p> <p>The educational tourism is presented by the villages inhabited by artisans, such as Kubachi, Untsukul, Gotsatl, Balkhar and others. Masterpieces of folk crafts include jewellery, carpets, wooden products, cold and firearms and ceramics.</p>

Исследуя уникальность ТРПТ, нельзя упускать такую значимую ее характеристику как развитие инфраструктуры, обеспечивающей доступность территории, комфортность проживания. Несомненным преимуществом Республики Дагестан в аспекте транспортной доступности является [13]:

- ее расположение на пересечении международных транспортных коридоров «Запад – Восток» и «Север – Юг»;
- наличие морской транспортной инфраструктуры;
- относительно высоки показатели плотности железнодорожной и автомобильной сети (густота ж/д путей общего пользования составляет 103 км путей на 10 тыс. км² территории против 50 км – по РФ; плотность автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования – 370 км на 1 тыс. км² территории (58 км – по РФ);
- удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей длине автомобильных дорог общего пользования – 78,8% (70,5% – по РФ);
- развитость авиасообщения и автотрасс и т.д.

Кроме транспортной доступности важной характеристикой является наличие мест размещения, структура которых по типам, распределению койко-мест и числу отдыхающих приведена в таблице 8 [18].



Таблица 8
Санаторно-курортные организации и организации отдыха Республики Дагестан*
Table 8

Sanatorium resort and recreation organisations of the Republic of Dagestan*

Показатель / Indicator	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Структура организаций, числа размещенных** Structure of organisations, hosted number**						
<i>Структура санаторно-курортных организаций и организаций отдыха, всего:</i> Structure of sanatorium resort and recreation organisations, total:	100	100	100	100	100	100
➤ санатории и пансионаты с лечением sanatoria and boarding houses with treatment	47	47	40	32	42	39
➤ санатории-профилактории sanatorium-preventorium	53	53	53	50	42	39
➤ базы отдыха recreation centres	-	-	7	-	-	6
➤ турбазы tourist centers	-	-	-	18	16	16
<i>Структура койко-мест по видам организаций, всего:</i> Guest structure by the type of organisation, total:	100	100	100	100	100	100
➤ санатории и пансионаты с лечением sanatoria and boarding houses with treatment	58	52	41	46	50	52
➤ санатории-профилактории sanatorium-preventorium	42	48	48	38	33	26
➤ базы отдыха recreation centres	-	-	11	-	-	3
➤ турбазы tourist centres	-	-	-	16	17	19
<i>Структура числа размещенных по видам организаций, всего:</i> Structure of the guest number by type of organisation, total:	100	100	100	100	100	100
➤ санатории и пансионаты с лечением sanatoria and boarding houses with treatment	46	39	48	49	52	51
➤ санатории-профилактории sanatorium-preventorium	54	61	43	42	36	34
➤ базы отдыха recreation centres	-	-	9	-	-	4
➤ турбазы tourist centres	-	-	-	9	12	11

Примечание: * данные приведены без учета микропредприятий; ** рассчитано авторами.
Note: * data are given without consideration of microenterprises; ** calculated by the authors.

Как свидетельствуют приведенные данные, структура санаторно-курортных организаций Дагестана представлена преимущественно санаториями и пансионатами с лечением и санаториями-профилакториями (если доля первых нестабильна и в течение 5 лет варьируется в пределах 39-47%, то вторые демонстрируют устойчивую тенденцию к снижению, несмотря на прирост их числа в 2014-2015 гг.). В 2013-2015 гг. отмечен новый вид организаций – турбазы, удельный вес которых составляет порядка 16-18% (по количеству 2013 г. – 2, 2014 г. – 3, 2015 г. – 4). Сокращение доли санаториев и профилакториев с лечением не помешало, тем не менее, данному типу организаций



обеспечивать около 50% отдыхающих койко-местом, а вот по санаториям профилакториям, напротив, наметилась тенденция снижения данного показателя.

Для оценки востребованности рассмотренных организаций определим ряд коэффициентов (табл. 9) [18].

Таблица 9

Востребованность санаторно-курортных организаций и мест отдыха

Table 9

Demand of sanatorium resort organisations and recreational facilities

Показатель / Indicator	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Исходные данные / Feed data						
<i>Число санаторно-курортных организаций и организаций отдыха – всего:</i> <i>Number of sanatorium resort organisations and recreation organisations, total:</i>	14	14	15	16	19	18
в них коек (мест) guest number	1875	2114	2701	2436	2466	2246
размещено всего, тыс. чел. totally hosted, ths. people	12,4	13,8	22,1	21,3	19,0	20,4
<i>Число санаториев и пансионатов с лечением</i> <i>The number of sanatoria and boarding houses with treatment</i>	6	6	6	6	8	7
в них коек guest number	1090	1111	1111	1111	1231	1171
размещено, тыс. чел. totally hosted, ths. people	5,7	5,4	10,7	10,5	9,9	10,3
<i>Число санаториев-профилакториев</i> <i>Number of sanatorium-preventorium</i>	8	8	8	8	8	7
в них коек guest number	785	1008	1290	930	805	585
размещено, тыс. чел. totally hosted, ths. people	6,7	8,4	9,6	8,9	6,9	7,0
<i>Число баз отдыха</i> <i>Number of recreation centres</i>	-	-	1	-	-	1
в них коек guest number	-	-	300	-	-	60
размещено, тыс. чел. totally hosted, ths. people	-	-	1,8	-	-	0,9
<i>Число турбаз</i> <i>Number of tourist centres</i>	-	-	-	2	3	4
в них коек guest number	-	-	-	395	430	430
размещено, тыс. чел. totally hosted, ths. people	-	-	-	1,9	2,2	2,2
Расчетные данные* / Calculated data *						
<i>Нагрузка на одну организацию, тыс. чел / организацию, всего в т.ч.</i> <i>Organisation lad, ths. people / organisation, total including</i>	0,855	0,986	1,473	1,331	1,000	1,133
на санатории и пансионаты с лечением sanatoria and boarding houses with treatment	0,950	0,900	1,783	1,750	1,238	1,471
на санатории-профилактории sanatorium-preventorium	0,838	1,050	1,200	1,113	0,863	1,000



на базы отдыха / at the recreation center	-	-	1,800	-	-	0,900
на турбазы / tourist centers	-	-	-	0,950	0,733	0,550
<i>Оборачиваемость койко-мест (количество человек на одно койко-место), всего, в т.ч. Bed exploitation (number of people per one place of accommodation), total, incl.</i>	6,61	6,53	8,18	8,74	7,70	9,08
санатории и пансионаты с лечением sanatoria and boarding houses with treatment	5,23	4,86	9,63	9,45	8,04	8,79
санатории-профилактории sanatorium-preventorium	8,53	8,33	7,44	9,56	8,57	11,96
базы отдыха / recreation centres	-	-	6,00	-	-	15,00
турбазы / tourist centres	-	-	-	4,81	5,11	5,11

*Примечание: * Коэффициенты рассчитаны авторами.
Note: * Coefficients are calculated by the authors.*

Полученные результаты наглядно демонстрируют рост рекреационного интереса к данной территории. Обращает на себя внимание востребованность такого типа организации как базы отдыха, число которых мизерно, а оборачиваемость койко-мест максимальна (2015 г.).

Целесообразность вложения средств в расширение данного вида деятельности подтверждает и прогнозные оценки. Так, в потенциал прироста объемов услуг туристско-рекреационного комплекса к 2018 г. оценивается в 9860,0 млн. руб., в т.ч. услуги гостиниц и предприятий общепита – 7650,0 млн. руб., услуги туристических агентств – 490,0 млн. руб., услуги по организации отдыха и развлечений, культуры и спорта – 1720,0 млн. руб. [19].

Дополнительным и неоспоримым аргументом выступает заинтересованность государства, подтверждением этому является:

- Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2013 г. № 1297 «О федеральной целевой программе «Юг России (2014-2020 гг.)», согласно которому планируются инвестиции в развитие туристско-рекреационных преимуществ Республики Дагестан (2017 г. – 8585,14 млн. руб., 2018 г. – 9269,88 млн. руб., 2019 г. – 9856,87 млн. руб., 2020 г. – 10443,38 млн. руб.) [20];

- Распоряжение Правительства РФ от 31 мая 2014 г. № 941-р «Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2020 года», во исполнение которого в Республике Дагестан предполагается строительство экспозиционного центра, реконструкция оздоровительного центра санаторий «Талги», строительство города-спутника «Лазурный берег», расширение всесезонного рекреационного комплекса «Чиндерчоро» и др.

Заинтересованность региона в развитии туристско-рекреационного профиля отражено в следующих Постановлениях Правительства Республики Дагестан: «Об официальном туристском маршруте Республики Дагестан» (от 11.02.15 г. № 4); «О ходе реализации государственной программы Республики Дагестан «Развитие туристско-рекреационного комплекса в Республике Дагестан на 2014-2018 годы» (от 24.03.15 г. № 80); «О создании ГБУ РД «Туристический центр «Дербент-2000» (от 11 ноября 2015 г. №311) и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вариативность рекреационной потребности, основанная в т.ч. на ее субъективной природе, обуславливает настоятельность определения последовательности вовлечения рекреационных объектов в процесс удовлетворения первой. Критерием ранжирования выступает уникальность характеристик объектов, рассматриваемая по географическому,



качественному и вариативному признакам и выступающая основанием формирования туристско-рекреационного профиля территории (ТРПТ). Количество объектов, их характеристики, преломленные через предпочтения пользователей, позволяют выделить моно- и полиструктурный характер уникальности. Несомненным преимуществом полиструктурного характера является возможность организации перманентной рекреации посредством последовательной сезонной смены профильных рекреационных ресурсов.

Республике Дагестан присущ именно полиструктурный характер уникальности, т.к. ее профиль представлен морскими и бальнеологическими ресурсами (первым характерна географическая уникальность странового уровня, при отсутствии таковой на локальном уровне, вторым – качественная и вариативная). Перманентность рекреации может быть обеспечена включением в профиль горного, спортивного, экстремального и другие виды туризма, базой развития которых выступают горные массивы и горные реки республики. Таким образом, туристско-рекреационный потенциал Республики Дагестан достаточно многогранен, его уникальность имеет потенциально подвижную полиструктуру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 13.03.2017)
2. Матюгина Э.Г., Пожарницкая О.В., Вусович О.В. К вопросу формирования рекреационного пространства (на примере Республики Крым) // Юг России: экология и развитие. 2017. Т. 12. N 1. С. 148-160. Doi: 10.18470/1992-1098-2017-1-148-160
3. Сагидова Н.Г. Тенденции и прогноз развития сферы туристско-курортного обслуживания в Республике Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики. 2008. N 3. С. 167-175.
4. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». Москва: Минприроды России; НИИ-Природа, 2016. 639 с.
5. Умаханова А.Ш., Амирова М.М. Программа стратегического развития лечебно-оздоровительного туризма и её реализация в Республике Дагестан // Фундаментальные исследования. 2017. N 1. С. 219-222.
6. Кавказский узел. Географическое положение и природные ресурсы Республики Дагестан. URL: <http://www.kavkaz-uzel.eu/articles/10374> (дата обращения: 14.03.2017)
7. Министерство курортов и туризма Республики Крым [Официальный сайт]. URL: <http://mtur.rk.gov.ru/> (дата обращения: 21.03.2017)
8. Министерство по туризму и народным художественным промыслам Республики Дагестан. [Официальный сайт]. URL: <http://dagtourism.com/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/turizm> (дата обращения: 28.02.2017)
9. Национальная курортная ассоциация. URL: <http://rusnka.ru/> (дата обращения: 12.03.2017)
10. Туризм в России. URL: <http://sokolov33.ru/index.php/rekreazija/yugrf/sev-kavkaz> (дата обращения: 21.03.2017)
11. Вартанян А.В. Природно-ресурсный потенциал в сфере туристической деятельности // Эффективна економіка. 2010. N 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=260> (дата обращения: 21.03.2017)
12. Перечень курортов России с обоснованием их уникальности по природным лечебным факторам. Методические указания. Утв. Министерством Здравоохранения РФ 22 декабря 1999 г. N 99/228. URL: <https://zakonbase.ru/content/part/618961> (дата обращения: 20.08.2018)
13. Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 г. Утв. Законом Республики Дагестан «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года» N 38 от 15 июля 2011 г. URL: <http://minesrd.ru/voprosy-ekonomiki/voprosy-makroekonomicheskogo-analiza-i->



prognozirovaniya/strategiya-razvitiya-respubliki-dagestan-do-2025-goda (дата обращения: 23.08.2017)

14. Постановление Правительства Республики Дагестан от 7 ноября 2013 года N 572 об утверждении государственной программы республики Дагестан «Социально-экономическое развитие горных территорий Республики Дагестан на 2014-2018 годы». URL: <http://docs.cntd.ru/document/460225764> (дата обращения: 20.08.2018)

15. Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма на 2011-2018 годы». Утв. Постановлением Правительства Российской Федерации N 644 от 2 августа 2011 г. URL: <https://www.russiatourism.ru/contents/deyatelnost/programmy-i-proekty/federalnaya-tselevaya-programma-razvitie-vnutrennego-i-vezdnogo-turizma-v-rossiyskoj-federatsii-2011-2018-godu-/> (дата обращения: 01.09.2018)

16. Беков Р.Б., Бахишев С.Д. Сохранение культурно-исторического наследия – основа туристической привлекательности территории // Экономика и предпринимательство. 2014. N 12-3. С. 277-279.

17. Раджабова З.К., Раджабова З.О., Ахмедова М.Ю. Реализация туристско-рекреационного потенциала Республики Дагестан // Фундаментальные исследования. 2016. N 3(3). С. 615-618.

18. Регионы России. Социально-экономические показатели 2016 г. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 13.03.2017)

19. Государственная программа Республики Дагестан «Социально-экономическое развитие горных территорий Республики Дагестан на 2014-2018 годы». Утв. Постановлением Правительства Республики Дагестан N 572 от 07 ноября 2013 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/460225764> (дата обращения 20.08.2018)

20. Федеральная целевая программа Юг России. Утв. Постановлением Правительства РФ N 1297 от 26 декабря 2013 г. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70456942/#ixzz4YkCWСrun> (дата обращения: 19.03.2017)

REFERENCES

1. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [The Federal Service of State Statistics]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 13.03.2017)
2. Matyugina E.G., Pogharnitskaya O.V., Vusovich O.V. To the question of the recreational space formation (on the example of the Republic of Crimea). *South of Russia: ecology and development*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 148-160. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2017-1-148-160
3. Sagidova N.G. Tendencies and the forecast of development of sphere of turistsko-resort service in Republic Dagestan. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional problems of transforming the economy]. 2008, no. 3, pp. 167-175. (In Russian)
4. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Rossijskoi Federatsii v 2015 godu»* [On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2015]. Moscow, Minprirody Rossii; NIA-Priroda Publ., 2016, 639 p. (In Russian)
5. Umakhanova A.Sh., Amirova M.M. Strategic development program of medical tourism and its implementation in the Republic of Dagestan. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2017, no. 1, pp. 219-222. (In Russian)
6. *Kavkazskii uzел. Geograficheskoe polozhenie i prirodnye resursy Respubliki Dagestan* [The Caucasian knot. Geographical location and natural resources of the Republic of Dagestan]. Available at: <http://www.kavkaz-uzel.eu/articles/10374> (accessed 14.03.2017)
7. *Ministerstvo kurortov i turizma Respubliki Krym. Ofitsial'nyi sait* [Ministry of Tourism of the Republic of Krym. Official website]. Available at: <http://mtur.rk.gov.ru/> (accessed 21.03.2017)
8. *Ministerstvo po turizmu i narodnym khudozhestvennym promyslam Respubliki Dagestan. Ofitsial'nyi sait* [Ministry of Tourism and Folk Art Crafts of the Republic of Dagestan/ Official website]. Available at: <http://dagtourism.com/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/turizm> (accessed 28.02.2017)



9. *Natsional'naya kurortnaya assotsiatsiya* [National Spa Association]. Available at: <http://rusnka.ru/> (accessed 12.03.2017)
10. *Turizm v Rossii* [Tourism in Russia]. Available at: <http://sokolov33.ru/index.php/rekreazija/yugrf/sev-kavkaz> (accessed 21.03.2017)
11. Vartanyan A.V. [Nature-resource potential in sphere of tourist activity]. *Efektivna ekonomika*, 2010, no. 7. (In Russian) Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=260> (accessed 21.03.2017)
12. *Perechen' kurortov Rossii s obosnovaniem ikh unikal'nosti po prirodnyim lechebnym faktoram. Metodicheskie ukazaniya. Utv. Ministerstvom Zdravookhraneniya RF 22 dekabrya 1999 g. N 99/228* [List of resorts in Russia with the justification of their uniqueness according to natural medical factors. Methodical instructions. Methodical instructions. Approved. The Ministry of Health of the Russian Federation on December 22, 1999 no. 99/228]. Available at: <https://zakonbase.ru/content/part/618961> (accessed 20.08.2018)
13. *Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Dagestan do 2025 g. Utv. Zakonom Respubliki Dagestan «Ob utverzhdenii Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Dagestan do 2025 goda» N 38 ot 15 iyulya 2011 g.* [Strategy of social and economic development of the Republic of Dagestan until 2025. Approved. The Law of the Republic of Dagestan "On the Approval of the Strategy of Social and Economic Development of the Republic of Dagestan until 2025" no. 38 of July 15, 2011]. Available at: <http://minec-rd.ru/voprosy-ekonomiki/voprosy-makroekonomicheskogo-analiza-i-prognozirovaniya/strategiya-razvitiya-respubliki-dagestan-do-2025-goda> (accessed 23.08.2017)
14. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Dagestan ot 7 noyabrya 2013 goda N 572 ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy respubliki Dagestan «Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie gornyykh territorii Respubliki Dagestan na 2014-2018 gody»* [Resolution of the Government of the Republic of Dagestan of November 7, 2013 No. 572 on approval of the state program of the Republic of Dagestan "Social and economic development of the mountainous areas of the Republic of Dagestan for 2014-2018 years"]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/460225764> (accessed 20.08.2018)
15. *Federal'naya tselevaya programma «Razvitie vnutrennego i v"ezdnoogo turizma na 2011-2018 gody».* Utv. Postanovleniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii N 644 ot 2 avgusta 2011 g. [Federal target program "Development of domestic and incoming tourism for 2011-2018". Approved. Decree of the Government of the Russian Federation No. 644 of August 2, 2011]. Available at: <https://www.russiatourism.ru/contents/devatelnost/programmy-i-proekty/federalnaya-tselevaya-programma-razvitie-vnutrennego-i-vezdnogo-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-2011-2018-gody/> (accessed 01.09.2018)
16. Bekov R.B., Bahishev S.D. Preservation of cultural and historical heritage -basis territory tourist attractiveness. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. 2014, no. 12-3, pp. 277-279. (In Russian)
17. Radzhabova Z.K., Radzhabova Z.O., Akhmedova M.Y. The tourism and recreation potential of the Republic of Dagestan. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2016, no. 3-3, pp. 615-618. (In Russian)
18. *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli 2016 g.* [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 13.03.2017)
19. *Gosudarstvennaya programma respubliki Dagestan «Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie gornyykh territorii respubliki Dagestan na 2014-2018 gody».* Utv. Postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Dagestan N 572 ot 07 noyabrya 2013 g. [The State Program of the Republic of Dagestan "Social and Economic Development of the Mountainous Territories of the Republic of Dagestan for 2014-2018". Approved. Decree of the Government of the Republic of Dagestan No. 572 of November 7, 2013]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/460225764>. (accessed 20.08.2018)
20. *Federal'naya tselevaya programma Yug Rossii.* Utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF N 1297 ot 26 dekabrya 2013 g. [Federal Target Program South of Russia. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation N 1297 of December 26, 2013]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70456942/#ixzz4YkCWCpun> (accessed 19.03.2017)



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Элеонора Г. Матюгина, доктор экономических наук, профессор кафедры управления инновациями, Национальный исследовательский Томский государственный университет; профессор кафедры менеджмента Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия.

Ольга В. Пожарницкая*, кандидат экономических наук, доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; доцент кафедры экономики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники; ул. Никитина, 49, кв. 22, г. Томск, 634061 Россия; тел.: +79528038716, e-mail: pov@tpu.ru

Ольга В. Вусович, доцент кафедры управления качеством факультета инновационных технологий Томского государственного университета, г. Томск, Россия.

Критерии авторства

Ольга В. Пожарницкая, Ольга В. Вусович представили фактический материал. Элеонора Г. Матюгина, Ольга В. Пожарницкая проанализировали данные и написали рукопись. Элеонора Г. Матюгина, Ольга В. Пожарницкая корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 02.10.2018

Принята в печать 11.02.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Eleonora G. Matyugina, Doc. Sci. (Econ.), Prof., Department of Innovation Management, National Research Tomsk State University; Prof., Department of Management, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia.

Olga V. Pozharnitskaya*, Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., National Research Tomsk Polytechnic University; Assoc. Prof., Department of Economics, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, 634061 Tomsk, Lenina Prospect, 40, tel.: +79528038716, e-mail: pov@tpu.ru

Olga V. Vusovich, Assoc. Prof., Department of Quality Management, Faculty of Innovative Technologies, Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Contribution

The factual material was presented by Olga V. Pozharnitskaya and Olga V. Vusovich. Eleonora G. Matyugina and Olga V. Pozharnitskaya performed the data analysis and prepared the original version of the manuscript. Prior to submission, the manuscript was revised by Eleonora G. Matyugina and Olga V. Pozharnitskaya. All authors are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 02.10.2018

Accepted for publication 11.02.2019



МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.2+504.054
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-150-163

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКА *HYROGYMNNIA PHYSODES* В КАЧЕСТВЕ АККУМУЛЯТИВНОГО БИОИНДИКАТОРА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Татьяна А. Трифонова*, Андрей С. Салмин
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, tatrifon@mail.ru

Резюме. Цель. Провести оценку лишайника *Hyrogymnia physodes* (L.) Nyl., как аккумулятивного биоиндикатора загрязнения атмосферного воздуха территории промышленного города. **Методы.** Методом рентгенфлуоресцентного анализа определены валовые концентрации ряда тяжелых металлов (ТМ): Pb, Cr, Fe, Cu, Co, Ni в талломах эпифитного лишайника *H. physodes*, в условиях аэрального техногенного загрязнения на территории города Казани. **Результаты.** На основе полученных данных определено, что содержание свинца в талломах лишайника лежит в пределах 0,02÷3,08 мг/кг; хрома 0,68÷2,82 мг/кг; железа 6,46÷542,99 мг/кг; меди 6,28÷21,52 мг/кг; кобальта 0,01÷0,32 мг/кг; никеля 0,03÷1,48 мг/кг. **Заключение.** Выявлены различия содержания ТМ в талломах лишайников в районах города с различной экологической обстановкой. На основе элементного состава талломов произведено районирование территории города. Центильный анализ позволил выявить высокие концентрации ТМ в талломах лишайников в дополнение к инструментальным методам. В результате проведенного исследования показаны высокие биомониторинговые качества лишайника *H. physodes*.

Ключевые слова: лишеноиндикация, лишайники, атмосферное загрязнение, тяжелые металлы, город Казань.

Формат цитирования: Трифонова Т.А., Салмин А.С. Использование лишайника *Hyrogymnia physodes* в качестве аккумулятивного биоиндикатора техногенного загрязнения атмосферы // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.150-163. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-150-163

APPLICATION OF THE *HYROGYMNNIA PHYSODES* LICHEN AS AN ACCUMULATIVE BIOINDICATOR OF ANTHROPOGENIC ATMOSPHERE POLLUTION

Tatiana A. Trifonova*, Andrey S. Salmin
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, tatrifon@mail.ru



Abstract. Aim. This study was aimed at assessing the possibility of using the *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. lichen as an accumulative bioindicator of atmospheric air pollution in industrial cities. **Methods.** Under the conditions of aerial anthropogenic pollution in the city of Kazan, bulk concentrations of such heavy metals (HM) as Pb, Cr, Fe, Cu, Co and Ni were determined in the thalli of epiphytic *H. physodes* lichen using X-ray fluorescence analysis. **Results.** According to the data obtained, the samples of lichen thalli contained $0.02 \div 3.08$, $0.68 \div 2.82$, $6.46 \div 542.99$, $6.28 \div 21.52$, $0.01 \div 0.32$ and $0.03 \div 1.48$ mg/kg of lead, chromium, iron, copper, cobalt and nickel, respectively. **Conclusion.** It is established that the city districts characterized by different environmental conditions showed various HM contents in lichen thalli. On the basis of the elemental composition of the thalli, zoning of the city area was carried out. In addition to instrumental methods, a centile analysis revealed high HM concentrations in the lichen thalli. The conducted research has confirmed high biomonitoring characteristics of the *H. physodes* lichen. **Keywords:** lichen indication, lichens, atmospheric pollution, heavy metals, Kazan city.

For citation: Trifonova T.A., Salmin A.S. Application of the *Hypogymnia physodes* lichen as an accumulative bioindicator of anthropogenic atmosphere pollution. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 150-163. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-150-163

ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие специализированных органов саморегуляции и водообмена способствует моментальному ответу организма лишайника на внешние раздражители, что, в свою очередь, определило значимую роль лишайников в мониторинговых исследованиях загрязнения атмосферного воздуха [1]. Современная методология лишайноиндикационных исследований развивается по двум направлениям: первое – исследование морфологических изменений в структурных образованиях талломов под влиянием антропогенного загрязнения [2], в том числе, изучение фрактальной размерности, и второе – определение элементного состава тканей лишайников, а именно аккумулятивная биоиндикация загрязнения среды [3-6].

Исследования атмосферного загрязнения с использованием *H. physodes* проводились многими отечественными и зарубежными учеными [3-5; 7; 8]. Показано, что *H. physodes* имеет среднюю устойчивость к высокому загрязнению атмосферного воздуха, при этом, накапливая ТМ в талломах в значительных количествах, что обуславливает ее значимость как аккумулятивного биоиндикатора, в сравнении с видами, которые, при тех же уровнях загрязнения, выпадают из сообщества.

Известна способность *H. physodes* накапливать высокие концентрации металлов [9]. Выявлено, что в городской среде, в сравнении с другими видами эпигейных и эпифитных лишайников, в талломах *H. physodes* концентрация металлов выше. Данная особенность, в условиях крупных промышленных центров, показана для таких металлов как медь, стронций, цинк, кадмий и кобальт [10]. При этом, большинство исследований в области аккумулятивной лишайноиндикации привязаны к районам с высокой антропогенной нагрузкой (промышленные центры, крупные автомагистрали). Исследований, основанных на использовании лишайников в качестве мониторинговых организмов разных функциональных зон мегаполисов, с выделением функциональных зон всей территории города, крайне мало. В крупных городах слежение за качеством воздушной среды осуществляется на стационарных постах, которые, как правило, единичны, что не дает возможности провести подобную оценку. При неравномерном распределении объектов промышленности на городской территории и высокой транспортной нагрузке появляется необходимость в дополнительных мониторинговых исследованиях.

Использование биоаккумуляционных качеств лишайников, в дополнение к инструментальным методам контроля, позволяет получать актуальные данные по состоянию атмосферного воздуха обширной территории города.

Исходя из вышесказанного *цель* исследования – оценка лишайника *H. physodes*, как аккумулятивного биоиндикатора загрязнения атмосферного воздуха всей территории города. Картографическая интерпретация данных, позволит произвести функциональное зонирование территории города; выделить районы с высоким уровнем загрязнения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работы выполнены на территории регионального центра Республики Татарстан – города Казани. Административно город Казань разделен на 7 районов: Советский, Приволжский, Вахитовский, Московский, Авиастроительный, Ново-Савиновский и Кировский. Согласно «Ежегодному обзору состояния загрязнения атмосферного воздуха», по результатам проводимых наблюдений ФГБУ «УГМС Республики Татарстан», основными загрязняющими веществами в городе в 2017 году являются органические загрязнители, взвешенные вещества и тяжелые металлы. Мониторинговые исследования загрязнения атмосферного воздуха проводятся на 10 пунктах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗ). Установлено, что уровень атмосферного загрязнения в городе «повышенный».

В качестве биоиндикатора в работе использовался лишайник вида *H. physodes* (рис. 1), который является типичным представителем семейства *Parmeliaceae*, и имеет широкое распространение по всей территории России, за исключением, степных и полупустынных регионов. Он относится к эпифитным листоватым лишайникам с гетеромерным строением слоевища.



Рис.1. Таллом лишайника *H. physodes* на ветке форофита *Betula Pendula* (Roth).
Фото А.С. Салмин

Fig.1. *H. physodes* lichen thallus on a *Betula Pendula* (Roth) forophyte branch.
Photo by A.S. Salmin

Пробоотбор производился в летний период 2017 года. Для исключения вероятности влияния форофита на физико-химические процессы в организме лишайника, пробоотбор осуществлялся исключительно со стволов *Betula pendula* (Roth). В целях максимального покрытия территории города, было заложено 127 площадок пробоотбора тал-



ломов *H. physodes*. Пробоотбор осуществлялся со всего ствола в промежутке высот от 0,5 до 1,5 м.

Образцы лишайников очищались, высушивались до воздушно-сухого состояния и озолялись. В полученной золе определялось содержание тяжелых металлов – Pb, Cr, Fe, Cu, Co и Ni на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре (Спектроскан-Макс фирмы НПО «Спектрон», Россия). Исследуемые металлы, в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений», относятся к разным классам опасности. Данная особенность исследования позволяет оценить способность лишайников аккумулировать металлы различной опасности, с точки зрения санитарно-гигиенических нормативов охраны атмосферного воздуха.

Статистическая обработка производилась с использованием статистического пакета «Statistica 10.0» (StatSoft, USA). По полученным данным методами описательной статистики были рассчитаны статистические параметры распределения: среднее, стандартная ошибка, стандартное отклонение, а также составлены корреляционные матрицы.

В биомониторинговых, почвенных и экологических исследованиях для характеристики выборки используют непараметрический метод – метод центильных шкал [11; 12]. Центильный метод, при отсутствии нормативной базы по содержанию ТМ в талломах эпифитных лишайников, позволяет произвести сравнение всей выборки на основе отклонения относительно «нормы». Данный метод дает возможность охарактеризовать региональные нормы по содержанию загрязнителей в популяции. В качестве «нормы» рассматривается интервал от 25 до 75 центиля, как соответствующий средним значениям концентрации данного элемента в популяции; значения выше 75 центиля оценивались как «высокие концентрации»; значение ниже 25 центиля – «низкие концентрации» ТМ в талломах. Идея центильного метода, заключается в том, что концентрации ТМ, лежащие в интервале от 25 до 75 центиля, не оказывают вредного физиологического воздействия на популяцию лишайников. При расчете центилей не учитывались значения ниже области определения прибора.

Картографическая интерпретация полученных данных осуществлялась с использованием программного обеспечения ArgMap 10.5 (Esri, USA). В качестве инструмента нами выбран Spatial Analyst, позволяющий выполнить градировочную заливку изображаемой территории города на основе атрибутивной информации по содержанию ТМ в талломах лишайников. Используя классическую заливку, нами выделены районы с различной степенью загрязнения атмосферы. Пространственный метод определения распространённости загрязнения широко применяется в современных экологических, в первую очередь, мониторинговых исследованиях. Данный метод позволяет выявить и наглядно продемонстрировать районы с высоким и низким содержанием загрязнителей в экосистеме. На таких территориях возможно формирование искусственных биогеохимических провинций.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

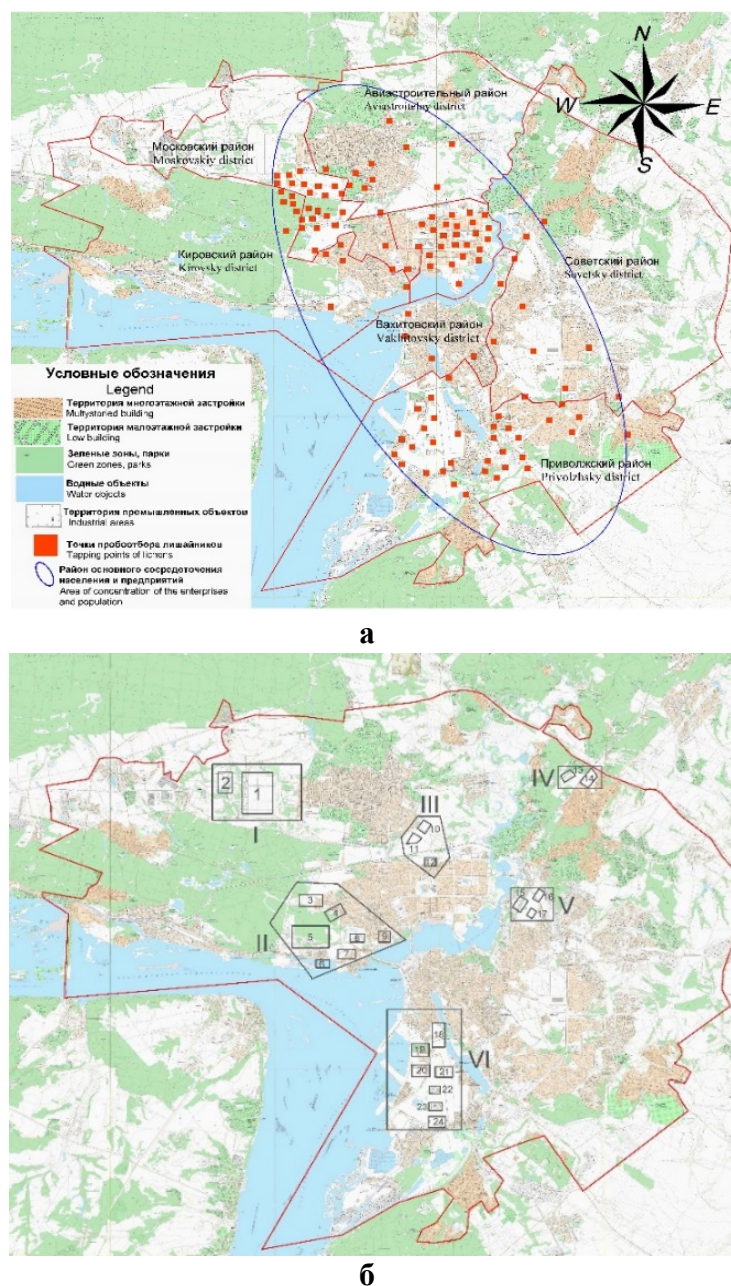
На рисунке 2а представлена схема расположения точек отбора проб лишайников на территории города Казани. Здесь же представлены некоторые инфраструктурные особенности города. В инфраструктурном зонировании города нами выделены промышленные территории; территории многоэтажных и малоэтажных застроек; территории лесопарковых насаждений, зеленые зоны (в том числе особо охраняемые природные территории (ООПТ)); а также водные объекты (рис. 2а).

Источники промышленного загрязнения атмосферного воздуха города Казани были объединены в 6 промышленных кластеров по принципу территориальности (рис. 2б):

I кластер – ОАО «Оргсинтез», ТЭЦ-3;

II кластер – ОАО «Полимерфото»; ОАО «Тасма-Холдинг»; КГНПП им. Ленина; Вертолетный завод (филиал); ОАО «Кожевенное объединение»;

- III кластер – ОАО «КМПО»; ТЭЦ-2; ФГУП «КАПО им. Горбунова»; ООО Завод «Элекон»;
IV кластер – ОАО «Хитон»; НПП «КОМЗ»;
V кластер – ОАО «Казанькомпрессормаш»; ПО «Терминал»; АО «Завод газовой аппаратуры»;
VI кластер – ОАО «Нэфис»; ЗАО «Кварт»; ТЭЦ-1; АО Завод «Вакууммаш»; ГУП «Теплоконтроль» и др.



**Рис.2. Точки пробоотбора и инфраструктурное зонирование города Казани (а),
схема расположения основных промышленных кластеров (б)
Fig.2. Sampling points and infrastructural zoning of the city of Kazan (a),
location map of the main industrial clusters (б)**



Пробы были отобраны во всех административных районах города для определения пространственного распределения атмосферного загрязнения тяжелыми металлами (табл. 1).

На основе полученных данных выявлено, что максимальное среднее значение по содержанию свинца обнаружено в Советском районе (1,27 мг/кг); хрома и меди в Вахитовском районе (2,08 и 19,43 мг/кг соответственно); кобальта и никеля в Авиастроительном районе (0,15 и 0,55 мг/кг соответственно); кобальта и железа в Кировском районе (0,15 и 313,12 мг/кг соответственно).

Минимальное среднее значение по содержанию хрома и свинца отмечены в Ново-Савиновском районе (в среднем – 1,42 и 0,63 мг/кг соответственно); кобальта, никеля, меди и железа в Приволжском районе (0,09; 0,28; 14,53 и 198,85 мг/кг соответственно).

Максимальное значение по содержанию хрома отмечено в Советском районе (2,82 мг/кг); кобальта и никеля в Авиастроительном районе (0,32 и 1,48 мг/кг соответственно); свинца в Приволжском районе (3,08 мг/кг соответственно); железа в Ново-Савиновском районе (542,90 мг/кг), меди в Московском районе (21,52 мг/кг).

Минимальное значение по содержанию хрома, свинца и железа отмечено в Приволжском районе (0,68; 0,02; 6,26 мг/кг); кобальта в Советском, Приволжском и Ново-Савиновском районах (0,01 мг/кг); меди в Советском районе (6,28 мг/кг); никеля в Московском районе (0,03 мг/кг).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes* в разных районах города Казани

Table 1

Heavy metal concentrations in *H. physodes* lichen thalli in different districts of the Kazan city

$X_{cp} \pm s$, мг/кг / $X_{av} \pm s$, mg/kg						
Район District	Хром Chromium	Кобальт Cobaltum	Медь Cuprum	Никель Niccolum	Свинец Plumbum	Железо Ferrum
Советский (n=11) Sovetsky (n=11)	1,97±0,59	0,11±0,10	17,45±4,33	0,32±0,16	1,27±0,56	213,15±120,07
Приволжский (n=37) Privolzhsky (n=37)	1,44±0,40	0,09±0,08	14,53±3,01	0,28±0,14	1,00±0,72	198,85±104,72
Вахитовский (n=8) Vakhitovsky (n=8)	2,08±0,22	0,10±0,04	19,43±1,90	0,34±0,07	1,18±0,61	232,18±57,52
Московский (n=26) Moskovskiy (n=26)	1,62±0,46	0,12±0,07	15,00±3,63	0,32±0,15	0,98±0,72	242,74±131,14
Ново-Савиновский (n=23) Novo-Savinovsky (n=23)	1,42±0,35	0,11±0,08	14,90±2,27	0,32±0,13	0,63±0,32	229,61±102,14
Авиастроительный (n=15) Aviastroitelyny (n=15)	1,99±0,41	0,15±0,06	17,03±2,83	0,55±0,31	0,87±0,49	290,81±116,83



Кировский (n=7) Kirovsky (n=7)	1,79±0,43	0,15±0,08	15,66±3,06	0,35±0,13	1,19±0,10	313,12±100,42
По всей выборке All samples	1,64±0,49	0,12±0,07	15,61±3,54	0,34±0,19	0,99±0,68	233,91±116,83
$X_{\min} \div X_{\max}$, мг/кг / $X_{\min} \div X_{\max}$, mg/kg						
Район District	Хром Chromium	Кобальт Cobaltum	Медь Cuprum	Никель Niccolum	Свинец Plumbum	Железо Ferrum
Советский (n=11) Sovetsky (n=11)	0,69±2,82	0,01±0,25	6,28±21,06	0,13±0,59	0,39±2,55	11,87±425,98
Приволжский (n=37) Privolzhsky (n=37)	0,68±2,5	0,01±0,27	6,7±21,36	0,04±0,62	0,02±3,08	6,46±497,79
Вахитовский (n=8) Vakhitovsky (n=8)	1,82±2,51	0,03±0,17	15,76±21,5	0,24±0,48	0,72±2,14	149,14±326,32
Московский (n=26) Moskovskiy (n=26)	0,88±2,42	0,03±0,28	8,16±21,52	0,03±0,64	0,07±2,69	10,55±533,88
Ново-Савиновский (n=23) Novo-Savinovsky (n=23)	0,9±2,68	0,01±0,30	8,64±19,12	0,14±0,71	0,07±1,36	33,65±542,99
Авиастроительный (n=15) Aviastroitelny (n=15)	1,35±2,78	0,08±0,32	10,95±21,17	0,2±1,48	0,27±4,83	125,94±484,14
Кировский (n=7) Kirovsky (n=7)	1,16±2,71	0,04±0,29	11,16±20,88	0,18±0,57	1,05±1,29	118,19±447,21
По всей выборке All samples	0,68±2,82	0,01±0,32	6,28±15,76	0,03±0,64	0,02±4,83	6,46±542,99

Непосредственно на территории пяти из шести, ранее выделенных промышленных кластеров, произведен отбор 35 проб лишайника (табл. 2).

Проведя анализ полученных аналитических данных выявлено, что максимальные значения по содержанию кобальта и никеля отмечены в промышленном кластере III; хрома в кластере V; свинца в кластере VI. Максимальные значения по содержанию железа и меди в талломах лишайника не отмечены на территории промышленных предприятий города.

На основе полученных данных также проведен пространственный анализ распределения некоторых металлов в атмосфере на территории города Казани и сделан вывод об их неравномерном распределении (рис. 3). Можно выделить несколько искусственно сформировавшихся биогеохимических ареалов на территории города: это северо-западный ареал, расположенный на территориях Московского и Авиастроительного районов (промышленные кластеры I и III), и юго-восточный ареал на территориях, приуроченных к Советскому и Приволжскому району (кластеры V и VI).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes* на территории промышленных кластеров города Казани

Table 2

Heavy metal concentrations in *H. physodes* lichen thalli for industrial clusters of the city of Kazan

Элемент Element	Промышленные кластеры города Казани, X _{max} , мг/кг Industrial clusters of the city of Kazan, X _{max} , mg/kg				
	Кластер I (n=6) Cluster I (n=6)	Кластер II (n=5) Cluster II (n=5)	Кластер III (n=4) Cluster III (n=4)	Кластер V (n=4) Cluster V (n=4)	Кластер VI (n=15) Cluster VI (n=15)
Хром Chromium	2,35	2,71	2,78	2,82	2,11
Кобальт Cobaltum	0,23	0,17	0,32	0,25	0,17
Медь Cuprum	20,61	20,87	21,16	20,46	18,29
Никель Niccolum	0,45	0,64	1,48	0,60	0,56
Свинец Plumbum	0,73	1,67	0,98	2,56	3,08
Железо Ferrum	484,90	447,41	484,14	425,98	348,96

Содержание хрома в талломах лишайника *H. physodes* варьировало от 0,68 до 2,82 мг/кг. Среднее значение составляло 1,64±0,4 мг/кг. Максимальное значение отмечено в промышленном кластере V (рис. 3а), территориально расположенном в Советском районе города Казани.

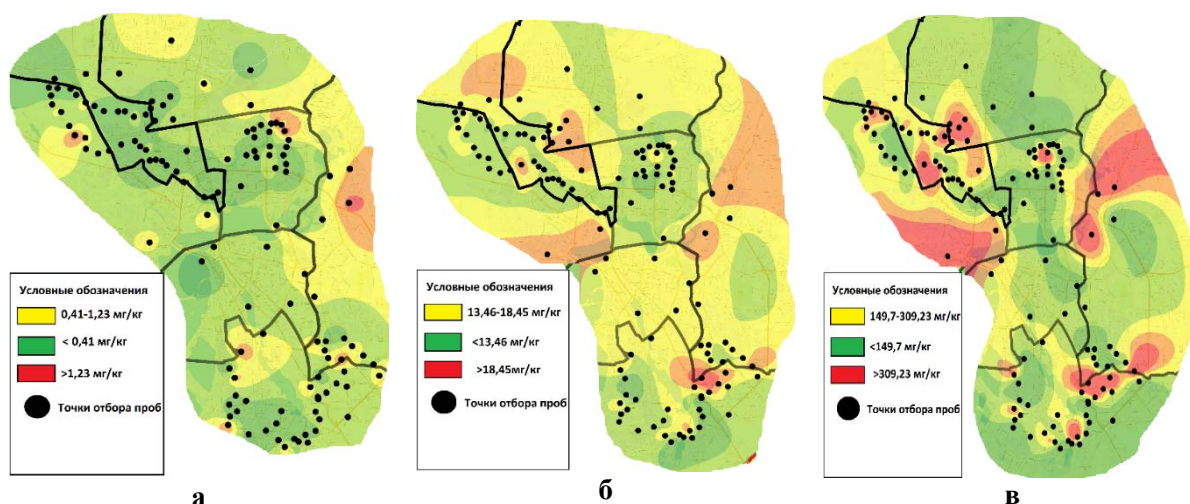


Рис.3. Карты-схемы распределения свинца (а), меди (б) и железа (в) в золе лишайника *H. physodes*, отобранных в городе Казани, 2017 г.

Fig.3. Scheme maps for the distributions of Plumbum (a), Cuprum (б) and Ferrum (в) in *H. physodes* lichen ash sampled in the city of Kazan, 2017



По уровню загрязнения атмосферы хромом г. Казань является относительно чистым. Для сравнения, содержание хрома в талломах аналогичного лишайника на территории Тюменской области варьируется от 1,22 до 8,55 мг/кг [13]; вблизи медеплавильного комбината варьирует от 1,0 до 6,9 мг/кг [14].

Содержание кобальта в талломах лишайника лежит в пределах от 0,007 до 0,32 мг/кг. Максимальное значение отмечено в промышленном кластере III. Среднее значение составляло – 0,12 мг/кг.

Полученные данные сопоставимы с данными по содержанию кобальта в талломах аналогичного лишайника на территориях ООПТ города Твери – 0,23 мг/кг [15]. Однако, средние значения содержания кобальта на севере Западной Сибири значительно выше – 0,9 мг/кг [13].

Содержание меди в талломах лишайников варьировало от 6,3 до 21,5 мг/кг, при среднем значении – 15,6 мг/кг (рис. 3б). Для сравнения, содержание данного элемента в талломах *H. physodes* вблизи медеплавильного завода варьировало от 1,5 до 130 мг/кг [14]; содержание меди на территории Самбийского полуострова Калининградской области сопоставимо с настоящими исследованиями и варьировало от 6,69 до 9,94 мг/кг [16]; среднее содержание меди на севере Западной Сибири – 6,0 мг/кг [13].

Содержание никеля в талломах лишайников *H. physodes* варьировало от 0,032 до 1,48 мг/кг, при среднем значении – 0,34 мг/кг. Полученные данные сопоставимы с данными исследований, проведенных в Европейской части России. Например, на территории Калининградской области содержание никеля варьирует от 0,013 до 2,43 мг/кг [16]; на территориях ООПТ Твери от 1,52 до 2,51 мг/кг [15].

Содержание свинца в талломах лишайника составляло от 0,024 до 3,08 мг/кг. Максимальная концентрация отмечена в промышленном кластере VI. В мониторинговых исследованиях отмечается, что в промышленных районах Калининградской области содержание свинца варьировало от 3,5 до 9,03 мг/кг, что выше данных, полученных в настоящем исследовании [16]. Содержания свинца в промышленном районе Македонии варьируется в широких пределах от 0,61 до 120 мг/кг [14].

Содержание железа в талломах лишайника варьировало достаточно широко: от 6,45 до 542,99 мг/кг. Среднее значение – 233,9 мг/кг (рис.3б). Железа в атмосферном воздухе города Казани меньше, в сравнении с исследованиями, проведенными в промышленных и естественных экосистемах: север Западной Сибири – от 338 до 3400 мг/кг [13]; Калининградская область – от 180 до 1135 мг/кг [16]; медный рудник в Македонии – от 1200 до 3700 мг/кг [14].

Используя центильный метод была определена доля проб лишайников в каждом районе, в которых выявлены высокие концентрации ТМ в талломах (табл. 3).

Метод центильных шкал позволил нам сформировать региональные особенности содержания исследуемых тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes* для города Казани. Таким образом, в качестве региональной «нормы» для хрома принимаются значения от 1,27 до 1,92 мг/кг; кобальта от 0,05 до 0,17 мг/кг; меди от 13,46 до 18,45 мг/кг; никеля от 0,22 до 0,44 мг/кг; свинца от 0,41 до 1,23 мг/кг; железа от 149,7 до 309,23 мг/кг.

На основе центильного анализа выявлено, что во всех районах города отмечены высокие концентрации (выше 75 центиля) всех исследуемых тяжелых металлов в золе лишайников *H. physodes*. Низкие концентрации (ниже 25 центиля) не отмечены в трех районах города – в Вахитовском (по содержанию Cr, Cu, Ni, Pb); Авиастроительном (по содержанию Cr, Co), Кировском (по содержанию Pb). Согласно центильному методу наиболее чистым является Приволжский район города.

Центильный анализ позволил выявить высокие концентрации ТМ в талломах лишайников в дополнение к описательным методам статистики. Дополнительно выявлены высокие концентрации железа в атмосферном воздухе Кировского района (57,2% отобранных проб).



Таблица 3

Центильный анализ содержания тяжелых металлов в золе лишайника
H. physodes в разных районах города Казани

Table 3

Centil analysis of the heavy metal concentration in *H. physodes* lichen ash
in different parts of the city of Kazan

Тяжелый металл Heavy metal	Хром Chromium	Кобальт Cobaltum	Медь Cuprum	Никель Niccolum	Свинец Plumbum	Железо Ferrum
Значение 75-ого центиля, мг/кг 75 th centile value, mg/kg	1,92	0,17	18,45	0,44	1,23	309,23
Район District	Процент высоких концентраций тяжелых металлов в районах города Казани (выше 75 центиля) The proportion of high HM concentrations in areas of Kazan (above 75th centile)					
Советский / Sovetsky	54,5	33,3	54,5	30	50	27,3
Приволжский / Privolzhsky	21,6	17,4	13,5	17,7	20,8	13,5
Вахитовский / Vakhitovsky	62,5	16,7	62,5	12,5	42,8	12,5
Московский / Moskovskiy	26,9	26,3	23,1	30,4	30	34,6
Ново-Савиновский / Novo-Savinovsky	4,3	22,2	4,3	13,7	6,6	13,1
Авиастроительный / Aviastroitelny	46,7	33,3	40	66,7	18,1	46,7
Кировский / Kirovsky	14,3	42,9	28,6	28,6	33,3	57,2
Тяжелый металл Heavy metal	Хром Chromium	Кобальт Cobaltum	Медь Cuprum	Никель Niccolum	Свинец Plumbum	Железо Ferrum
Значение 25-ого центиля, мг/кг 25 th centile value, mg/kg	1,27	0,05	13,46	0,22	0,41	149,7
Район District	Процент высоких концентраций тяжелых металлов в районах города Казани (ниже 25 центиля) The percentage of high HM concentrations in areas of Kazan (under 25th centile)					
Советский / Sovetsky	18,2	50	18,2	40	10	27,3
Приволжский / Privolzhsky	35,1	34,8	35,1	35,3	25	35,1
Вахитовский / Vakhitovsky	0	33,3	0	0	0	12,5
Московский / Moskovskiy	30,8	21,1	34,6	26,1	30	26,9
Ново-Савиновский / Novo-Savinovsky	34,8	22,2	17,4	27,3	26,7	17,4
Авиастроительный / Aviastroitelny	0	0	13,3	6,6	27,3	13,3
Кировский / Kirovsky	14,3	28,6	28,6	14,3	0	14,3

Для определения синергизма между металлами и путями их поступления, нами произведен анализ дендрограмм корреляционных матриц (рис. 4).

Исходя из проведенного анализа дендрограмм корреляционных матриц можно сделать вывод об ассоциации тяжелых металлом и тесной связи друг с другом: Ni-Fe-Co; Cr-Cu.

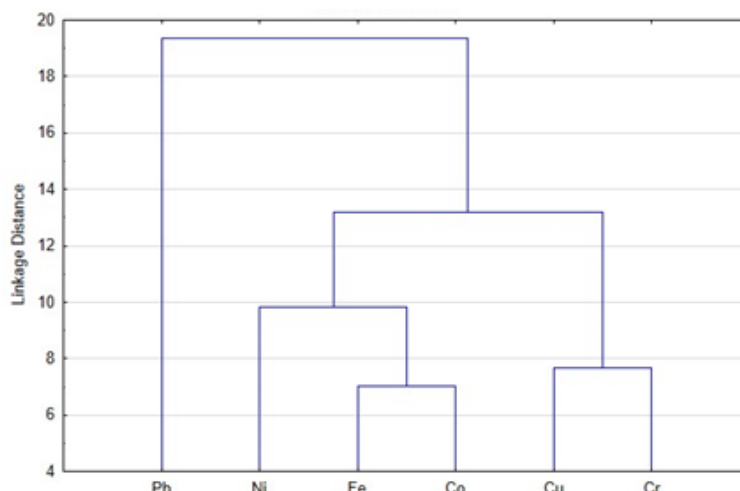


Рис.4. Дендрограмма корреляционных матриц концентраций тяжелых металлов в золе лишайника *H. physodes*

Fig.4. Correlation dendrogram for HM concentrations in *H. Physodes* lichen ash

Следует отметить, что природа возникновения первой группы элементов, по-видимому, связана с деятельностью предприятий теплоэнергетики, преимущественно (ТЭЦ-1,2,3) и металлообрабатывающей промышленностью. Поступление второй группы элементов в атмосферу (Cr-Co), вероятно, связано с деятельностью предприятий химической промышленности и котельных, использующих низкокачественное топливо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка атмосферного загрязнения воздушной среды с использованием в качестве биоиндикатора лишайника *H. physodes* показала, что пространственное распределение поллютантов на территории города Казани неравномерно. В промышленных кластерах отмечены максимальные загрязнения по хрому, кобальту, никелю и свинцу.

С использованием центильных шкал предложено определять региональные нормы содержания тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes*. Полученные диапазоны содержания тяжелых металлов в талломах лишайников можно использовать в дополнение к инструментальным методам мониторинга качества атмосферного воздуха.

На основе центильного анализа выявлено, что во всех районах города Казани отмечены высокие концентрации (выше 75 центиля) всех исследуемых тяжелых металлов в золе лишайников *H. physodes*. Наиболее чистым является Приволжский район города – почти треть всех образцов имеет содержание ТМ ниже «нормы», что характеризует территорию, как «чистую» по качеству атмосферного воздуха.

Центильный анализ позволил выявить высокие концентрации ТМ в талломах лишайников в дополнение к инструментальным методам. Так, высокое содержание железа в атмосферном воздухе Кировского района отмечено в 57,2 % отобранных проб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бязров Л.Г., Кривоуццкий Д.А. Лишайники в экологическом мониторинге. Москва: Научный мир, 2002. 336 с.
2. Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. СПб: Изд-во Спб. ун-та, 2003. 97 с.
3. Bruteig I.E. The epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* as a biomonitor of atmospheric nitrogen and sulphur deposition in Norway // Environmental monitoring and assessment. 1993. V. 26. Iss. 1. P. 27-47. Doi: 10.1007/BF00555060



4. Helena P., Franc B., Cvetka R.L. Monitoring of short-term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) // Journal of Atmospheric Chemistry. 2004. V. 49. Iss. 1-3. P. 223-230. Doi: 10.1007/s10874-004-1227-6
5. Большунова Т.С., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Элементный состав лишайников как индикатор загрязнения атмосферы // Экология и промышленность России. 2014. N11. С. 26-31.
6. Вершинина С.Э., Вершинин К.Е., Кравченко О.Ю., Чебыкин Е.П., Воднева Е.Н. Элементный состав лишайников р. *Cetraria* Ach. из различных регионов России // Химия растительного сырья. 2009. N1. С.141-146.
7. Михайлова И.Н., Кшнясев И.А. Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника *Hypogymnia Physodes*: источники гетерогенности // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19. N 3. С. 423-428.
8. Трифонова Т.А., Дюков В.В. Особенности развития лишайниковых сообществ в условиях городской среды // Проблемы региональной экологии. 2004. N 1. С. 11-20.
9. Михайлова И.Н., Шарунова И.П. Динамика аккумуляции тяжелых металлов в талломах эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* // Экология. 2008. N 5. С. 366-372.
10. Жидков А.Н. Накопление химических веществ эпифитными и эпигейными лишайниками сосновых насаждений в условиях техногенного загрязнения среды // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2008. N 1. С. 151-156.
11. Васильев А.А., Лобанова Е.С. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова г. Перми: тяжелые металлы и мышьяк // Пермский аграрный вестник. 2015. N 1(9). С. 34-49.
12. Ширкин Л.А., Трифонова Т.А., Кошман В.А., Краснощеков А.Н. Оценка техногенной трансформации почвенного покрова с применением анализа магнитной восприимчивости почв // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. N 5 (3). С. 865-870.
13. Московченко Д.В., Валеева Э.И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках на севере Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2011. N 11. С. 162-172.
14. Balabanova B., Stafilov T., Šajk R., Baèeva K. Characterisation of heavy metals in lichen species *Hypogymnia physodes* and *Evernia prunastri* due to biomonitoring of air pollution in the vicinity of copper mine // International Journal of Environmental Research. 2012. V. 6. Iss. 3. P. 779-794. Doi: 10.22059/IJER.2012.549
15. Кутикова А.О., Мейсунова А.Ф. Содержание металлов в лишайниках из особо охраняемых природных территорий города Твери // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2016. N 1. С. 152-158.
16. Королева Ю.В., Ревунков В.А. Содержание микроэлементов в лишайнике *Hypogymnia physodes* в лесных массивах Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2016. N 1. С. 85-94.

REFERENCES

1. Byazrov L.G., Krivolutskii D.A. *Lishainiki v ekologicheskom monitoringe* [Lichens in environmental monitoring]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2002, 336 p. (In Russian)
2. Malysheva N.V. *Lishainiki Sankt-Peterburga* [Lichens of Saint-Petersburg]. Saint-Petersburg, SPbGU Publ., 2003, 97 p. (In Russian)



3. Bruteig I.E. The epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* as a biomonitor of atmospheric nitrogen and sulphur deposition in Norway. *Environmental monitoring and assessment*, 1993, vol. 26, iss. 1, pp. 27-47. DOI: 10.1007/BF00555060
4. Helena P., Franc B., Cvetka R.L. Monitoring of short-term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). *Journal of Atmospheric Chemistry*, 2004, vol. 49, iss. 1-3, pp. 223-230. Doi: 10.1007/s10874-004-1227-6
5. Bolshunova T.S., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V. Ultimate Composition of Lichens as Indicator of Aerial Contamination. *Ekologia i promyshlennost Rossii* [Ecology and industry of Russia]. 2014, no. 11, pp. 26-31. (In Russian)
6. Vershinina S.Ed., Vershinin K.E., Kravchenko O.Yu., Chebykin E.P., Vodneva E.N. Element structure of lichens *Cetraria Ach.* in various regions of Russian Federation. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja* [Chemistry of plant raw material]. 2009, no. 1, pp. 141-146. (In Russian)
7. Mikhailova I.N., Kshnyasev I.A. Content of heavy metals in thalli of the lichen *Hypogymnia physodes*: Sources of heterogeneity. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology]. 2012, vol. 19, no. 3, pp. 423-428. (In Russian)
8. Trifonova T.A., Dyukov V.V. Features of development of lichen communities in the conditions of urban environment. *Problemy regional'noi ekologii* [Regional Environmental Issues]. 2004, no. 1, pp. 11-20. (In Russian)
9. Mikhailova I.N., Sharunov I.P. Dynamics of heavy metal accumulation in thalli of the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes*. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology]. 2008, no. 5, pp. 366-372. (In Russian)
10. Zhidkov A.N. Accumulation of chemical substances by epiphytic and epigenic lichens of pine plantations in conditions of technogenic pollution. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoi vestnik* [Bulletin of Moscow State Forest University - Forestry Bulletin]. 2008, no. 1, pp. 151-156. (In Russian)
11. Vasiliev A.A., Lobanova E.S. Ecological and geochemical estimation of soil cover in Perm: heavy metals and arsenic. *Permskii agrarnyi vestnik* [Perm Agrarian Journal]. 2015, no. 1(9), pp. 34-49. (In Russian)
12. Shirkin L.A., Trifonova T.A., Koshman V.A., Krasnoschekov A.N. Estimation of soil technogenic transformation by analysis of the magnetic susceptibility. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012, vol. 14, no. 5 (3), pp. 865-870. (In Russian)
13. Moskovchenko D.V., Valeeva E.I. Content of heavy metals in lichens of West Siberian North. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya* [Bulletin of ecology, forestry and landscape studies]. 2011, no. 11, pp. 162-172. (In Russian)
14. Balabanova B., Stafilov T., Šajn R., Baèeva K. Characterisation of heavy metals in lichen species *Hypogymnia physodes* and *Evernia prunastri* due to biomonitoring of air pollution in the vicinity of copper mine. *International Journal of Environmental Research*, 2012, vol. 6, iss. 3, pp. 779-794. Doi: 10.22059/IJER.2012.549
15. Kutikova A.O., Meysurova A.F. The metal content in lichens from especial protected natural areas of town Tver. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya* [Bulletin of the Tver State University. Series: Chemistry]. 2016, no. 1, pp. 152-158. (In Russian)
16. Koroleva Y.V., Revunkov V.A. Microelement content in lichen *Hypogymnia physodes* in the forests of the Kaliningrad region. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennye i meditsinskie nauki* [IKBFU's Vestnik. Ser. natural and medical sciences]. 2016, no. 1, pp. 85-94. (In Russian)



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Татьяна А. Трифонова*, доктор биологических наук, профессор, кафедра географии почв, факультет Почвоведения, МГУ им. М. В. Ломоносова; Россия, 119991 г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: tatrifon@mail.ru

Андрей С. Салмин, аспирант, кафедра географии почв, факультет Почвоведения, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия. ORCID: 0000-0003-2595-5439

Критерии авторства

Татьяна А. Трифонова обеспечила постановку целей и задач проведенного исследования, проанализировала данные, участвовала в написании рукописи, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Андрей С. Салмин осуществлял пробоотбор образцов и их дальнейшую пробоподготовку, проводил аналитические измерения, производил картографическую и статистическую интерпретацию полученных данных, участвовал в написании рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат или другие неэтические проблемы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 05.02.2019

Принята в печать 23.03.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Tatiana A. Trifonova*, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Department of Soil Geography, Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University; 119991 Russia, Moscow, Leninskiye Gory, 1, b. 12; e-mail: tatrifon@mail.ru

Andrey S. Salmin, PhD researcher, Department of Soil Geography, Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0003-2595-5439

Contribution

Tatiana A. Trifonova formulated the aim and objectives of the study, analysed the data, participated in the preparation of the manuscript and revised the manuscript prior to its submission. Andrey S. Salmin collected samples and conducted their further preparation, carried out analytical measurements, performed cartographic and statistical interpretation of the data and participated in the preparation of the manuscript. Both authors are equally responsible for plagiarism and other ethical issues.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 05.02.2019

Accepted for publication 23.03.2019



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 595.767+581.55+502(470.47)

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-164-171

RARE ENDEMIC DARKLING BEETLE *HEDYPHANES NYCTERINOIDES* FALDERMANN, 1837 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) FROM DAGESTAN AS AN INDICATOR OF HALOPHYTIC BIOTOPES

^{1,2}Maxim V. Nabozhenko*, ²Abdulgamid A. Teymurov, ²Zarema I. Soltanmuradova

¹Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Scientific Centre RAS,
Makhachkala, Russia, nalassus@mail.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Abstract. Aim. In this work, we aimed to study the distribution and habitat of rare Caucasian tenebrionid beetle *Hedyphanes nycterinoides*, as well as to identify reasons for the population reduction and to develop a basis for its protection. **Methods.** Materials from the largest collection of the Zoological Institute RAS (St Petersburg) along with the authors' fieldwork data were used for mapping the past and current distribution of the species, as well as for studying its habitat and possible trophic relations. **Results.** The taxonomic history of *H. nycterinoides* is complicated due to the loss of the type material. This taxon is currently interpreted as a separate species. *H. nycterinoides* is distributed across Piedmont Dagestan and Intermountain Dagestan (Russia); however, all known specimens were collected only in the 19th-20th centuries (the last record is dated 1984). The population of *H. nycterinoides* from Intermountain Dagestan is likely to have died out due to the filling of the Irganay reservoir in 2008. Only one present-day population from the arid Rubas valley in Southern Dagestan is known. The species inhabits saline soils (solonetz, solonchak) and feeds on saltworts. It is active in April–May in the evening or in the daytime provided it is cloudy. **Conclusions.** We recommend that *H. nycterinoides* be included in the list of threatened species of Dagestan as an indicator of the state of halophytic plant communities from the hilly landscapes of the Eastern Caucasus. The main factors of the contemporary population reduction include overgrazing and filling of reservoirs.

Keywords: rare Tenebrionidae, *Hedyphanes*, North Caucasus, halophytic plant communities, conservation.

For citation: Nabozhenko M.V., Teymurov A.A., Soltanmuradova Z.I. Rare endemic darkling beetle *Hedyphanes nycterinoides* Faldermann, 1837 (Coleoptera: Tenebrionidae) from Dagestan as indicator of halophytic biotopes. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 164-171. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-164-171



РЕДКАЯ ЭНДЕМИЧНАЯ ЧЕРНОТЕЛКА *HEDYPHANES*
NYCTERINOIDES FALDERMANN, 1837 (COLEOPTERA:
TENEBRIONIDAE) ИЗ ДАГЕСТАНА – ИНДИКАТОР
ГАЛОФИТНЫХ БИОТОПОВ

^{1,2}Максим В. Набоженко*, ²Абдулгамид А. Теймуров,
²Зарема И. Солтанмурадова

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН,
Махачкала, Россия, nalassus@mail.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Резюме. Цель работы – разработка основы для охраны редкого кавказского жука-чернотелки *Hedyphanes nycterinoides* после изучения его распространения, местообитаний и причин ухудшения состояния популяции. **Методы.** Для картирования прошлого и современного ареала вида, исследования его местообитаний и трофических связей были использованы материалы крупнейшей коллекции Зоологического института РАН, сборы и наблюдения авторов в природе. **Результаты.** Таксономическая история вида сложна и запутанна в результате утери типового материала. В настоящее время этот таксон интерпретируется как самостоятельный вид. *Hedyphanes nycterinoides* распространен во Внешнегорном и Внутригорном Дагестане, но все известные экземпляры были собраны в XIX-XX веках (последняя находка датируется 1984 годом). Популяция вида из Внутригорного Дагестана возможно вымерла после наполнения Ирганайского водохранилища в 2008 году. Известна только одна современная популяция из аридной долины реки Рубас в Южном Дагестане. Вид населяет засоленные почвы (солонцы, солончаки) и питается солянками, активен в апреле-мае, вечером или днем в пасмурную погоду. **Выводы.** *Hedyphanes nycterinoides* рекомендован для включения в Красную книгу Дагестана как индикатор состояния галофильных растительных сообществ в холмистых ландшафтах Восточного Кавказа. Основные факторы деградации популяции – перевыпас и заполнение водохранилищ. **Ключевые слова:** редкие Tenebrionidae, *Hedyphanes*, Северный Кавказ, галофитные растительные сообщества, охрана.

Формат цитирования: Набоженко М.В., Теймуров А.А., Солтанмурадова З.И. Редкая эндемичная чернотелка *Hedyphanes nycterinoides* Faldermann, 1837 (Coleoptera: Tenebrionidae) из Дагестана – индикатор галофитных биотопов // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.164-171. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-164-171

INTRODUCTION

Species of the genus *Hedyphanes* Fischer von Waldheim, 1820 (Coleoptera: Tenebrionidae: tribe Helopini) are widely distributed in Turkey, the Caucasus, Iran, Iraq, Central Asia, Kazakhstan and Afghanistan [1]. Taxonomic revision of the genus is presented in a series of papers [1-6] and a larva of one species is described by Gilyarov and Svetova (1963) in [7]. Bionomics and trophic relations of the most species have not yet been studied. The species of the genus are phytophagous unlike most lichen-feeding Helopini [8; 9].

Two species of this genus are found on the territory of Russia: *H. coerulescens* Fischer von Waldheim, 1821, known by several records from Astrakhan Region and Bashkortostan in the border areas of Kazakhstan [1; 10] and *H. nycterinoides* Faldermann, 1837, found only in Dagestan [5]. Landscape-biotopical distribution of the former is well studied in Central Asia and



Kazakhstan [11-16], whereas the latter was entered only in faunistic checklists, catalogues [5; 17] and some mentioned taxonomic works.

According to our study, the state of the population of *H. nycterinoides* is catastrophic and requires research along with urgent conservation measures.

MATERIALS AND METHODS

In this study, we used materials from the collection of the Zoological institute RAS, St Petersburg (ZIN), as well as the results of our previous fieldwork (beetles are deposited in the private collection of M.V. Nabozhenko, Makhachkala, CN).

RESULTS AND DISCUSSION

Hedyphanes nycterinoides Faldermann, 1837 (fig.1-4)

Taxonomic history. *Hedyphanes nycterinoides* was described as being from Transcaucasia without giving a distinct locality [18]. Type specimens of this species are lost, therefore, various authors interpreted its status according to their own understanding. Motshulsky [19] synonymized it with *Hedyphanes laticollis* Fischer von Waldheim in Ménériés, 1832. Allard [20] considered *H. nycterinoides* as separate species, however later he [21] included this taxon in his checklist as the junior synonym of *H. laticollis*. Seidlitz [22] interpreted *nycterinoides* as a separate species but listed a very wide distribution (Derbent – locality of *H. nycterinoides*; Iran, Shahrud – locality of *H. seidlitzii* Reitter, 1914; Elisabethpol (now Azerbaijan, Gyanja) – locality of *H. tagenioides* Faldermann in Ménériés, 1832 and *H. laticollis*), therefore the taxon was mixed. Reitter [23; 24], who considered *H. nycterinoides* to be an independent species, recorded it for Derbent, the Aras valley and Transcaucasia (locality of three species *H. tagenioides*, *H. laticollis* and *H. mannerheimi* Faldermann, 1837), therefore *nycterinoides* sensu Reitter, 1922 was also a mixed taxon. Medvedev [10] listed *H. nycterinoides* as the separate species, found only in Dagestan. Nabozhenko [2] decreased the status of the species to subspecies *H. laticollis nycterinoides*, however later Abdurakhmanov and Nabozhenko [5] returned a species rank to this taxon.

Type material. Not found, probably lost.

Type locality: “Transcaucasia”.

Material (all from Dagestan Republic, Russia). 2 ♀ (ZIN) with Cyrillic labels: “Kizlyrsk. okr., Kirichenko, 20.V.1925.” and “Alexandriyskaya, Terekli-Mekteb” (now Kizlyar District, Alexandriyskaya, 43°54'27"N, 47°07'51"E); 1 ♀ (ZIN): foothills SW Makhachkala, 10.04.1985, V. Yanushev; 1 ♂ (ZIN) with a Cyrillic label: “Dagestan, Untsukul Distr. Irganay, hydroelectric power station, 1984, B. Saypulaeva”; 2 ♂♂ (ZIN) with labels: “Derbend”, “k [coll.]. Rybakov”; 1 ♂, 1 ♀ (ZIN): with a label “Tabasaran [Distr.], Maraga, 29.04.00”; 2 ♂♂ (CN): Tabasaran Distr., arid hills, right bank of the Rubas River, opposite Sirtych, 41°48'N, 48°04'E, 24.04.2017, leg. M.V. Nabozhenko, A.A. Teymurov.

Redescription, comparison (keys) and figures are given by Nabozhenko in [2] and by Abdurakhmanov, Nabozhenko in [5]. Populations can have a weak bluish shade (figs 1-2) or be completely black (Kizlyar distr.) (fig. 3); females have the pronotum widest before the middle (fig. 2) or at the middle.

Distribution (fig. 4). Piedmont Dagestan (Kizlyar Distr., hills near the Caspian sea, arid hills in the Rubas valley) and Intermountain Dagestan (Untsukul arid mountain valley). The species was collected only in the 19th-20th centuries despite intense research which has been conducted in Dagestan since 1990s [25]. The last record is dated 1984. Two males collected in 2017 were found 33 years later. The arid Rubas valley is the southernmost border of the range of *H. nycterinoides* and the only known present time locality of the species. The population of *H. nycterinoides* from the Untsukul arid mountain hollow died out. The species was collected in the valley of the Avarian Koysu River, which was then flooded with the Irganay reservoir.



Figs.1-4. *Hedyphanes nycterinoides*, habitus and distribution.

1 – male, population having bluish colour, Rubas valley; 2 – the same, female;
3 – female, population having black body, Terek valley; 4 – map of distribution

Рис.1-4. *Hedyphanes nycterinoides*, габитус и распространение.

1 – самец, популяция с синеватым оттенком, долина р. Рубас; 2 – то же, самка;
3 – самка, популяция с черными покровами, долина р. Терек; 4 – карта распространения

Habitats (fig. 5). The species inhabit saline soils on hills, piedmont plains and in arid intermountain hollows. It is active in the spring (April-May), in the evening or in the daytime in cloudy weather and feeds on saltworts (*Bassia sedoides* (Pall.) Aschers, *Kalidium foliatum* (Pall.) Moq., *Salsola ericoides* M. Bieb., *Salsola soda* L., *Camphorosma lessingii* Litv., *Salsola tragus* L., suffrutescent *Climacoptera crassa* (M. Bieb.) Botsch. *Halothamnus glaucus* (M. Bieb.) Botsch., *Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.). Vegetation in the Rubas valley consists of dominated sagebrush-saltwort suffrutescent and small-frutescent communities. Species composition in these communities varies with the degree and nature of soil salinization; the projective cover ranges within 20-70%. Typical associations include *Artemisia-Kalidium* (with *K. foliatum*), *Artemisia-Salsola* (with *S. ericoides*), *Artemisia-Halothamnus* (with *H. glaucus*), *Artemisia-saltwort* with annual halophytes (*Climacoptera crassa*, *Salsola soda*, *Petrosimonia oppositifolia* etc.).



**Fig.5. Habitat of *Hedyphanes nycterinoides* in the Rubas valley:
Artemisia-saltwort plant association (Dagestan: Tabasaran District)
Рис.5. Местообитание *Hedyphanes nycterinoides* в долине р. Рубас:
полынно-солянковая ассоциация (Дагестан: Табасаранский район)**

Factors in the reduction of the micropopulations and the range of the species. The main cause of the population extinction in the Untsukul arid hollow was construction of the Irganay hydroelectric power station and filling of the Irganay reservoir, which destroyed the halophytic plant communities in the valley of the Avarian Koysu River. Overgrazing threatens the population from the arid Rubas valley (Southern Dagestan). The most halophytic habitats are degraded and trampled by sheep that cement the soil, which affects successful oviposition and subsequent development of larvae.

Measures for conservation of the species in Southern Dagestan. It is necessary to identify several areas in the Rubas valley with preserved halophytic plant communities and to prohibit grazing or to limit grazing in spring (during copulation and oviposition). The allocation of protected areas will save the population of rare *H. nycterinoides*, the entire complex of halobiontic insects (including darkling beetles from the genera *Centorus* Mulsant, 1854 and *Phora* Germar, 1836), as well as rare plants growing in the area: *Iris acutiloba* C.A. Mey., *Iris taurica* Lodd., *Iris notha* Bieb., *Traunsteinera globosa* (L.) Rechb., *Orchis simia* Lam., *Orchis papilionacea* ssp. *schirwanica* (Woronow) Soó, *Bongardia chrysogonum* (L.) Spach., *Matthiola caspica* (N.Busch) Grossh., *Jasminum fruticans* L. etc.

CONCLUSIONS

Populations and distribution of the rare Dagestanian (east of the North Caucasus) endemic darkling beetle *Hedyphanes nycterinoides* have decreased significantly due to an intensive grazing load and filling of the Irganay reservoir in 2008. The only known population of this species is from the Rubas valley (Southern Dagestan). Being distributed in halophytic plant communities, the species, as well as halophytic plant communities in this area, need urgent protection measures.



Acknowledgements: 1. The authors express heartfelt thanks to Ivan Chigray (ZIN, St Petersburg) for the preparation of photographs.

2. The study was supported by the basic research project of the Caspian Institute of Biological Resources DSC RAS No. AAAA-A17-117081640018-5 "Biological diversity, organization and dynamics of populations and animal communities, scientific basis for the management of biological resources of the Eastern Caucasus ecoregion", registration number, as well as by the Program of the RAS Presidium: "Biodiversity of natural systems. Biological resources of Russia: assessment of state and fundamentals of monitoring" for Maxim Nabozhenko.

Благодарности: 1. Авторы сердечно благодарны Ивану Чиграю (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург) за изготовление фотографий.

2. Исследование поддержано базовой темой Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН No. AAAA-A17-117081640018-5 «Биологическое разнообразие, организация и динамика популяций и сообществ животного населения, научные основы управления биологическими ресурсами Восточно-Кавказского экорегиона» и Программой президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» для М.В. Набоженко.

REFERENCES

1. Nabozhenko M.V. Review of the genus *Hedyphanes* Fischer von Waldheim, 1822 (Coleoptera: Tenebrionidae: Helopini) of Kazakhstan, Middle Asia, Iran and Afghanistan. *Entomological Review*, 2018, vol. 98, iss. 5, pp. 594-628. DOI: 10.1134/S0013873817050056
2. Nabozhenko M.V. Tenebrionid beetles of the genera *Hedyphanes* Fischer and *Entomogonus* Solier (Coleoptera, Tenebrionidae: Helopini) in the Caucasus. *Entomological Review*, 2002, vol. 82, iss. 8, pp. 1003-1009.
3. Nabozhenko M.V. New synonymy and new species of the genus *Hedyphanes* Fischer de Walheim, 1922 (Coleoptera, Tenebrionidae). *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 2005, vol. 51, iss. 4, pp. 349-355.
4. Nabozhenko M.V. Taxonomic notes on the genera *Hedyphanes* Fischer von Waldheim, 1820 and *Entomogonus* Solier, 1848 (Coleoptera: Tenebrionidae) of Turkey. *Journal of Insect Biodiversity*, 2013, vol. 1, no 8, pp. 1-9.
5. Abdurakhmanov G.M., Nabozhenko M.V. Keys and Catalogue to Darkling Beetles (Coleoptera: Tenebrionidae s. str.) of the Caucasus and the South of the European Part of Russia. Moscow, KMK Scientific Press LTD Publ., 2011, 361 p. (In Russian)
6. Nabozhenko M.V., Lillig M. A new subgenus and species of the genus *Hedyphanes* Fischer von Waldheim, 1820 (Coleoptera: Tenebrionidae: Helopini) from Israel and Egypt. *Zootaxa*, 2013, vol. 3641, no. 2, pp. 188-192. DOI: 10.11646/zootaxa.3641.2.6
7. Gilyarov M.S., Svetova J.A. Die Larve von *Hedyphanes seidlitzi* Reitter und die Unterschiede der Larven einiger Gattungen der paläarktischen Helopini (Coleoptera: Tenebrionidae). *Beiträge zur Entomologie*, 1963, Bd. 13, pp. 327-334.
8. Nabozhenko M.V., Lebedeva N.V., Nabozhenko S.V., Lebedev V.D. The taxocene of lichen-feeding darkling Beetles (Coleoptera, Tenebrionidae: Helopini) in a forest-steppe ecotone. *Entomological Review*, 2016, vol. 96, iss. 1, pp. 101-113. DOI: 10.1134/S0013873816010115
9. Nabozhenko M.V., Keskin B., Nabozhenko S.V. Life forms and strategies of lichen-feeding darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae: Helopini). *Entomological Review*, 2017, vol. 97, iss. 6, pp. 735-746. DOI: 10.1134/S0013873817060045
10. Medvedev G.S. Fam. Tenebrionidae – darkling beetles. *In: Key to insects of European part of the USSR. Vol. 2. Coleoptera and Strepsiptera.* Moscow–Leningrad, Nauka Publ., 1965, pp. 356-381. (In Russian)



11. Skopin N.G. Materials to the fauna and ecology of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) of South West Kazakhstan. *Trudy Kazakhskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rasteniy*, 1961, vol. 6, pp. 172-208. (In Russian)
12. Skopin N.G. Darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) of Southern Kazakhstan and their economic significance. *Trudy Kazakhskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rasteniy*, 1968, vol. 10, pp. 74-114. (In Russian)
13. Pirnazarov B.P. Darkling beetles of the Karakalpak USSR. DrPh Abstract. Leningrad, 1972, 28 p. (In Russian)
14. Tadzhibaev M. Darkling-beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) of low mountains of Southern Tadjikistan. *Entomologicheskoe obozrenie*. 1972, vol. 51, iss. 2, p. 274-281. (In Russian)
15. Tadzhibaev M. To the fauna and ecology of darkling-beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) of low mountains of Tadjikistan. *Izvestia AN Tadjikskoy SSR, otdel biologicheskikh nauk*, 1980, vol. 4, pp. 37-43. (In Russian)
16. Nepesova M.G. Darkling-beetles of Turkmenia. Ashgabad, Ylym Publ., 1980, 312 p. (In Russian)
17. Abdurakhmanov G.M., Medvedev G.S. Catalogue of the tenebrionid beetles of the Caucasus. Makhachkala, Dagestan State Pedagogical Institute Publ., 1994, 212 p. (In Russian)
18. Faldermann F. Fauna Entomologica Trans-Caucasica. Coleoptera. Pars II. Moscou, Auguste Semen, 1837, 433 p., 15 pls.
19. Motschulsky V. de. Remarques sur la collection de Coléoptères Russes de Victor de Motschulsky. *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou*, 1845, t. 18, pp. 3-127.
20. Allard E. Révision des Helopines vrais de Lacordaire. *L'Abeille, Journal d'Entomologie*, 1876, vol. 14, pp. 1-80.
21. Allard E. Révision des Helopides vrais. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 1877, vol. 5, 13-268.
22. Seidlitz G. von. Tenebrionidae. *In: H. Kiesenwetter von. G., von Seidlitz. Naturgeschichte der Insecten Deutschlands. Erste Abteilung Coleoptera. Fünfter Band. Erste Hälfte. Berlin, Nicolaische Verlags-Buchhandlung*, 1896, pp. 609-800.
23. Reitter E. Sechs neue Arten der Coleopteren-Gattung Hedyphanes Fischer. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 1914 [1913], vol. 58, pp. 184-187.
24. Reitter E. Bestimmungs-Tabellen der europaischen Coleopteren. H. 92. Tenebrionidae. 16. Teil: Unterfamilie Helopina, I. *Wiener Entomologische Zeitung*, 1922, Bd. 39, pp. 1-44.
25. Abdurakhmanov G.M., Nabozhenko M.V., Abdurakhmanov A.G., Ivanushenko Yu.Yu., Daudova M.G. Geographic relations of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) of the Palearctic Tethys desert-steppe region with the historical review. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 35-89. (In Russian). DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-35-89

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Maxim V. Nabozhenko*, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Scientific Centre RAS; 45 M. Gadzhiev St., Makhachkala 367023 Russia; Associate Professor, Department of Biology and Biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development of the Dagestan State University, e-mail: nalassus@mail.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Максим В. Набоженко*, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН; ул. М. Гаджиева, 45, г. Махачкала, 367023 Россия; доцент кафедры биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ДГУ, e-mail: nalassus@mail.ru



Abdulgamid A. Teymurov, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Biology and Biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development of the Dagestan State University; 21 Dakhadaev St., Makhachkala 367016 Russia; e-mail: gamidt@mail.ru

Zarema I. Soltanmuradova, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Biology and Biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development of the Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

Contribution

Maxim V. Nabozhenko collected materials on insects, prepared the entomological parts of the manuscript and some of the illustrations; Abdulgamid A. Teymurov and Zarema I. Soltanmuradova collected materials on plants, prepared the botanical parts of the manuscript and some of the illustrations. The authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 26.11.2018

Accepted for publication 28.01.2019

Абдулгамид А. Теймуров, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ДГУ; ул. Дахадаева, 21, г. Махачкала, 367016 Россия; e-mail: gamidt@mail.ru

Зарема И. Солтанмурадова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ДГУ, г. Махачкала, Россия.

Критерии авторства

Максим В. Набоженко собирал материал по насекомым, делал энтомологические части статьи, часть иллюстраций; Абдулгамид А. Теймуров и Зарема И. Солтанмурадова собирали материал по растениям, делали ботанические части статьи, часть иллюстраций. Авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 26.11.2018

Принята в печать 28.01.2019



Оригинальная статья / Original article
УДК: 582.28 : 581.95 (470+571)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-172-179

НОВЫЕ ДЛЯ ДАГЕСТАНА ВИДЫ РОДА *TOMENTELLA* (THELEPHORALES, BASIDIOMYCOTA)

¹Сергей В. Волобуев*, ²Юлия Ю. Иванушенко, ³Азиз Б. Исмаилов

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия, sergvolobuev@binran.ru

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Горный ботанический сад ДНЦ РАН, Махачкала, Россия

Резюме. Цель. Получить новые сведения о видовом разнообразии и экологических характеристиках грибов рода *Tomentella* на территории Северо-Восточного Кавказа. **Материал и методы.** Сбор образцов грибов проведен в ходе маршрутного обследования лесных экосистем в окрестностях с. Деличобан Дербентского района и на территории природного парка «Верхний Гуниб» в Гунибском районе Республики Дагестан в октябре 2018 года. Идентификация собранного материала проведена методами световой микроскопии в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. **Результаты.** Выявлены три новых для Республики Дагестан вида грибов из рода *Tomentella* – *T. bryophila*, *T. ellisii* и *T. fibrosa*. В работе приведены краткие морфологические описания впервые отмеченных для региона видов грибов, их местонахождения и комментарии о современном таксономическом положении. **Заключение.** Род *Tomentella* Pers. ex Pat. s. l. на территории Республики Дагестан представлен в настоящее время 12 видами грибов (*Tomentella bryophila*, *T. cinerascens*, *T. crinalis*, *T. ellisii*, *T. ferruginea*, *T. fibrosa*, *T. lateritia*, *T. pilosa*, *T. punicea*, *T. stuposa*, *T. subtestacea* и *T. umbrinospora*), отмеченными в широком градиенте высотной поясности. Дальнейшие микологические исследования, в том числе с использованием молекулярно-генетического подхода, позволят выявить новые для региона виды, а также расширить представления о пространственной и эколого-трофической структуре микобиоты.

Ключевые слова: биоразнообразие, базидиомицеты, видовой состав, распространение грибов, *Tomentella*, Дагестан, Кавказ.

Формат цитирования: Волобуев С.В., Иванушенко Ю.Ю., Исмаилов А.Б. Новые для Дагестана виды рода *Tomentella* (Thelephorales, Basidiomycota) // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.172-179. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-172-179

NEW FOR DAGESTAN SPECIES OF *TOMENTELLA* (THELEPHORALES, BASIDIOMYCOTA)

¹Sergey V. Volobuev*, ²Yuliya Yu. Ivanushenko, ³Aziz B. Ismailov

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, Russia, sergvolobuev@binran.ru

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Mountain Botanical Garden of the RAS Dagestan Scientific Centre,
Makhachkala, Russia



Abstract. Aim. To obtain new data on the species diversity and ecological characteristics of the *Toментella* fungi growing in the North-Eastern Caucasus. **Materials and methods.** Sampling of research material was performed in October, 2018 during a route survey of forest ecosystems in the vicinity of Delichoban, the Derbent district, and across the territory of the Upper Gunib natural park, the Gunib district, in the Republic of Dagestan. Identification of the collected material was carried out by light microscopy in the Laboratory of Systematics and Geography of Fungi, V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. **Results.** 3 *Toментella* species, which are new for the Republic of Dagestan, have been identified, including *T. bryophila*, *T. ellisii* and *T. fibrosa*. All the discovered species are given with a brief morphological description, details of localities and comments on the current taxonomic position. **Conclusion.** The *Toментella* Pers. ex Pat. s. l. genus is currently represented by 12 species in the territory of the Republic of Dagestan: *Toментella bryophila*, *T. cinerascens*, *T. crinalis*, *T. ellisii*, *T. ferruginea*, *T. fibrosa*, *T. lateritia*, *T. pilosa*, *T. punicea*, *T. stuposa*, *T. substestacea* and *T. umbrinospora*. All these species are found across a wide range of altitudinal gradient. Further mycological studies, including those using the molecular and genetic approach, are needed to reveal species new for the region and to expand the understanding of the spatial, ecological and trophic structure of its mycobiota.

Keywords: biodiversity, basidiomycetes, species composition, distribution of fungi, *Toментella*, Dagestan, Caucasus.

For citation: Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B. New for Dagestan species of *Toментella* (Thelephorales, Basidiomycota). *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 172-179. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-172-179

ВВЕДЕНИЕ

Грибы рода *Toментella* являются облигатными обитателями лесных экосистем, принимая участие в формировании эктомикоризных симбиозов с сосудистыми растениями. Будучи микоризообразователями, они играют важнейшую роль в сложении пионерных группировок растительности в бореальных лесах [1], где отмечается максимум видового разнообразия представителей рода *Toментella*. Томентеллоидные грибы развивают распростертые по субстрату базидиомы в виде ватообразных или напоминающих паутину слоев, окрашенных преимущественно в коричневый, темно-бурый, зеленовато-серый или глинисто-умбровый цвета. Плодовые тела формируются обычно на валежных ветвях и стволах, фрагментах коры, погребенной в почву древесине или других растительных остатках, а также на поверхности почвы [2], и по этой причине виды *Toментella* долгое время считались сапротрофами. Наряду с типично лесными сообществами, показана особая значимость томентеллоидных грибов в качестве микоризных партнеров растений различных жизненных форм (*Arctostaphylos*, *Bistorta*, *Dryas*, *Kobresia*, *Salix* и др.) в условиях арктоальпийских экосистем [3]. В данных местообитаниях плодовые тела видов *Toментella* могут быть обнаружены на прилегающих к почве поверхностях камней, на растительных остатках или на обнаженных участках почвы или дерна.

Большинство видов томентеллоидных грибов имеют широкое распространение, как в северном, так и в южном полушарии [4], однако, изученность различных регионов крайне неравномерная, что связано с отсутствием специальных исследований данной группы грибов. Территория Дагестана относится к числу слабо изученных в микологическом отношении, при этом в регионе до настоящего момента было известно 9 видов грибов рода *Toментella* [2].

Целью данной работы является дополнение сведений о видовом составе и особенностях экологии томентеллоидных грибов в Республике Дагестан.



МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор образцов грибов проведен в ходе маршрутного обследования лесных экосистем в окрестностях с. Деличобан (2–3 м н.у.м.) Дербентского района и на территории природного парка «Верхний Гуниб» (1700–1900 м н.у.м.) в Гунибском районе Республики Дагестан в октябре 2018 года. Идентификация собранного материала проведена в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН с использованием световых микроскопов Микмед-6 (ЛОМО), AxioImager A1 (Carl Zeiss) и стандартного набора реактивов (5% раствор КОН, реактив Мельцера). Изученные образцы инсерированы в основной фонд Микологического гербария БИН РАН (LE).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования выявлены три новых для Республики Дагестан вида грибов из рода *Tomentella* – *T. bryophila*, *T. ellisii* и *T. fibrosa*. Наряду с ранее указанными для региона видами *Tomentella cinerascens*, *T. crinalis*, *T. ferruginea*, *T. lateritia*, *T. pilosa*, *T. punicea*, *T. stiposa*, *T. substestacea* и *T. umbrinospora*, общее число известных к настоящему времени для Дагестана видов составляет 12.

Ниже приводятся краткие морфологические описания впервые отмеченных для региона видов грибов, их местонахождения и комментарии о современном таксономическом положении.

Tomentella bryophila (Pers.) M. J. Larsen – Томентелла мохолобивая.

Базидиомы распростертые, плотно обрастающие субстрат, паутинистые или рыхло сплетенные, сплошные. Гименофор гладкий, не отличающийся по цвету от подстилки, охряный в свежем состоянии, при подсыхании становится желтовато-коричневым или редко умбровым. Стерильный край обычно не различим. Гифальные тяжи отсутствуют. Подстилка состоит из толстостенных желтоватых или бледно-коричневых гиф с пряжками. Субгимениальные гифы с пряжками, диаметром 4.5–7 мкм, тонкостенные, желтоватые или гиалиновые в КОН. Цистиды отсутствуют. Базидии 42–50 × 8–11 мкм, 4-споровые, с пряжкой у основания, гиалиновые в КОН. Базидиоспоры шаровидные до широко эллипсоидных, 7.5–11 мкм в диаметре, с достаточно длинными шипами до 2.5 мкм, желтоватые или бледно-коричневые в КОН (рис. 1).

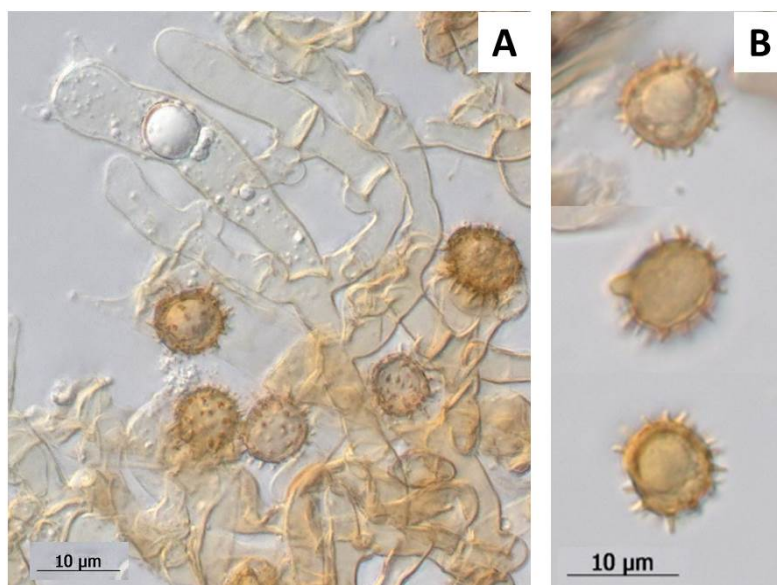


Рис.1. Микроструктуры *Tomentella bryophila*: А – участок гимения с базидиями и базидиоспорами, В – базидиоспоры
Fig.1. Microscopic features of *Tomentella bryophila*: А – part of hymenium with basidia and basidiospores, В – basidiospores



Изученные образцы: Россия, Республика Дагестан, Гунибский район, природный парк «Верхний Гуниб», 42.40359°N, 46.91126°E, березняк разнотравно-злаковый, на валеже *Betula* sp., 03.10.2018 (LE 314106); 42.40415°N, 46.92131°E, березняк травяной, на валежных ветвях *Betula* sp., 08.10.2018 (LE 314109); Дербентский район, окрестности с. Деличобан, 42.21096°N, 48.08201°E, полидоминантный широколиственный лес, на валеже *Quercus* sp., 11.10.2018 (LE 314110); на валежной ветви *Carpinus betulus*, 11.10.2018 (LE 314112).

Примечание. Один из самых широко распространенных видов рода *Tomentella*, встречающийся в различных типах природных местообитаний. Его отличительными признаками является весьма яркая окраска базидиом, наличие пряжек на гифах и достаточно крупные округлые споры с хорошо развитыми шипами. На Северном Кавказе ранее вид был известен также из Карачаево-Черкесской Республики, Республики Северная Осетия (Алания) и Краснодарского края [2].

***Tomentella ellisii* (Sacc.) Jülich & Stalpers – Томентелла Эллиса.**

Базидиомы распростерты, плотно прикрепленные к субстрату, с четким краем, вначале рыхлые, по мере роста становящиеся пленчатыми. Гименофор гладкий или мелко бородавчатый, сероватый с коричневым оттенком, более темный, чем субикулюм (подстилка), на краю бледнее. Краевая зона довольно выраженная, от выпуклой до рыхломучнистой, от желтовато-кремового до древесного цвета. Подстилка рыхлая, в некоторых случаях с гифальными тяжами, желтовато-кремового или древесного цвета. Гифальная система мономитическая, все гифы с пряжками и более или менее вздутыми клетками, средний диаметр 3–6 мкм, гиалиновые или желтовато-коричневые в субикулюме, без изменений в КОН. Цистид нет. Базидии 40–70 × 7,5–10 мкм, 4-споровые, с пряжкой у основания, гиалиновые или немного зеленоватые в КОН. Базидиоспоры эллипсоидные, 8–12 мкм в продольном измерении, с короткими локально расположенными шипами длиной до 0,5 мкм, коричневатые в КОН (рис. 2).

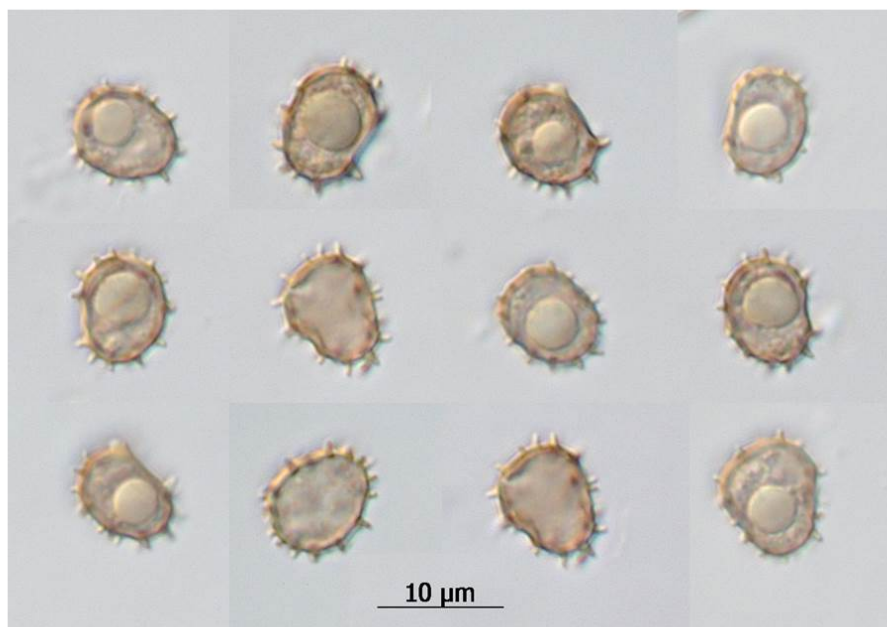


Рис.2. Базидиоспоры *Tomentella ellisii*
Fig.2. Basidiospores of *Tomentella ellisii*

Изученные образцы: Россия, Республика Дагестан, Гунибский район, природный парк «Верхний Гуниб», 42.40908°N, 46.90119°E, сосняк с березой травяной, на валеже *Pinus kochiana*, 04.10.2018 (LE 314108); Дербентский район, окрестности с. Деличобан,



42.21096°N, 48.08201°E, полидоминантный широколиственный лес, на валеже *Quercus* sp., 11.10.2018 (LE 314111).

Примечание. На основании данных молекулярного анализа ITS1–5.8S–ITS2 области ярдНК [5] для таксона предложена новая комбинация *Thelephora ellisii* (Sacc.) Zmitr., Shchepin, Volobuev & Myasnikov, указывающая на филогенетическую принадлежность к роду *Thelephora*, некоторые представители которого характеризуются формированием распростертых плодовых тел. Вид достаточно широко известен в различных регионах России.

***Tomentella fibrosa* (Berk. & M. A. Curtis) Kõljalg – Томентелла обильноволокнистая.**

Базидиомы распростертые, отделяющиеся от субстрата, паутиновые, сплошные. Гименофор мелкозернистый или, как правило, зубчатый, одного цвета с подстилкой, коричнево-умбровый или коричневого цвета. Стерильный край хорошо выраженный, более бледный, чем гименофор, почти бурого цвета или цвета сепии. Гифальные тяжи присутствуют в подстилке и по краям базидиомы, димитические, до 60 мкм в диаметре. Гифы в подстилке с простыми перегородками, толстостенные, без инкрустации, желтоватые в КОН. Развита трама, гифы которой толстостенные, с простыми перегородками и напоминают цистиды, желтоватые до бледно-коричневых в КОН. Субгимениальные гифы без пряжек, диаметром 3–4,5 мкм, тонкостенные, желтоватые в КОН. Цистид нет. Базидии 40–50 × 7–9 мкм, 4-споровые, без пряжек у основания, часто с поперечными перегородками, гиалиновые в КОН. Базидиоспоры почти шаровидные с едва заметными лопастями, 6–7.5 мкм в диаметре, с двух- и трехвершинными шипами, темно-коричневые в КОН (рис. 3).



Рис.3. Микроструктуры *Tomentella fibrosa*: А – базидиоспоры, В – траматические цистидоподобные гифы
Fig.3. Microscopic features of *Tomentella fibrosa*: А – basidiospores, В – cystidia-like tramal hyphae

Изученные образцы: Россия, Республика Дагестан, Гунибский район, природный парк «Верхний Гуниб», 42.40962°N, 46.90687°E, сосняк с березой травяной, на валеже *Pinus kochiana*, 04.10.2018 (LE 314107).



Примечание. Вид легко узнается при микроскопировании благодаря хорошо развитым цистидоподобным траматическим гифам с простыми перегородками. Ранее на основании комплексного анализа данных полевых исследований, молекулярно-генетических методов и анализа стабильных изотопов было показано [6], что вид *T. fibrosa* существенно отличается от типичных эктомикоризных видов рода *Tomentella* и для него была введена комбинация *Odontia fibrosa* (Berk. & M.A. Curtis) Kõljalg. В пределах Северного Кавказа вид был отмечен также на территории Карачаево-Черкессии и Краснодарского края [2; 7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Род *Tomentella* Pers. ex Pat. s. l. на территории Республики Дагестан представлен в настоящее время 12 видами грибов, отмеченными в широком градиенте высотной поясности – от Прикаспийской низменности до внутригорных местообитаний Гунибского плато (1900 м н.у.м.). Все виды выявлены на основании полевых сборов и микроморфологической идентификации плодовых тел грибов, развивающихся на растительных остатках различной степени деструкции. Дальнейшие микологические исследования, в том числе с использованием молекулярно-генетического подхода, несомненно, позволят выявить новые для региона виды, а также расширить представления о пространственной и эколого-трофической структуре микобиоты.

Благодарность: Работа выполнена в рамках госзадания БИИ РАН по теме «Биоразнообразие, экология и структурно-функциональные особенности грибов и грибообразных протистов» (АААА-А19-119020890079-6) на оборудовании ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

Acknowledgment: The study was carried out within the framework of the institutional research project of the Komarov Botanical Institute (“Biodiversity, ecology, structural and functional features of fungi and fungus-like protists”, АААА-А19-119020890079-6) using equipment of The Core Facilities Center “Cell and Molecular Technologies in Plant Science” at the Komarov Botanical Institute RAS (St.-Petersburg, Russia).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ezhov O.N., Zmitrovich I.V. Lignotrophic basidiomycetes from pioneering microsites in boreal forests of the White Sea Region // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2017. Т. 122. N 6. С. 44-50.
2. Kõljalg U. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in Temperate Eurasia. *Fungiflora*, Oslo. 1996. 213 p.
3. Peintner U., Dämmrich F. *Tomentella alpina* and other tomentelloid taxa fruiting in a glacier valley // *Mycological Progress*. 2012. V. 11. Iss. 1. P. 109-119. Doi: 10.1007/s11557-010-0734-x
4. Kuhar F., Barroetaveña C., Rajchenberg M. New species of *Tomentella* (Thelephorales) from the Patagonian Andes forests // *Mycologia*. 2016. V. 108. Iss. 4. P. 780-790. Doi: 10.3852/15-244
5. Zmitrovich I.V., Shchepin O.N., Malysheva V.F., Kalinovskaya N.I., Volobuev S.V., Myasnikov A.G., Ezhov O.N., Novozhilov Yu.K. Basidiome reduction in litter-inhabiting Thelephorales in boreal forest environments: morphological and molecular evidence // *Current Research in Environmental & Applied Mycology*. 2018. V. 8. Iss. 3. P. 360-371. Doi: 10.5943/cream/8/3/7
6. Tedersoo L., Harend H., Buegger F., Pritsch K., Saar I., Kõljalg U. Stable isotope analysis, field observations and synthesis experiments suggest that *Odontia* is a non-mycorrhizal sister



genus of *Tomentella* and *Thelephora* // Fungal Ecology. 2014. V. 11. P. 80-90. Doi: 10.1016/j.funeco.2014.04.006

7. Bolshakov S.Yu., Volobuev S.V., Potapov K.O., Shiryaev A.G., Shiryaeva O.S., Ezhov O.N., Rebriev Yu.A., Palamarchuk M.A., Khimich Yu.R., Borovichev E.A., Zmitrovich I.V. New species for regional mycobiotas of Russia. 3. Report 2018. // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52. Вып. 6. С. 386-397. Doi: 10.1134/S0026364818060028

REFERENCES

1. Ezhov O.N., Zmitrovich I.V. Lignotrophic basidiomycetes from pioneering microsites in boreal forests of the White Sea Region. *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody. Otdel Biologicheskii* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. 2017, vol. 122, no. 6, pp. 44-50.
2. Kõljalg U. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in Temperate Eurasia. *Fungiflora*, Oslo. 1996. 213 p.
3. Peintner U., Dämmrich F. *Tomentella alpina* and other tomentelloid taxa fruiting in a glacier valley. *Mycological Progress*, 2012, vol. 11, iss. 1, pp. 109-119. Doi: 10.1007/s11557-010-0734-x
4. Kuhar F., Barroetaveña C., Rajchenberg M. New species of *Tomentella* (Thelephorales) from the Patagonian Andes forests. *Mycologia*, 2016, vol. 108, iss. 4, pp. 780-790. Doi: 10.3852/15-244
5. Zmitrovich I.V., Shchepin O.N., Malysheva V.F., Kalinovskaya N.I., Volobuev S.V., Myasnikov A.G., Ezhov O.N., Novozhilov Yu.K. Basidiome reduction in litter-inhabiting Thelephorales in boreal forest environments: morphological and molecular evidence. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, 2018, vol. 8, iss. 3, pp. 360-371. Doi: 10.5943/cream/8/3/7
6. Tedersoo L., Harend H., Buegger F., Pritsch K., Saar I., Kõljalg U. Stable isotope analysis, field observations and synthesis experiments suggest that *Odontia* is a non-mycorrhizal sister genus of *Tomentella* and *Thelephora*. *Fungal Ecology*, 2014, vol. 11, pp. 80-90. Doi: 10.1016/j.funeco.2014.04.006
7. Bolshakov S.Yu., Volobuev S.V., Potapov K.O., Shiryaev A.G., Shiryaeva O.S., Ezhov O.N., Rebriev Yu.A., Palamarchuk M.A., Khimich Yu.R., Borovichev E.A., Zmitrovich I.V. New species for regional mycobiotas of Russia. 3. Report 2018. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2018, vol. 52, iss. 6, pp. 386-397. Doi: 10.1134/S0026364818060028

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Сергей В. Волобуев*, кандидат биологических наук, с.н.с. лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376 Россия; +7(812)372-54-69; e-mail: sergvolobuev@binran.ru

Юлия Ю. Иванушенко, аспирантка кафедры биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, Россия.

Азиз Б. Исмаилов, кандидат биологических наук, с.н.с. лаборатории интродукции

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Sergey V. Volobuev*, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Lab. of Systematics and Geography of Fungi, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg 197376 Russia, Professor Popov str., 2. Tel.: +7(812)372-54-69; e-mail: sergvolobuev@mail.ru

Yuliya Yu. Ivanushenko, postgraduate of Department of biology and biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

Aziz B. Ismailov, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory for the Introduction and



и генетических ресурсов древесных растений Горного ботанического сада ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия.

Критерии авторства

Сергей В. Волобуев – сбор и обработка материала, написание текста рукописи. Юлия Ю. Иванушенко – обработка материала и написание текста рукописи. Азиз Б. Исмаилов – сбор материала, корректировка рукописи до подачи в редакцию. Авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 06.12.2018

Принята в печать 28.12.2018

Genetic Resources of Woody Plants, Mountain Botanical Garden of the RAS Dagestan Scientific Centre, Makhachkala, Russia.

Contribution

Sergey V. Volobuev participated in the collection and processing of the research materials, as well as in preparing the manuscript. Yuliya Yu. Ivanushenko participated in processing the research materials and preparing the manuscript. Aziz B. Ismailov collected the materials and revised the manuscript before its submission. The authors are equally responsible for plagiarism and other unethical problems.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 06.12.2018

Accepted for publication 28.12.2018



Оригинальная статья / Original article
УДК 582.683.2(571.56–191.2)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-180-188

ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА *THLASPI ARVENSE* L. В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Барвара В. Семенова*, Дария Н. Андросова, Надежда С. Данилова
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
Якутск, Россия, vvsemenova-8@yandex.ru

Резюме. Цель работы – изучение жизненного цикла *Thlaspi arvense* L. в Центральной Якутии. **Методика.** Исследования проводились в условиях культуры в питомнике коллекции лекарственных растений Якутского ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. **Результаты.** Растение обладает высоким темпом развития надземной части, подземная часть отстает по развитию массы по сравнению с надземной. Продолжительность прегенеративного периода составляет 13–17 дней. Цветки мелкие, белые, образуют щитковидно-метельчатое соцветие высотой 1,0–4,5 см, в числе 52–67 цветков в соцветии. Высота растения достигает 18,0–29,0 см с 19–24 листьями. Продолжительность генеративного состояния – 49–55 дней. **Выводы.** Свежесобранные семена *T. arvense* находятся в неглубоком физиологическом покое, лабораторная всхожесть их составила 2%. После 6 месяцев сухого хранения отмечена 100%-ная всхожесть семян, при этом кардинально изменяется ход прорастания, оно приобретает взрывной характер. Жизненный цикл *T. arvense* протекает в течение одного вегетационного сезона (70–76 дней). В онтогенезе *T. arvense* выделено 3 периода и 5 онтогенетических состояний.

Ключевые слова: *Thlaspi arvense*, Brassicaceae, Центральная Якутия, онтогенез, жизненный цикл, фенологическая фаза, рудеральный вид, синантропный вид.

Формат цитирования: Семенова В.В., Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Изучение жизненного цикла *Thlaspi arvense* L. в Центральной Якутии // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.180–188. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-180-188

STUDY OF THE LIFE CYCLE OF *THLASPI ARVENSE* L. IN CENTRAL YAKUTIA

Varvara V. Semenova*, Dariya N. Androsova, Nadezhda S. Danilova
Institute for biological problems of cryolithozone, SB, RAS,
Yakutsk, Russia, vvsemenova-8@yandex.ru

Abstract. Aim. In this paper, we set out to study the life cycle of *Thlaspi arvense* L. in Central Yakutia. **Methods.** The studies were carried out in a culture at the nursery for the collection of medicinal plants of the Yakut Botanical Garden (Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS). **Results.** While the plant in question has a high rate of aerial part development, its underground part falls behind in terms of mass development as compared to its aerial part. The pre-generative period lasts for 13–17 days. Small white flowers of the plant form a corymbose-paniculate inflorescence (1.0–4.5 cm in height; 52–67 flowers per inflorescence). The plant reaches 18.0–29.0 cm in height and has 19–24 leaves. The generative state lasts for 49–55 days. **Con-**



clusions. Freshly harvested seeds of *T. arvense* are in non-deep physiological dormancy; their laboratory germination rate amounted to 2%. Following 6 months of dry storage, 100% germination of seeds was noted. However, the course of germination changed dramatically becoming explosive in nature. The life cycle of *T. arvense* lasts for one growing season (70–76 days). Three periods and five developmental states in the ontogeny of *T. arvense* have been identified.

Keywords: *Thlaspi arvense*, Brassicaceae, Central Yakutia, ontogenesis, life cycle, phenological stage, ruderal species, synanthropic species.

For citation: Semenova V.V., Androsova D.N., Danilova N.S. Study of the life cycle of *Thlaspi arvense* L. in Central Yakutia. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 180-188. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-180-188

ВВЕДЕНИЕ

В связи с промышленным и сельскохозяйственным освоением природа Центральной Якутии испытывает сильное антропогенное воздействие. Здесь издавна занимаются земледелием и скотоводством, что оказывает сильное воздействие на почвенный и растительный покров. Долина средней Лены – наиболее густонаселенный район Центральной Якутии, где проживает более половины населения Якутии. В настоящее время в окр. г. Якутска активно возрождается фермерское хозяйство, на территориях, примыкающих к городу, выращивают картофель, корнеплоды, овощные и др. культуры. Известно, что антропогенный пресс усиливает активность адвентивных видов, за счет угнетения и обеднения аборигенной флоры. В настоящее время флору Центральной Якутии отличает обилие сорных (15,7%) и заносных (3,4%) видов [1].

Одним из наиболее распространенных заносных видов в Якутии является *Thlaspi arvense* L. – Ярутка полевая [2]. Сеgetально-рудеральный вид, поселяющийся на обрабатываемых территориях, но может расти и на рудеральных местообитаниях. Время проникновения вида в Центральную Якутию не установлено, наиболее раннее упоминание о ярутке имеется в работе В.Л. Комарова «Введение в изучение растительности Якутии» [3].

Вид также является популярным лекарственным растением. Экстракт из свежего растения обладает маточным кровоостанавливающим, вяжущим, дезинфицирующим, противогинготным, отхаркивающим, потогонным, противохорадоочным и ранозаживляющим действием. В народной медицине отвар травы применяют при заболеваниях яичников, язвы желудка, при головных болях, раке матки, сахарном диабете, атеросклерозе, гипертонической болезни, запорах и т.д. Все части растения используют в пищу как салат [4].

Цель работы – изучить жизненный цикл *Thlaspi arvense* в Центральной Якутии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Thlaspi arvense – однолетнее травянистое стержнекорневое растение семейства капустные (Brassicaceae). Евразийский-североамериканский вид. В Якутии распространен в Колымском, Центрально-Якутском, Верхне-Ленском и Алданском флористических районах. Растет на пашнях, залежах, по обочинам дорог [5].

Изучение засоренности полей яруткой проводили маршрутным методом в течение вегетационного сезона, с мая по сентябрь 2018 г. При работе применялось глазомерное определение количества особей вида в посевах по четырем градациям шкалы обилия: «единично» – 1 балл, «мало» – 2 балла, «много» – 3 балла, «очень много» – 4 балла, предложенной Е.В. Шляковой [6].

Исследования онтогенеза *T. arvense* проводились в условиях культуры в коллекции лекарственных растений Якутского ботанического сада (ЯБС) ИБПК СО РАН.



Описание онтогенеза *T. arvense* с выделением онтогенетических состояний проводилось согласно общепринятым работам [7-11]. Фенологические наблюдения проводились по методике И.Н. Бейдеман [12].

Всхожесть и характер прорастания семян определялась у свежесобранных семян (в день сбора) и после 6 месяцев хранения при комнатной температуре $23\pm 1^\circ\text{C}$. Проращивание проводилось при естественном освещении, в стеклянных чашках Петри (диаметр 9 см) в 2–4-х повторностях по 100 штук на бумажном ложе. Увлажнитель – дистиллированная вода, семена увлажнялись по мере необходимости через 1-2 дня. Семя считалось проросшим при наличии корешка, размер которого равен семени. Подсчет проросших семян велся ежедневно. Всхожесть оценивалась по отношению количества проросших семян к количеству заложенных на проращивание, выраженному в процентах, %. Определение всхожести семян проводилось по методике З.Г. Беспалова и др. [13], И.В. Борисова [14].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Thlaspi arvense – синантропное растение, местообитания которого связаны с человеком. Нами были обследованы сельскохозяйственные поля пригородных хозяйств г. Якутска на предмет засоренности их яруткой полевой. Не обнаружена *T. arvense* на посадках корнеплодов (морковь, свекла), на посевах ржи, горчицы, овощей. Единично (балл 1) вид встречается на картофельных полях, из обследованных 17 полей с картофелем ярутка отмечена на 8. Здесь *T. arvense* немногочисленна, благодаря 2-3-разовому окучиванию картофеля за сезон удается почти полностью очистить посадки от сорных растений и от ярутки в том числе. Ярутка сосредоточена, в основном, за пределами участков, где встречается в достаточном количестве (2-3 балла). Весной, в конце мая перед посадкой картофеля количество всходов *T. arvense* на опытных площадках $20\times 20\text{ м}^2$ насчитывается до 98. Также ярутка была зафиксирована на посадках капусты – из обследованных 10 капустных полей она произрастает на 4, также обнаружена на 1 участке с посадками лука из 3-х обследованных. Засоренность яруткой участков с капустой и луком оценивается баллом 2.

T. arvense отмечена на территории ботанических садов Якутии, расположенных в долине р. Лены, в окр. г. Якутска. В ботаническом саду Северо-восточного федерального университета единично сорничает на коллекционных участках. В ботаническом саду Института биологических проблем криолитозоны СО РАН в большей степени проявляет себя как рудеральное растение – растет на хозяйственной части территории Сада, залежах, вдоль обочин дорог, встречается на огородах.

Обследование городских территорий показало, что *T. arvense* чаще произрастает в центральной части г. Якутска. Местообитания его связаны с заросшими газонами, обочинами дорог, старыми городскими дворами, мусорными местами.

Жизненный цикл *T. arvense* протекает в течение одного вегетационного сезона (70-76 дней). Массовая бутонизация наблюдается через 22-24 день после прорастания, массовое цветение – 27-29. Плодоношение отмечается на 35-37 день после массового цветения (табл. 1).

В онтогенезе у *T. arvense* выделено 3 периода и 5 онтогенетических состояний.

Латентный период. Плоды – стручки эллиптические, ширококрылатые с глубокой выемкой наверху 0,5-0,7 см дл. и 0,4-0,6 см шир. Семена темно-бурые, овальные до 2,05-2,2 мм дл. и 1,25-1,45 мм шир. (табл. 2).

Свежесобранные семена *T. arvense* находятся в неглубоком физиологическом покое, лабораторная всхожесть их составила 2%. Начало прорастания отмечено на 4 день опыта, длительность прорастания составила 14 дней. Семенам *T. arvense* свойственно послеуборочное дозревание, т.е. способность, находясь в воздушно-сухом состоянии, постепенно изменять свои биологические свойства во времени. После 6 месяцев сухого хранения отмечена 100%-ная всхожесть семян, при этом кардинально изменяется ход прорастания. Начало прорастания наблюдается на 3 день опыта, прорастание имеет взрывной характер – за 3 дня прорастают все семена, средняя всхожесть составляет 33%



за 1 день. Неглубокий покой – наследственное свойство, выработавшееся в процессе приспособления к условиям существования и закрепившееся отбором, предохраняющее семена от прорастания в неблагоприятное для него время года [15; 16].

Таблица 1

Фенологическое развитие *Thlaspi arvense* в культуре

Table 1

Phenological development of *Thlaspi arvense* in a culture

Фаза развития / Development phase	Дата / Date
Посев / Sowing	23.06
Отрастание / Regrowth	27.06
Стеблевание / Shooting	13.07
Начало бутонизации / Start of budding	18.07
Массовая бутонизация / Mass budding	20.07
Начало цветения / Beginning of flowering	22.07
Массовое цветение / Mass flowering	25.07
Конец цветения / End of flowering	11.08
Завязывание семян / Seed setting	20.08
Созревание семян / Seed ripening	25.08
Плодоношение / Fruiting	30.08

Таблица 2

Биометрические показатели *Thlaspi arvense* в культуре

Table 2

Biometric indicators *Thlaspi arvense* in a culture

Онтогенетическое состояние Ontogenetic state	Признаки Signs	Биометрические данные Biometric data
Нераскрывающиеся односемянные плоды Unopened single-seeded fruit	Длина плода, см / Fruit length, cm	0,64±0,04
	Ширина плода, см / Fruit width, cm	0,5±0,02
	Длина семени, мм / Seed length, mm	2,08±0,02
	Ширина семени, мм / Seed width, mm	1,39±0,02
Проросток Sprout	Высота проростка, см / Sprout height, cm	3,45±0,23
	Длина семядоли, см / Cotyledon length, cm	0,53±0,03
	Ширина семядоли, см / Cotyledon width, cm	0,5±0,04
	Длина черешка семядоли, см Length of the cotyledon petiole, cm	0,47±0,07
	Длина главного корня, см Length of the main root, cm	1,93±0,27
	Число боковых корней, шт. Number of lateral roots, pcs.	3,33±0,33
Ювенильное состояние Juvenile state	Длина листовой пластинки, см Length of the leaf blade, cm	2,24 ±0,21
	Ширина листовой пластинки, см Width of the leaf blade, cm	1,26 ±0,09
	Длина главного корня, см Length of the main root, cm	2,24 ±0,22
Имматурное состояние Immature state	Число листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	5,0 ±0,71
	Длина листовой пластинки, см Length of the leaf blade, cm	2,85±0,21
	Ширина листовой пластинки, см Width of the leaf blade, cm	1,4±0,08
	Длина главного корня, см Length of the main root, cm	2,53±0,16



Виргинильное состояние Virginal state	Высота побега, см / Shoot height, cm	7,0 ±0,35
	Число листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	9,0 ±0,58
	Длина листовой пластинки, см Length of the leaf blade, cm	3,99 ±0,32
	Ширина листовой пластинки, см Width of the leaf blade, cm	1,72 ±0,11
	Длина главного корня, см Length of the main root, cm	3,9 ±0,21
	Число боковых корней, шт. Number of lateral roots, pcs.	8,87 ±1,24
Генеративное состояние Generative state	Высота растения, см / Plant height, cm	22,61 ±1,4
	Число листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	21,4 ±0,56
	Высота соцветия, см Height of the inflorescence, cm	2,49 ±0,43
	Боковые непарные ветви соцветий, шт. Lateral unpaired branches of inflorescences, pcs.	2,17 ±0,31
	Число цветков в соцветии, шт. Number of flowers in the inflorescence, pcs.	58,4±2,23
	Длина листовой пластинки, см Length of the leaf blade, cm	3,9 ±0,29
	Ширина листовой пластинки, см Width of the leaf blade, cm	1,61 ±0,15
	Длина главного корня, см Length of the main root, cm	5,4 ±0,23
	Число боковых корней, шт. Number of lateral roots, pcs.	11,6 ±1,43

Прегенеративный период *T. arvense* включает проростки, ювенильное, имматурное и виргинильное онтогенетические состояния. Растение обладает высоким темпом развития надземной части, подземная часть отстает по развитию массы по сравнению с надземной частью.

Всходы *T. arvense* в открытом грунте появляются дружно на 4-5 день после посева. Проростки высотой достигают 3,0-4,5 см дл., семядоли 0,4-0,6 см дл. и 0,4-0,6 см шир., округлой формы, сидящие на черешках 0,2-0,7 см дл. В подземной части стержнекорневая система состоит из главного и боковых корней. Главный корень удлиняется до 1,0-3,0 см и несет до 2-4 боковых корней. В этом состоянии особи находятся до 12-14 дней.

В ювенильное состояние особи переходят с появлением настоящих листьев. Образуется розеточный побег с двумя листьями, которые появляются почти одновременно, имеют до 1,5-3,0 см дл. и 1,0-1,5 см шир., сидящие на черешках 1,5-3,0 см дл., удлиненной формы и до генеративного состояния не сохраняются, опадают (рис.). При формировании последующих листьев побег удлиняется и они располагаются на стебле поочередно. Длина главного корня удлиняется до 1,5-3,5 см. Ювенильное состояние длится всего несколько дней, 3-4.

У *T. arvense* можно выделить имматурное онтогенетическое состояние, которое проходит тоже быстро, в течение 2-3 дней. Выделение состояния обусловлено с появлением явных переходных листьев, от черешковой до сидячей формы до 7 шт. Форма листовой пластинки удлиненная с неровными выемчатыми краями и с черешком. Размеры листовой пластинки увеличиваются до 2,2-3,5 см дл. и 1,2-1,6 см шир. Черешок по краю тонким слоем обрамляет пластинка листа, за счет этого он становится чуть шире. Остальные параметры не меняются.

В виргинильном состоянии листья становятся сидячими. Высота удлиненного побега становится до 6,5-8,0 см. Пластинка листа увеличивается до 3,0-6,5 см дл. и 1,5-2,5 см шир. с неровными зубчатыми краями и эллиптической или обратнойцевидной фор-



мой с формированием у основания листа стреловидных ушек. Число листьев достигает 8-10 шт. Главный корень углубляется в грунт на 3,5-4,2 см, число боковых корней увеличивается до 4-13 шт. Продолжительность виргинильного состояния составляет 4-5 дней.

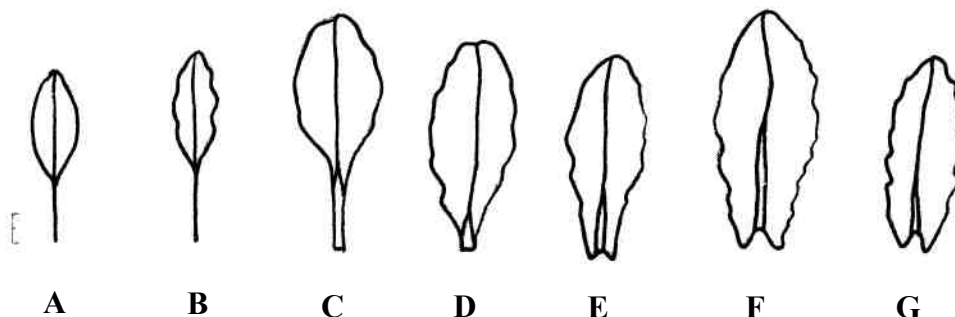


Рис. Серии настоящих листьев *Thlaspi arvense* в онтогенезе:

A – 1-2 лист; B – 3 лист; C – 3-4 лист; D – 5 лист; E – 6-7 лист;
F – 8-11 лист; G – 12-14 лист

Fig. Series of true leaves of *Thlaspi arvense* in ontogenesis:

A – 1-2 leaves; B – 3 leaf; C – 3-4 leaves; D – 5 leaf; E – 6-7 leaves;
F – 8-11 leaves; G – 12-14 leaf

В генеративное состояние особи переходят с формированием репродуктивных органов. Цветки мелкие, белые, образуют щитковидно-метельчатое соцветие высотой 1,0-4,5 см, в числе 52-67 цветков в соцветии. Боковые непарные ветви соцветий формируются из пазух стеблевых листьев в числе до 3 шт. Высота растения достигает 18,0-29,0 см с 19-24 листьями. Пластинки листа не меняются. В подземной части длина главного и число боковых корней увеличиваются до 4,0-6,5 см и 9-22 шт. Продолжительность генеративного состояния – 49-55 дней.

ВЫВОДЫ

1. По результатам, проведенных исследований выяснилось, *Thlaspi arvense* сорно-рудеральный вид, в окр. г. Якутска отмечен в небольшом количестве на картофельных полях, в посадках капусты и лука, также растет на залежах, вдоль обочин дорог, встречается на мусорных местах, по старым городским дворам.
2. Лабораторные исследования семян *T. arvense* показали, что свежесобранные семена находятся в неглубоком физиологическом покое, лабораторная всхожесть их составила 2%. Семенам свойственно послеуборочное дозревание, после 6 месяцев сухого хранения отмечена 100%-ная всхожесть семян, прорастание семян приобретает взрывной характер.
3. Исследования в условиях культуры показало, что продолжительность жизненного цикла онтогенеза *Thlaspi arvense* проходит за один вегетационный сезон, за 70-76 дней. В онтогенезе зафиксированы 3 периода и 5 онтогенетических состояний, жизненный цикл завершается генеративным периодом.

Благодарность: Исследование выполнено в рамках проекта VI.52.1.8. Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии (0376-2018-0001; рег. Номер АААА-А17-117020110056-0).

Acknowledgement: The study was carried out under the project VI.52.1.8. Fundamental and applied aspects of studying the plant diversity of Northern and Central Yakutia (0376-2018-0001; reg. Number АААА-А17-11702011005656-0).



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захарова В.И. Разнообразие сосудистых растений Центральной Якутии. Новосибирск: Наука, 2014. 180 с.
2. Николин Е.Г. Сорные и чужеродные растения Якутии // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7. N 1. С. 45-51.
3. Комаров В.Л. Введение в изучение растительности Якутии // Труды Комиссии по изучению Якутской АССР. Л., 1926. Т. 1. 168 с.
4. Телятьев В.В. Целебные клады. Иркутск: Вост.-Сиб-ое кн. изд-во, 1991. 400 с.
5. Кузнецова Л.В., Захарова В.И. Конспект флоры Якутии: сосудистые растения. Новосибирск, 2012. 272 с.
6. Шлякова Е.В. Сорнополевые растения Нечерноземной зоны РСФСР. Каталог мировой коллекции ВИР. Л.: ВИР, 1982. Вып. 338. 116 с.
7. Пошкурлат А.П. Строение и развитие дерновины чия (*Lasiagrostis (Achnatherum)*) // Учен. зап. МГПИ им. В.И. Ленина. М., 1941. Т. 30. Вып. 1. С. 101-151.
8. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3, Геоботаника. 1950. Вып. 6. С. 7-197.
9. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М.: Наука, 1967. С. 3-8.
10. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. N 2. С. 7-34.
11. Воронцова Л.И., Гатцук Л.Е., Егорова В.Н., Ермакова И.М., Жукова Л.А., Заугольнова Л.Б., Курченко Е.И., Матвеев А.Р., Михайлов Т.Д., Просвирнина Е.А., Смирнова О.В., Торопова Н.А., Фаликов Л.Д., Шорина Н.И., Уранов А.А. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура). М., 1976. 217 с.
12. Бейдеман И.Н. Изучение фенологии растений // Полевая геоботаника. Т. 2. М.-Л.: Наука, 1960. С. 333-368.
13. Беспалова З.Г., Борисова И.В., Попова Т.А., Санжид Ж. Семенное возобновление растений // Пустынные степи и северные пустыни МНР. Ч. I. Л., 1980. С. 154-175.
14. Борисова И.В. Типы прорастания семян степных и полупустынных растений // Ботан. журнал. 1996. Т. 81. N 12. С. 9-22.
15. Попцов А.В. Значение температурного фактора в прорастании семян // Журн. общ. биол. 1961. Т. 22. N 6. С. 425-435.
16. Тюрина Е.В. Интродукция зонтичных в Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 240 с.

REFERENCES

1. Zakharova V.I. *Raznoobrazie sosudistykh rastenii Tsentral'noi Yakutii* [Variety of vascular plants of the Central Yakutia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2014, 180 p. (In Russian)
2. Nikolin E.G. The weed and alien plants of Yakutia. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii* [Russian Journal of Biological Invasions]. 2014, vol. 7, no. 1, pp. 41-46. (In Russian)
3. Komarov V.L. [Introduction to the study of vegetation of Yakutia]. In: *Trudy Komissii po izucheniyu Yakutskoi ASSR* [Proceedings of the Commission for the Study of the Yakut ASSR]. Leningrad, 1926, vol. 1, 168 p. (In Russian)
4. Telyat'ev V.V. *Tselebnye klady* [Healing treasures]. Irkutsk, East Siberian Book Publ., 1991, 400 p. (In Russian)
5. Kuznetsova L.V., Zakharova V.I. *Konspekt flory Yakutii: sosudistye rasteniya* [Summary of the flora of Yakutia: Vascular plants]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2012, 272 p. (In Russian)
6. Shlyakova E.V. *Sornopolevoye rasteniya Nechernozemnoi zony RSFSR. Katalog mirovoi kollektzii VIR* [Weedfields of the Nonchernozem Zone of the RSFSR. Catalog of the world collection of All-



- Russian Institute of Plant Industry]. Leningrad, All-Russian Institute of Plant Industry Publ., 1982, iss. 338, 116 p. (In Russian)
7. Poshkurlat A.P. The structure and development of the Achnanterum. Uchenye zapiski MGPI im. V.I. Lenina [Scientific notes of the Moscow State Pedagogical Institute named after V.I. Lenin]. Moscow, 1941, vol. 30, iss. 1, pp. 101-151. (In Russian)
8. Rabotnov T.A. The life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenosis. Trudy BIN AN SSSR Seriya 3, Geobotanika [Proceedings of the Botanical Sciences of the USSR. Series 3, Geobotany]. 1950, iss. 6, pp. 7-197. (In Russian)
9. Uranov A.A. [Ontogenesis and age composition of populations]. In: *Ontogenez i vozrastnoi sostav populyatsii tsvetkovykh rastenii* [Ontogenesis and age composition of flowering plant populations]. Moscow, Nauka Publ., 1967, pp. 3-8. (In Russian)
10. Uranov A.A. Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes. Biologicheskie nauki [Biological Sciences]. 1975, no. 2, pp. 7-34. (In Russian)
11. Vorontsova L.I., Gattsuk L.E., Egorova V.N., Ermakova I.M., Zhukova L.A., Zaugol'nova L.B., Kurchenko E.I., Matveev A.R., Mikhailov T.D., Prosvirina E.A., Smirnova O.V., Toropova N.A., Falikov L.D., Shorina N.I., Uranov A.A. *Tsenopopulyatsii rastenii (Osnovnye ponyatiya i struktura)* [Plant Cenopopulations (Basic Concepts and Structure)]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 217 p. (In Russian)
12. Beydeman I.N. [Plant phenology study]. In: *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow-Leningrad, Nauka Publ., 1960, vol. 2, pp. 333-368. (In Russian)
13. Bespalova Z.G., Borisova I.V., Popova T.A., Sanzhid Zh. [Seed renewal of plants]. In: *Pustynnye stepi i severnyye pustyni MNR* [Desert steppes and northern deserts of Mongolia]. Leningrad, 1980, part I, pp. 154-175. (In Russian)
14. Borisova I.V. Types of seed germination of steppe and semi-desert plants. Botanicheskii zhurnal [Botanical journal]. 1996, vol. 81, no. 12, pp. 9-22. (In Russian)
15. Poptsov A.V. The value of the temperature factor in seed germination. Zhurnal obshchei biologii [Journal of General Biology]. 1961, vol. 22, no. 6, pp. 425-435. (In Russian)
16. Tyurina E.V. *Introduktsiya zontichnykh v Sibiri* [Introduce Apiaceae in Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, 240 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Варвара В. Семенова*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Якутского ботанического сада, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН; пр. Ленина, д. 41, Якутск, 677980 Россия; тел.: +7 (4112) 33-56-90, e-mail: vvsemenova-8@yandex.ru

Дария Н. Андросова, инженер-исследователь Якутского ботанического сада, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия.

Надежда С. Данилова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Якутского ботанического сада,

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Varvara V. Semenova*, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Yakut Botanical Garden, Institute for biological problems of cryolithozone of the SB RAS; 41 Lenina ave., Yakutsk, 677980 Russia; tel.: +7 (4112) 33-56-90, e-mail: vvsemenova-8@yandex.ru

Dariya N. Androsova, Research Engineer, Yakut Botanical Garden, Institute for biological problems of cryolithozone of the SB RAS, Yakutsk, Russia.

Nadezhda S. Danilova, Dr. Sci. (Biol.), Principal Researcher, Yakut Botanical Garden, Institute for biological problems of cryo-



Институт биологических проблем литозоны СО РАН, г. Якутск, Россия.

Критерии авторства

Авторы вместе собирали полевой материал, проанализировали. Дария Н. Андросова изучила всхожесть семян. Варвара В. Семенова написала рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.02.2019

Принята в печать 23.03.2019

Contribution

The authors collected and analyzed the field material together. Dariya N. Androsova studied seed germination capacity. Varvara V. Semenova prepared the manuscript. All the authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 07.02.2019

Accepted for publication 23.03.2019



Оригинальная статья / Original article

УДК 631.465

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-189-201

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ И ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

*Татьяна В. Минникова**, *Сергей И. Колесников*, *Татьяна В. Денисова*

*Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, Россия, loko261008@yandex.ru*

Резюме. *Цель.* Оценить влияние азотных и гуминовых удобрений на биохимическое состояние нефтезагрязненного чернозема. *Методы.* Использовали для моделирования нефтезагрязнения чернозема дозы нефти 1, 5 и 10% от массы почвы. Срок экспозиции составил 30, 60 и 90 суток. Для моделирования биоремедиации нефтезагрязненного чернозема использовали гумат калия и натрия, мочевины и нитроаммофос. Азотные удобрения вносили в почву с целью восполнения равновесия между углеродом и азотом: мочевины с содержанием азота 46%, нитроаммофос с содержанием азота 15%. Гуминовые удобрения – гумат калия и гумат натрия – вносили в почву для стимуляции аборигенной нефтедеструктивной микробиоты. Для оценки биологической активности почвы определяли: активность каталазы, инвертазы и интенсивность эмиссии CO₂. *Результаты.* Изучено влияние мочевины, нитроаммофоса, гумата калия и натрия на ферментативную активность и эмиссию CO₂ чернозема обыкновенного, загрязненного нефтью 1, 5 и 10% от массы почвы через 90 суток в модельном эксперименте. Активность каталазы снижалась после внесения нитроаммофоса, а дыхание и активность инвертазы повышались при низких уровнях загрязнения нефтью. Мочевина, внесенная в почву при 10%-ной дозе нефти, стимулировала активность каталазы. Гуматы калия и натрия оказывали стимулирующее воздействие на ферментативную активность и выделение углекислого газа при концентрациях нефти 1 и 5%. *Заключение.* Для диагностики состояния черноземов при загрязнении нефтью дозы 5-10% после внесения азотных и гуминовых мелиорантов, целесообразно использовать интенсивность выделения CO₂ почвой и активность инвертазы. При более низких дозах нефти после внесения азотных удобрений целесообразно оценивать состояние почвы по активности каталазы.

Ключевые слова: загрязнение, нефть, чернозем обыкновенный, биоремедиация, активность каталазы, активность инвертазы, эмиссия CO₂, модельный эксперимент.

Формат цитирования: Минникова Т.В., Колесников С.И., Денисова Т.В. Влияние азотных и гуминовых удобрений на биохимическое состояние нефтезагрязненного чернозема // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.189-201. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-189-201

EFFECT OF NITROGEN AND HUMIC FERTILIZERS ON THE BIOCHEMICAL STATE OF OIL-CONTAMINATED CHERNOZEM

*Tatyana V. Minnikova**, *Sergey I. Kolesnikov*, *Tatyana V. Denisova*
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia, loko261008@yandex.ru



Abstract. Aim. In this paper, we aim to assess the effect of nitrogen and humic fertilizers on the biochemical state of oil-contaminated chernozem. **Methods.** In order to simulate the oil pollution, chernozem was exposed to oil doses constituting 1, 5 and 10% of the soil mass for 30, 60 and 90 days. For simulating bioremediation of oil-contaminated chernozem, the following fertilizers were used: potassium and sodium humates, urea and nitroammophos. Nitrogen fertilizers – urea and nitroammophos having a nitrogen content of 46% and 15%, respectively – were applied to the soil for the purposes of restoring the equilibrium between carbon and nitrogen. Humic fertilizers (potassium and sodium humates) were applied to the soil for stimulating the indigenous oil destructive microbiota. In order to assess the biological activity of the soil, we determined catalase activity, invertase activity, as well as CO₂ emission intensity. **Results.** The effect of urea, nitroammophos, potassium and sodium humates on the enzymatic activity and CO₂ emissions of ordinary chernozem, which had been exposed to various doses of oil (1, 5 and 10% of the soil mass) for 90 days, was studied in a model experiment. Following the introduction of nitroammophos into soil with low levels of oil pollution, catalase activity decreased, whereas respiration and invertase activity increased. Urea introduced into the soil contaminated with a 10% dose of oil stimulated catalase activity. At oil concentrations of 1 and 5%, the introduction of potassium and sodium humates had a stimulating effect on enzymic activity and carbon dioxide evolution. **Conclusions.** It is advisable to use the intensity of CO₂ emissions released from the soil, as well as the invertase activity for diagnosing the state of chernozem contaminated with oil (5-10%) following the introduction of nitrogen and humic ameliorants. At lower doses of oil, it is advisable to assess the state of the soil following the introduction of nitrogen fertilizers by catalase activity.

Keywords: pollution, petrol, ordinary chernozem, bioremediation, catalase activity, invertase activity, CO₂ emission, model experiment.

For citation: Minnikova T.V., Kolesnikov S.I., Denisova T.V. Effect of nitrogen and humic fertilizers on the biochemical state of oil-contaminated chernozem. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 189-201. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-189-201

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение нефтью окружающей среды за последние годы приобрело статус глобальной экологической проблемы. Разливы нефти на суше затрагивают целые экосистемы, изменяют растительность, фауну, характеристики почвы, влияют на течение микробиологических процессов показано [1-4]. Нефть и нефтепродукты отличаются высокой гидрофобностью, устойчивостью и затрудненным извлечением из компонентов окружающей среды. При попадании нефти в почву происходит изменение физических, химических и биологических свойств почвы [5-8].

Для очистки почвы от нефти и нефтепродуктов и восстановления сельскохозяйственных функций исследуются вещества различной природы и механизма воздействия. Успех биоремедиации зависит от условий, влияющих на разложение нефти: тип почв, микробная активность, влажность, температура, pH, доступ кислорода, содержание питательных веществ, вносимых удобрений [9; 10]. Технологии ремедиации нефтезагрязненных почв оказывают влияние не только на разложение нефти в почве, но и опосредовано на интенсивность выделения углекислого газа эмиссию или «дыхание» почвы и ферментативную активность почв [10-13]. Методы биологической рекультивации почвы высокоэффективны при очистке нефтезагрязненных почв при невысоких уровнях загрязнения до 10-15% [8; 14; 15].



Механизмы биодegradации или биоремедиации нефтезагрязненных почв вовлекают в метаболические реакции большое количество ферментов. На начальной стадии механизма биодegradации необходимы диоксигеназы и монооксигеназы для инициации окислительных реакций [10]. Наиболее информативным классом ферментов при оценке состояния почв при такой антропогенной нагрузке, как загрязнение почвы нефтью или тяжелыми металлами, являются оксидоредуктазы [16-19]. Однако воздействие нефти на ферментативную активность почв для разных ферментов разных классов неодинаково. Так, органическое вещество нефти не только влияет на белковые молекулы фермента, но и снижает доступность субстрата для извлечения [20]. В настоящее время для ликвидации загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами используют различные способы мелиорации. В качестве мелиорантов используют разные по природе и механизмам вещества: бактериальные препараты, удобрения, минеральные сорбенты [17; 21-22]. При этом основное внимание уделяется эффективности разложения нефти, а изменение состояния почвы остается малоизученным. Наиболее информативными показателями для оценки состояния почвы при нефтезагрязнении, как и при других антропогенных воздействиях, являются биологические показатели, которые первыми реагируют на внешнее воздействие и коррелируют с концентрацией загрязняющего вещества в почве [23-28].

В связи с этим оценка биологического состояния нефтезагрязненных почв по показателям ферментативной активности и выделения углекислого газа, как продукта разложения нефти это приоритетная задача.

Цель работы – исследовать влияние азотных и гуминовых удобрений на биохимическое состояние нефтезагрязненного чернозема.

В *задачи* исследования входило: оценить влияние гуминовых и азотных удобрений на активность каталазы и инвертазы, интенсивность эмиссии CO₂, исследовать изменение этих показателей во временной динамике, сравнить влияние разных уровней нефтезагрязнения на активность ферментов и эмиссию CO₂.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный (Апах, 0-25 см). Место отбора – Ботанический сад Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону. Чернозем обыкновенный характеризуется содержанием органического углерода – 4,5-6,5%, карбонатов – 0,3-0,5%, ЕКО – 40-45 мг-экв / 100 г почвы [29]. Для постановки модельных экспериментов использовали нефть плотностью 0,818 г/м³ со следующими характеристиками: массовая доля серы – 0,43%, механических примесей – 0,0028%, воды – 0,03%, концентрации хлористых солей – 40,1 мг/дм³. Нефть вносили во влажную почву в количестве 1, 5 и 10% от массы почвы и тщательно перемешивали. В увлажненную почву (весовая влажность 25%) вносили нефть и тщательно перемешивали до однородной массы. Срок экспозиции составил 30, 60 и 90 суток. Для моделирования биоремедиации нефтезагрязненного чернозема вносили гуматы калия и натрия, мочевины и нитроаммофос. Азотные удобрения вносили в почву с целью восполнения равновесия между углеродом и азотом: мочевины с содержанием азота 46%, нитроаммофос с содержанием азота 15%. Гуминовые удобрения (гуматы калия и натрия) вносили в почву для стимуляции аборигенной нефтеструктурной микробиоты.

Для оценки биологической активности почвы определяли: активность каталазы (H₂O₂:H₂O₂ – оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6.) газометрическим методом А.Ш. Галстяну, мл O₂/1 г/1 мин., активность инвертазы (β-фруктофуранозидаза, сахараза, КФ 3.2.1.26) колориметрически, основываясь на учете восстанавливающих сахаров, образующихся при расщеплении сахарозы по Ф.Х. Хазиеву, мг глюкозы/10г/24 часа. Интенсивность эмиссии CO₂ определяли с помощью инфракрасного газоанализатора TESTO-535, в ppm/30 мин через 14, 30, 60 и 90 суток после внесения мелиорантов [29].



Статистическая обработка данных выполнена с использованием регрессионного и многофакторного анализов с применением статистического пакета Statistica 10.0. При обсуждении результатов учитывали статистически достоверные различия при $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивность выделения CO_2 при загрязнении почв нефтью – важный диагностический показатель разложения нефти в почве. Разложение нефти сопровождается естественным «дыханием» аборигенной биоты и учитывается при измерении. Через 2 недели после начала эксперимента эмиссия CO_2 при внесении гумата натрия, нитроаммофоса, мочевины при всех уровнях загрязнения нефтью не изменялась относительно контрольных значений (рис. 1). Только при внесении гумата калия наблюдали отрицательную реакцию эмиссии CO_2 .

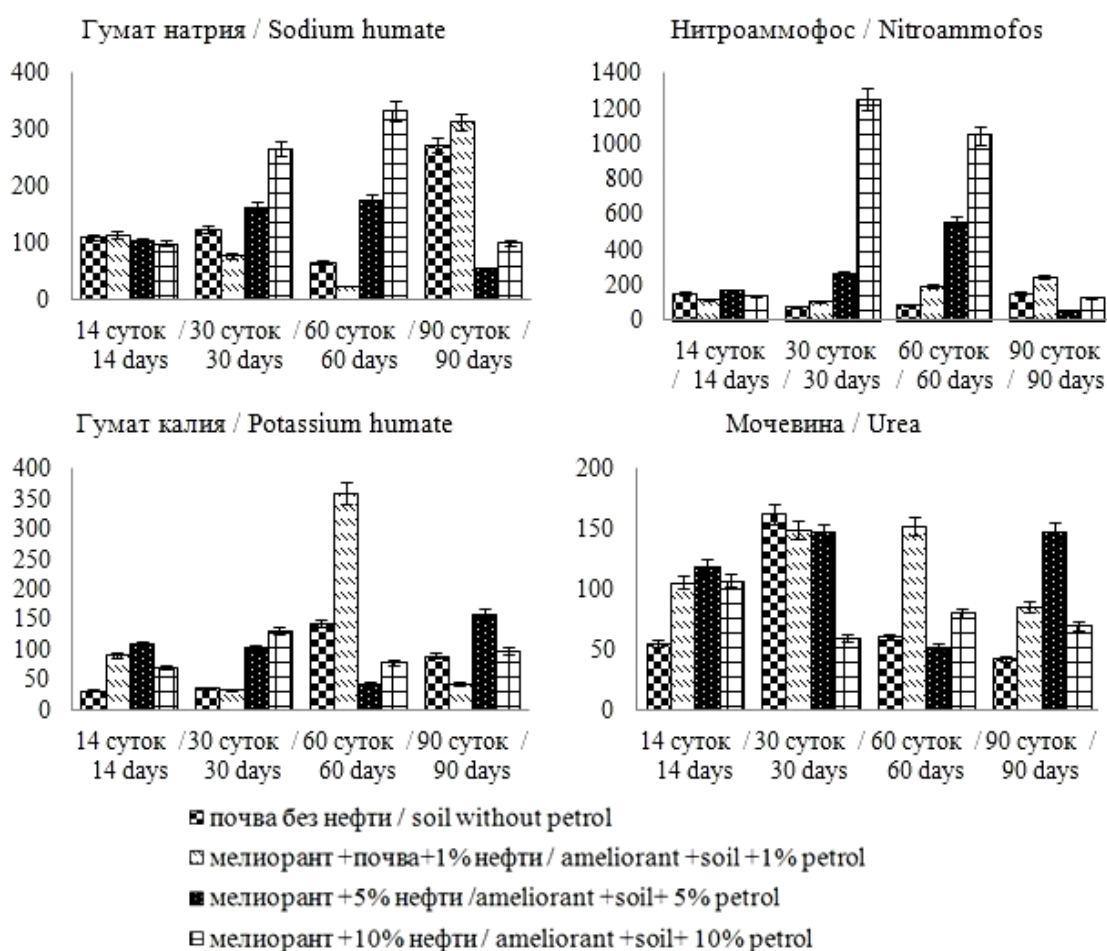


Рис.1. Изменение интенсивности выделения CO_2 при разных уровнях нефтезагрязнения до и после внесения гуминовых и азотных удобрений, % от контроля

Fig.1. Change in the intensity of CO_2 emissions at different levels of oil pollution before and after the introduction of humic and nitrogen fertilizers, % of the control values

Через 30 суток эмиссия возросла при высоких дозах нефти (5 и 10%) в вариантах с гуматом натрия и калия в 1-3 раза, в вариантах с нитроаммофосом и мочевиной в 6-12



раз. Однако через 90 суток эксперимента интенсивность выделения CO_2 при внесении азотных удобрений снижалась практически до контрольных значений. Гуминовые удобрения отреагировали ингибированием эмиссии только при высоких концентрациях нефти. Стимуляция выделения углекислого газа обусловлена рядом факторов. Прежде всего активной жизнедеятельностью нефтеразрушающей биоты, выделяющей CO_2 после переработки органики. По интенсивности выделения углекислого газа судят о разложении органического вещества в результате активной жизнедеятельности микробиоты. Через 14 суток нефтеразрушающая аборигенная биота еще не активизировалась и интенсивность выделения CO_2 слабо отличалась от контрольного при всех уровнях загрязнения нефтью. Повышенная интенсивность выделения CO_2 через 30 суток происходила при высоких дозах нефти (5 и 10%), особенно в вариантах с внесением азотных удобрений, что вероятно обусловлено суммарной дыхательной интенсивностью не только почвы но и реакции почвы с углеродсодержащими удобрениями. Мочевина ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) или амид угольной кислоты содержит 46% азота, 20% углерода, 26% кислорода. Почвенные бактерии выделяют фермент уреазу, которая катализирует превращение мочевины в 2 молекулы аммиака и углекислый газ. Нитроаммофос ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$) содержит в 3 раза меньшее количество азота (15%), но одинаковое количество оксидов фосфора и калия (22%). Несмотря на отсутствие в составе нитроаммофоса углерода, подобное соотношение элементов питания в этом удобрении стимулирует выделение CO_2 микроорганизмами с учетом разложения нефти как источника углерода.

Для оценки биохимического состояния почв при разных уровнях нефтезагрязнения в условиях окислительного стресса оценивали активность каталазы, как представителя класса оксидоредуктаз. На рис. 2 продемонстрировано, что активность каталазы при внесении нитроаммофоса существенно снижалась по сравнению с контролем: без нефти снижалась на 58-78%, доза нефти 1% на - 42-49%, доза нефти 5% на - 13-60%, доза нефти 10% на - 58-66%. Для остальных веществ наблюдали большее стимулирующее действие, чем для нитроаммофоса на протяжении всего периода наблюдения. Гумат натрия также при дозе 10% нефтезагрязнении, как мочевины (89%) оказывал стимулирующее воздействие на активность каталазы через 30 суток на 22%. Через 60 суток после внесения гумата калия и мочевины в нефтезагрязненный чернозем при 1-5% дозах нефти активность каталазы была на уровне контроля. Гумат натрия снижал активность каталазы при 1-5% дозах нефти на 16-18%.

При 10%-ном загрязнении нефтью гумат натрия и мочевины стимулировали активность фермента на 29 и 159% соответственно. Через 90 суток после начала эксперимента способность к стимуляции активности фермента сохранилась только при дозе нефти 10% и внесении мочевины была простимулирована относительно контроля 71%. Микроорганизмы, перерабатывающие углеводороды, продуцируют огромное количество перекиси водорода, что приводит к повреждению клеток. Каталаза – это высокоэффективный фермент, разрушающий перекись водорода (H_2O_2).

Каталаза защищает клетки реактивными формами кислорода и может быть обнаружена во всех аэробных микроорганизмах [30]. Стимуляция активности каталазы в условиях биоремедиации может быть вызвана увеличением микробной биодеградации легкодоступных углеводородов [4; 31]. Ферментативная активность может быть блокирована токсичными продуктами распада и повышением конкуренции с ферментом [32].

Среди гуматов наибольшее токсическое действие отмечено при внесении гумата калия. Вероятно, этот процесс обусловлен тем, что гумат натрия это стимулятор роста растений, а гумат калия является по своему составу выраженным комплексным органоминеральным удобрением. При избытке органоминеральных удобрений, вероятно, ингибирование активности аборигенной микробиоты, что может снижать ферментативную активность. За первые 60 суток при дозе нефти 10% от массы почвы благоприятное действие на активность каталазы оказал гумат натрия по сравнению с калием. Напротив,



азотные удобрения показали свое разительное влияние на активность каталазы. Нитроаммофос ингибировал активность каталазы при всех дозах нефти в течение всего периода наблюдения, что обусловлено замедлением выработки фермента бактериями ввиду дополнительного окислительного стресса, вызванного внесением нитроаммофоса. Кроме того, в нитроаммофосе содержится меньшее количество азота, что вызывает дисбаланс в соотношении азота и углерода в нефтезагрязненной почве. Напротив, мочевина стимулировала выработку фермента при концентрации нефти 10% от массы почвы, что обусловлено выравниванием соотношения между азотом и углеродом.

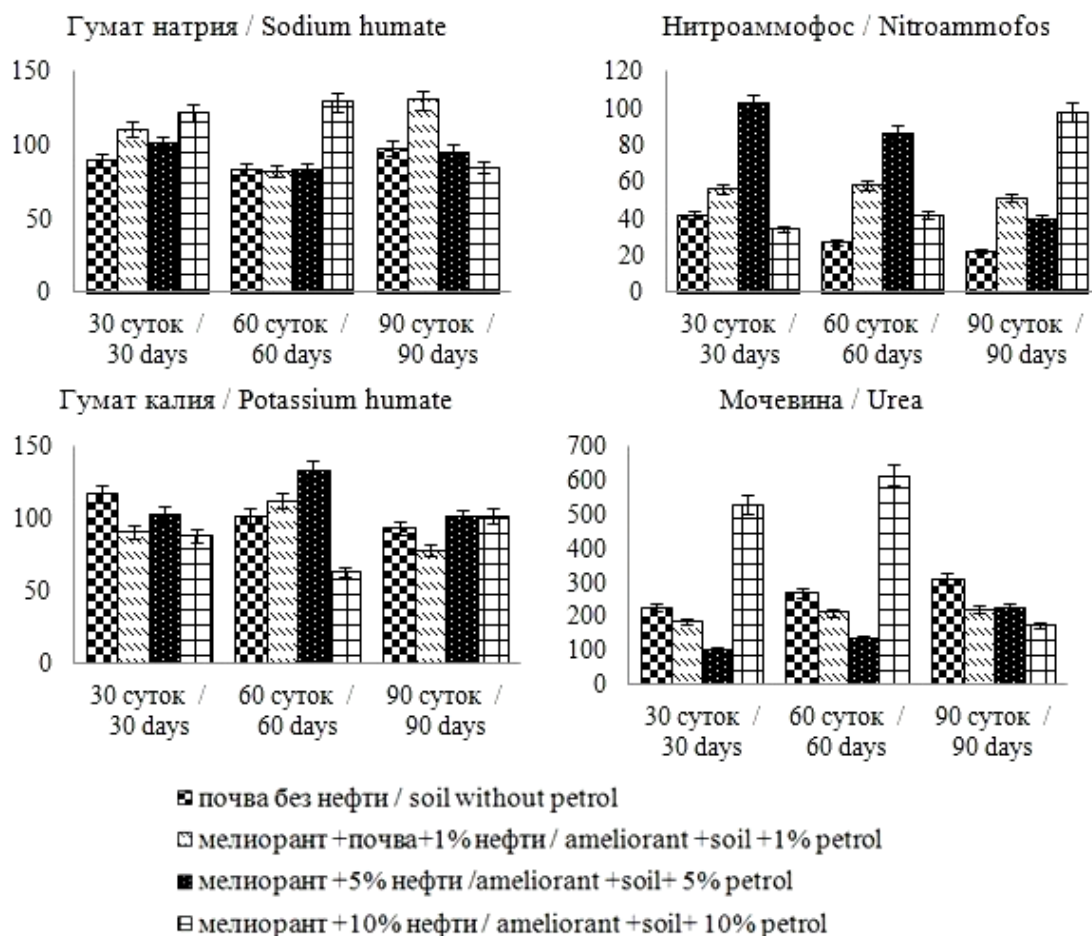


Рис.2. Изменение активности каталазы при разных уровнях нефтезагрязнения после внесения гуминовых и азотных удобрений, % от контроля
Fig.2. Change in catalase activity at different levels of oil pollution following the introduction of humic and nitrogen fertilizers, % of the control values

Активность β -фруктофуранозидазы достаточно информативна при загрязнении почв органическими загрязнителями. Активность инвертазы через 30 суток после загрязнения и внесения мелиорантов как снижалась, так и повышалась по сравнению с контрольным вариантом (рис. 3). При внесении гуматов натрия и калия, нитроаммофоса и мочевины самостоятельно без нефти наблюдали стимуляцию активности инвертазы на 21-99%.

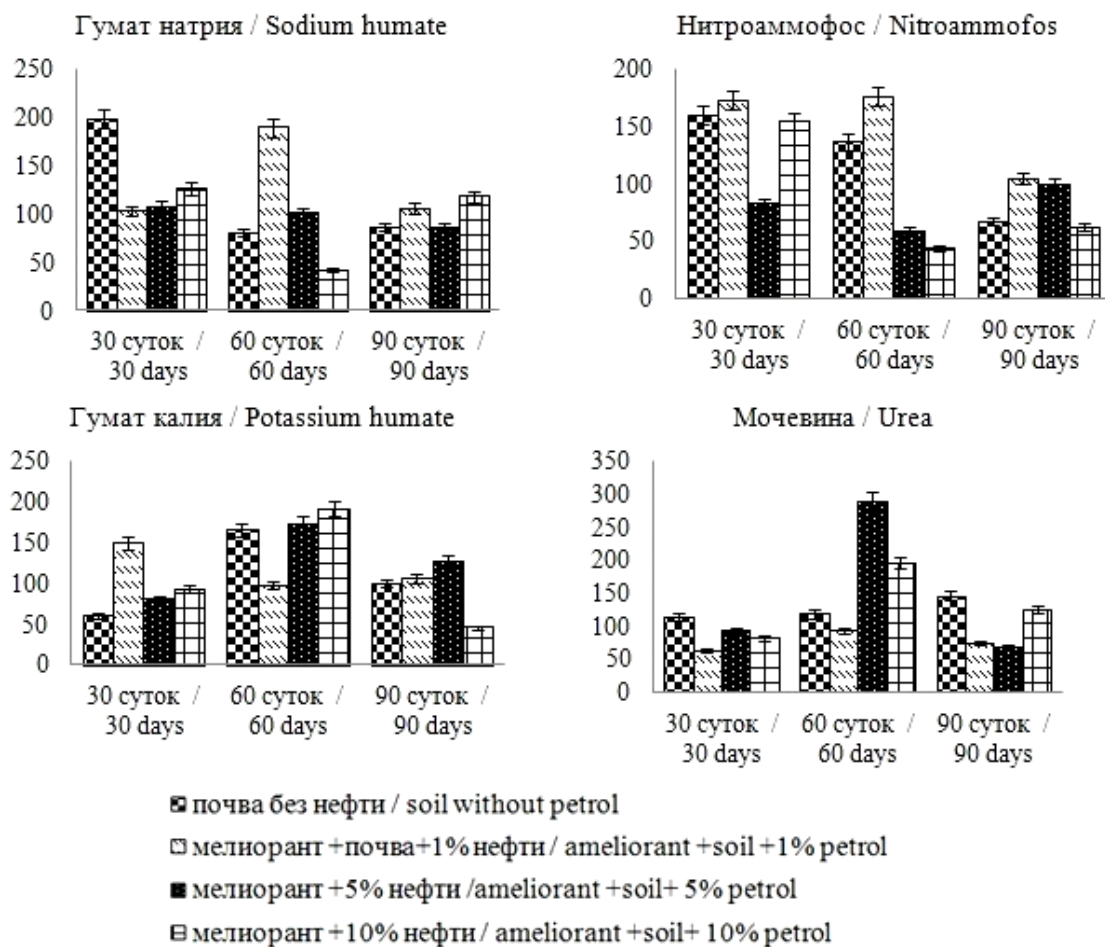


Рис.3. Изменение активности инвертазы при разных уровнях нефтезагрязнения после внесения гуминовых препаратов и азотных удобрений, % от контроля
Fig.3. Change in invertase activity at different levels of oil pollution following the introduction of humic and nitrogen fertilizers, % of the control values

Однако при дозе нефти 1% стимуляция показана только после внесения нитроаммофоса и гумата калия – 73 и 54% соответственно. Через 60 суток стимуляция активности фермента показана для всех мелиорантов при дозе нефти 1% – 65-90%. При этом на больших концентрациях наблюдали либо ингибирование активности (нитроаммофос), либо стимуляцию (гумат калия и мочевина). Через 90 суток активность фермента во всех вариантах с применением нитроаммофоса и мочевины была полностью ингибирована, а при внесении гуматов калия и натрия находилась на уровне контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что гуматы калия и натрия оказывали стимулирующее воздействие на ферментативную активность и выделение углекислого газа чернозема при дозе нефти 1 и 5%. Напротив, азотные удобрения влияли на биологическую активность почв неодинаково. Активность каталазы была ингибирована после внесения нитроаммофоса, а дыхательная активность и активность инвертазы была выше при небольших концентрациях нефти. При внесении мочевины в почву с дозой нефти 10%, наблюдали стимуляцию активности каталазы. Таким образом, для диагностики состояния черноземов при дозах нефти 5-10% после внесения азотных и гуминовых мелиорантов целесообразно использовать интенсивность выделения CO_2 почвой и активность инвертазы. При более низких



дозах нефти 1 и 5% после внесения азотных удобрений целесообразно оценивать состояние почвы по активности каталазы.

Благодарность: Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и Президента Российской Федерации (НШ-3464.2018.11).

Acknowledgment: The study was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (5.5735.2017/8.9) and the President of the Russian Federation (NSh-3464.2018.11).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Peng R.H., Xiong A.S., Xeo Y., Fu X.Y., Gao F., Zhao W., Tian Y.S., Yao, Q.H. Microbial biodegradation of polyaromatic hydrocarbons: a review // FEMS Microbiol Reviews. 2008. V. 32. P. 927-955. Doi:10.1111/j.1574-6976.2008.00127.x
2. Kimes N.E., Callaghan A.V., Suflita J.M., Morris P.J. Microbial transformation of the Deepwater Horizon oil spill – past, present, and future perspectives // Frontiers in Microbiology. 2014. V. 5. 603 p. Doi: 10.3389/fmicb.2014.00603
3. Riveroll-Larios J., Escalante-Espinosa E., Fócil-Monterrubbio R.L., Díaz-Ramírez I.J. Biological activity assessment in Mexican tropical soils with different hydrocarbon contamination histories // Water Air Soil Pollution. 2015. V. 226. Iss. 10. 353 p. Doi: 10.1007/s11270-015-2621-1
4. Wolińska A., Kuźniar A., Szafranek-Nakonieczna A., Jastrzębska N., Roguska E., Stepniewska Z. Biological activity of autochthonic bacterial community in oil contaminated soil // Water Air Soil Pollution. 2016. V. 227. 130 p. Doi: 10.1007/s11270-016-2825-z
5. Nikolopoulou M., Pasadakis N., Norf H., Kalogerakis, N. Enhanced *ex situ* bioremediation of crude oil contaminated beach sand by supplementation with nutrients and rhamnolipids // Marine Pollution Bulletin. 2013. V. 77. Iss. 1-2. P. 37-44. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.038
6. Macaulay B.M., Rees D. Bioremediation of oil spills: a review of challenges for research advancement // Annals of Environmental Science. 2014. V. 8. P. 9-37.
7. Poi G., Shahsavari E., Aburto-Medina A., Mok P.Ch., Ball A.S. Large scale treatment of total petroleum-hydrocarbon contaminated groundwater using bioaugmentation // Journal of Environmental Management. 2018. V. 214. P. 157-163. Doi: 10.1016/j.jenvman.2018.02.079
8. Polyak Y.M., Bakina L.G., Chugunova M.V., Mayachkina N.V., Gerasimov A.O., Bure V.M. Effect of remediation strategies on biological activity of oil-contaminated soil - A field study // International Biodeterioration & Biodegradation. 2018. V. 126. P. 57-68. Doi: 10.1016/j.ibiod.2017.10.004
9. Шаповалова Н.Н., Годунова Е.И., Менькина Е.А. Влияние последствий применения удобрений на состояние и продуктивность чернозема обыкновенного // Агрехимический вестник. 2018. N 5. С. 9-15. Doi: 10.24411/0235-2516-2018-10036
10. Varjani S.J., Upasani V.N. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants // International Biodeterioration & Biodegradation. 2017. V. 120. P. 71-83. Doi: 10.1016/j.ibiod.2017.02.006
11. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Григориади А.С. Влияние загрязнения почв нефтью на физиологические показатели растений и ризосферную микробиоту // Агрехимия. 2009. N 7. С. 71-80.
12. Minnikova T.V., Denisova T.V., Kolesnikov S.I., Akimenko Yu.V. Assessment of Agroecological Indicators of Oil-Contaminated Chernozem in Rostov Oblast after Remediation with Urea and Potassium Humate // Russian Agricultural Sciences. 2018. V. 44. Iss. 2. P. 177-180. Doi: 10.3103/S1068367418020118



13. Wu M., Dick W.A., Li W., Wang X., Yang Q., Wang T., Xu L., Zhang M., Chen L., Bioaugmentation and biostimulation of hydrocarbon degradation and the microbial community in a petroleum-contaminated soil // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2016. V. 107. P. 158-164. Doi: 10.1016/j.ibiod.2015.11.019
14. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Гарипов Т.Т. Деградация и мелиорация почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами // *Почвоведение*. 2013. N 2. С. 226-211. Doi: 10.7868/S0032180X13020056
15. Souza E.C., Vessoni-Penna T.C., de Souza Oliveira R.P. Biosurfactant-enhanced hydrocarbon bioremediation: an overview // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2014. V. 89. P. 88-94. Doi: 10.1016/j.ibiod.2014.01.007
16. Долгова Л.Г. Активность оксидоредуктаз как диагностический показатель загрязнения почвы промышленными отходами // *Почвоведение*. 1978. N 7. С. 152-157.
17. Колесников С.И., Азнаурьян Д.К., Казеев К.Ш., Денисова Т.В. Изучение возможности использования мочевины и фосфогипса в качестве мелиорантов нефтезагрязненных почв в модельном опыте // *Агрохимия*. 2011. N 9. С. 77-81.
18. Новосёлова Е.И. Ферментативная активность почв в условиях нефтяного загрязнения и её биодиагностическое значение // *Теоретическая и прикладная экология*. 2009. N 2. С. 4-12.
19. Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V. Assessing the effect of heavy metals from the Novochemsk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas // *Journal of Geochemical Exploration*. 2017. V. 174. P. 70-78. Doi: 10.1016/j.gexplo.2016.06.007
20. Кочетков И.А., Кавеленова Л.М. Изучение дыхательной активности почв некоторых растительных сообществ Красносамарского лесничества // *Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Экологические проблемы среднего Поволжья»*. Ульяновск. 1999. С. 128-130.
21. Канинский М.А., Терехова В.А., Яковлев А.С. Контроль гуматной детоксикации отходов фосфогипса методами биотестирования // *Экология и промышленность России*. 2007. N 8. С. 48-51.
22. Dindar E., Şağban F.T., Başkaya H.S. Bioremediation of Petroleum-Contaminated Soil // *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 2013. V. 7. N 19. P. 39-47.
23. Киреева Н.А., Григориади А.С., Хайбуллина Е.Ф. Ассоциации углеводородокисляющих микроорганизмов для биоремедиации нефтезагрязненных почв // *Вестник Башкирского университета*. 2009. Т. 14. N 2. С. 391-394.
24. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // *Почвоведение*. 2006. N 5. С. 616-620.
25. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Азнаурьян Д.К., Жаркова М.Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2007. 192 с.
26. Agnello A.C., Bagard M., Van Hullebusch E.D., Esposito G., Huguenot D. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co-contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation // *Science of the Total Environment*. 2016. V. 563-564. P. 693-703. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.061



27. Baldan E., Basaglia M., Fontana F., Shapleigh J.P., Casella S. Development, assessment and evaluation of a biopile for hydrocarbons soil remediation // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2015. V. 98. P. 66-72. Doi: 10.1016/j.ibiod.2014.12.002
28. Chen M., Xu P., Zeng G., Yang Ch., Huang D., Zhang J. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs // *Biotechnology Advances*. 2015. V. 33. P. 745-755. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.05.003
29. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2016. 356 с.
30. Stepniewska Z., Wolinska A., Ziomek J. Response of soil catalase activity to chromium contamination // *J. Environ. Sci. (China)*. 2009. V. 21. Iss. 8. P. 1142-1147. Doi: 10.1109/ISWREP.2011.5893614
31. Achuba F.I., Peretiemo-Clarke B.O. Effect of spent engine oil on soil catalase and dehydrogenase activities // *International Agrophysics*. 2008. N 22. P. 1-4.
32. Bouchez M., Blanchet D., Vandecasteele J-P. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by pure strains and by defined strain associations: inhibition phenomena and cometabolism // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1995. V. 43. Iss. 1. P. 156-164. Doi: 10.1007/BF00170638

REFERENCES

1. Peng R.H., Xiong A.S., Xeo Y., Fu X.Y., Gao F., Zhao W., Tian Y.S., Yao, Q.H. Microbial biodegradation of polyaromatic hydrocarbons. *FEMS Microbiol Reviews*, 2008, vol. 32, pp. 927-955. Doi: 10.1111/j.1574-6976.2008.00127.x
2. Kimes N.E., Callaghan A.V., Suflita J.M., Morris P.J. Microbial transformation of the Deepwater Horizon oil spill- past, present, and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 2014, no. 5, 603 p. Doi: 10.3389/fmicb.2014.00603
3. Riveroll-Larios J., Escalante-Espinosa E., Fócil-Monterrubio R.L., Díaz-Ramírez I.J. Biological activity assessment in Mexican tropical soils with different hydrocarbon contamination histories. *Water Air Soil Pollution*, 2015, vol. 226, iss. 10, 353 p. Doi: 10.1007/s11270-015-2621-1
4. Wolińska A., Kuźniar A., Szafranek-Nakonieczna A., Jastrzębska N., Roguska E., Stepniewska Z. Biological activity of autochthonic bacterial community in oil contaminated soil. *Water Air Soil Pollution*, 2016, vol. 227, 130 p. Doi: 10.1007/s11270-016-2825-z
5. Nikolopoulou M., Pasadakis N., Norf H., Kalogerakis, N. Enhanced ex situ bioremediation of crude oil contaminated beach sand by supplementation with nutrients and rhamnolipids. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, vol. 77, iss. 1-2, pp. 37-44. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.038
6. Macaulay B.M., Rees D. Bioremediation of oil spills: a review of challenges for research advancement. *Annals of Environmental Science*, 2014, vol. 8, pp. 9-37.
7. Poi G., Shahsavari E., Aburto-Medina A., Mok P.Ch., Ball A.S. Large scale treatment of total petroleum-hydrocarbon contaminated groundwater using bioaugmentation. *Journal of Environmental Management*, 2018, vol. 214, pp. 157-163. Doi:10.1016/j.jenvman.2018.02.079
8. Polyak Y.M., Bakina L.G., Chugunova M.V., Mayachkina N.V., Gerasimov A.O., Bure V.M. Effect of remediation strategies on biological activity of oil-contaminated soil - A field study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2018, vol. 126, pp. 57-68. Doi: 10.1016/j.ibiod.2017.10.004
9. Shapovalova N.N., Godunova E.I., Menkina E.A. Influence of fertilizers application aftereffect on ecological and agrochemical state of chernozem ordinary. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Herald]. 2018, no. 5, pp. 9-15. (In Russian) Doi: 10.24411/0235-2516-2018-10036



10. Varjani S.J., Upasani V.N. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2017, vol. 120, pp. 71-83. Doi: 10.1016/j.ibiod.2017.02.006
11. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Grigoriadi A.S. Effect of soil pollution by oil on the physiological parameters of plants and the rhizosphere microbiota. *Agrokimiya* [Agricultural Chemistry]. 2009, no. 7, pp. 71-80. (In Russian)
12. Minnikova T.V., Denisova T.V., Kolesnikov S.I., Akimenko Yu.V. Assessment of Agroecological Indicators of Oil-Contaminated Chernozem in Rostov Oblast after Remediation with Urea and Potassium Humate. *Russian Agricultural Sciences*, 2018, vol. 44, iss. 2, pp. 177-180. Doi: 10.3103/S1068367418020118
13. Wu M., Dick W.A., Li W., Wang X., Yang Q., Wang T., Xu L., Zhang M., Chen L., Bioaugmentation and biostimulation of hydrocarbon degradation and the microbial community in a petroleum-contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2016, vol. 107, pp. 158-164. Doi: 10.1016/j.ibiod.2015.11.019
14. Gabbasova I.M., Suleymanov R.R., Garipov T.T Degradation and remediation of soils polluted with oil-field wastewater. *Eurasian Soil Science*, 2013, vol. 46, no. 2, pp. 204-211. Doi: 10.1134/S1064229313020051
15. Souza E.C., Vessoni-Penna T.C., de Souza Oliveira R.P. Biosurfactant-enhanced hydrocarbon bioremediation: an overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2014, vol. 89, pp. 88-94. Doi: 10.1016/j.ibiod.2014.01.007
16. Dolgova L.G. Oxidoreductase activity as a diagnostic indicator of soil contamination with industrial waste. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1978, no. 7, pp. 152-157. (In Russian)
17. Kolesnikov S.I., Aznaur'yan D.K., Kazeev K.Sh., Denisova T.V. Studying the Application of Urea and Phosphogypsum as Ameliorants on Oil-Contaminated Soils in a Model Experiment. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2011, no. 9, pp. 77-81. (In Russian)
18. Novosyolova E.I., Kireeva N.A. Soil Enzymatic Activity in Conditions of Oil Contamination and its Biodiagnostic Importance. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and Applied Ecology]. 2009, no. 2, pp. 4-12. (In Russian)
19. Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V. Assessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas. *Journal of Geochemical Exploration*, 2017, vol. 174, pp.70-78. Doi: 10.1016/j.gexplo.2016.06.007
20. Kochetkov I.A., Kavelenova L.M. Izuchenie dykhatel'noi aktivnosti pochv nekotorykh rastitel'nykh soobshchestv Krasnosamarskogo lesnichestva [The study of the respiratory activity of the soil of some plant communities of Krasnosamarsky's forestry]. *Materialy mezhhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekologicheskie problemy srednego Povolzh'ya», Ul'yanovsk, 1999* [Materials of the interregional scientific-practical conference "Environmental problems of the middle Volga region", Ul'yanovsk, 1999]. Ul'yanovsk, 1999, pp. 128-130. (In Russian)
21. Kanis'kin M.A., Terekhova V.A., Yakovlev A.S. Control of humate detoxification of phosphogypsum waste using biotesting methods. *Ekologia i promyshlennost Rossii* [Ecology and Industry of Russia]. 2007, no. 8, pp. 48-51. (In Russian)
22. Dindar E., Şağban F.T., Başkaya H.S. Bioremediation of Petroleum-Contaminated Soil. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 2013, vol. 7, no. 19, pp. 39-47.
23. Kireeva N.A., Grigoriadi A.S., Khaibullina E.F. Association of hydrocarbon-oxidizing microorganisms for bioremediation of oil-contaminated soils. *Vestnik Bashkirskogo universiteta* [Bulletin of Bashkir University]. 2009, vol. 14, no. 2, pp. 391-394. (In Russian)



24. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosyan M.L., Val'kov V.F. The effect of pollution by oil and oil products on the biological status of ordinary chernozems. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science]. 2006, no. 5, pp. 552-556. (In Russian)
25. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Aznaur'yan D.K., Zharkova M.G. *Biodiagnostika ekologicheskogo sostoyaniya pochv, zagryaznennykh nef't'yu i nef'teproduktami* [Biodiagnostics of the ecological condition of soils polluted by oil and oil products]. Rostov-on-Don, Rostizdat Publ., 2007, 192 p. (In Russian)
26. Agnello A.C., Bagard M., Van Hullebusch E.D., Esposito G., Huguenot D. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co-contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 563-564, pp. 693-703. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.061
27. Baldan E., Basaglia M., Fontana F., Shapleigh J. P., Casella S. Development, assessment and evaluation of a biopile for hydrocarbons soil remediation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2015, vol. 98, pp. 66-72. Doi: 10.1016/j.ibiod.2014.12.002
28. Chen M., Xu P., Zeng G., Yang Ch., Huang D., Zhang J. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. *Biotechnology Advances*, 2015, vol. 33, pp. 745-755. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.05.003
29. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Akimenko Yu.V., Dadenko E.V. *Metody biodiagnostiki nazemnykh ekosistem* [Methods of diagnosis of terrestrial ecosystems]. Rostov-on-Don, SFU Publ., 2016, 356 p. (In Russian)
30. Stepniewska Z., Wolinska A., Ziomek J. Response of soil catalase activity to chromium contamination. *J. Environ. Sci. (China)*, 2009, vol. 21, iss. 8, pp. 1142-1147. Doi: 10.1109/ISWREP.2011.5893614
31. Achuba F.I., Peretiemo-Clarke B.O. Effect of spent engine oil on soil catalase and dehydrogenase activities. *International Agrophysics*, 2008, no. 22, pp. 1-4.
32. Bouchez M., Blanchet D., Vandecasteele J-P. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by pure strains and by defined strain associations: inhibition phenomena and cometabolism. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1995, vol. 43, iss. 1, pp. 156-164. Doi: 10.1007/BF00170638

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Татьяна В. Минникова*, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета; просп. Стачки 194/1, г. Ростов-на-Дону, 344090 Россия; тел.: 89885390134, e-mail: loko261008@yandex.ru

Сергей И. Колесников, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия.

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Tatyana V. Minnikova*, Cand. Sci. (Biol.), Junior Researcher, Department of Ecology and Nature Management, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University; 194/1 Stachky ave., Rostov-on-Don, 344090 Russia; tel.: 89885390134, e-mail: loko261008@yandex.ru

Sergey I. Kolesnikov, Dr. Sci. (Agric.), Professor, Head of the Department for Ecology and Nature Management, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.



Татьяна В. Денисова, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия.

Tatyana V. Denisova, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Ecology and Nature Management, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.

Критерии авторства

Татьяна В. Минникова проводила лабораторно-аналитические исследования влияния мелиорантов на состояние нефтезагрязненных почв, написала рукопись статьи; Сергей И. Колесников участвовал в составлении схемы эксперимента, выборе мелиорантов, проведении лабораторного моделирования, участвовал в написании рукописи статьи; Татьяна В. Денисова проанализировала данные, участвовала в написании рукописи статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в реакцию 08.02.2019

Принята в печать 18.03.2019

Contribution

Tatyana V. Minnikova conducted laboratory and analytical studies on the influence of ameliorants on the state of oil-contaminated soils, as well as wrote the manuscript of the article. Sergey I. Kolesnikov participated in drawing up the experiment scheme, choosing ameliorants, carrying out laboratory modeling, as well as in writing the manuscript of the article. Tatyana V. Denisova analysed the data and participated in writing the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 08.02.2019

Accepted for publication 18.03.2019



Оригинальная статья / Original article
УДК 502.131 (622.143; 553.98)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-202-210

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ В ПОИСКОВО- РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Аслан Ю. Цивадзе, Юрий В. Сиротинский, Михаил А. Абатуров*
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина
Российской академии наук, Москва, Россия, abatur@yandex.ru

Резюме. Цель. В статье рассматривается возможность снижения экологических издержек и рисков при проведении поисково-разведочных работ в нефтегазовом промысле. Для достижения этой цели предлагается сократить число выполняемых разведочных бурений за счет неоправданных «сухих» скважин. Такая задача может быть решена с помощью инновационных сейсмоакустических методов прямой разведки залежей. **Методы.** В работе предлагается применить метод детектирования микросейсмических шумовых полей (ДШП-метод) для обнаружения скрытых залежей углеводородов. При реализации алгоритмов ДШП-метода была использована спектроскопия Чебышева и анализ шумового процесса на соответствие свойству гауссовости. **Результаты.** Была представлена аппаратная реализация ДШП-метода в виде измерительного комплекса. Основным элементом комплекса является автономный микропроцессорный 3D-сейсмомодуль. Сейсмомодуль может регистрировать сигналы в частотном диапазоне 0,5-40 Гц с уровнем спектральной плотности собственных шумов не выше $0,5 \text{ нм} \times \text{Гц}^{-1/2}$. Сейсмомодуль компактен, мобилен, имеет как наземное, так и морское исполнение. **Выводы.** Использование ДШП-метода в поисково-разведочных работах позволит выявить и исключить из бурения заведомо «сухие» скважины и сократить общее число скважин более чем в два раза. Для региона Каспия этот показатель должен быть еще выше. В результате метод обеспечит существенное снижение экологических последствий нефтегазового промысла в целом.

Ключевые слова: экология Каспия, нефтегазовый комплекс, разведочное бурение, эмиссия микросейсмиков, сейсмоакустические методы разведки.

Формат цитирования: Цивадзе А.Ю., Сиротинский Ю.В., Абатуров М.А. Использование метода детектирования микросейсмических шумовых полей в поисково-разведочных работах в нефтегазовом комплексе для снижения экологических последствий // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.202-210. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-202-210

APPLICATION OF MICROSEISMIC NOISE ESTIMATION IN OIL AND GAS EXPLORATION AIMED AT REDUCING ENVIRONMENTAL IMPACT

Aslan Yu. Tsivadze, Yuriy V. Sirotinskiy, Mikhail A. Abaturov*
Institute of Physical chemistry and Electrochemistry A.N. Frumkin
Russian academy of sciences, Moscow, Russia, abatur@yandex.ru



Abstract. Aim. This article discusses the possibility of reducing ecological costs and risks during exploration of oil and gas fields. To this end, we propose to reduce the number of exploratory drilling works performed using unjustified non-productive wells. Such a problem can be solved with the help of innovative seismic-acoustic methods of direct deposit exploration. **Methods.** The method of microseismic noise estimation (MNE) in application to hidden hydrocarbon deposits is proposed. When implementing the MNE algorithms, Chebyshev spectroscopy and analysis of the noise in terms of Gaussian distribution were used. **Results.** The hardware implementation of the MNE method is presented. The key component of the hardware complex is presented by an autonomous microprocessor 3D seismic module. The seismic module registers signals across the frequency range of 0.5-40 Hz with a level of spectral density of self-noise not higher than $0.5 \text{ nm} \times \text{Hz}^{-1/2}$. Presented both in land and sea design, the module is compact and mobile. **Conclusion.** The application of the MNE method in prospecting and exploration allows identification and exclusion of obviously non-productive wells from drilling, as well as reduction of the total number of wells more than by twofold. For the Caspian region, this indicator is expected to be higher. As a result, the method will provide a significant reduction in the environmental consequences of the oil and gas industry as a whole.

Keywords: Caspian ecology, oil and gas complex, exploratory drilling, microseismic emission, seismic-acoustic exploration methods.

For citation: Tsivadze A.Yu., Sirotinskiy Yu.V., Abaturov M.A. Application of microseismic noise estimation in oil and gas exploration aimed at reducing environmental impact. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 202-210. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-202-210

ВВЕДЕНИЕ

Топливо-энергетический промысел играет ключевую роль в обеспечении устойчивого экономического развития региона Каспия [1]. Вопросы развития этих территорий в настоящее время получили новый импульс в связи с принятой 12 августа 2018 г. международной конвенции о правовом статусе Каспийского моря [2].

К сожалению, любая промысловая деятельность, и, в первую очередь, нефтегазовая, неизбежно сопряжена с негативным влиянием на окружающую природную среду. Очевидный и наиболее серьезный ущерб наносят аварийные разливы нефти. Такие ситуации возникают на этапе добычи и транспортировки нефти. Но, в тоже время, необходимо учитывать, что и все остальные сферы нефтегазового промысла, в определенной мере, оказывают негативное влияние на экологию [3]. При этом особое внимание следует обратить на этапы поиска и разведки залежей углеводородов.

Проблемы экологии при поисково-разведочных работах. Поисково-разведочные работы представляют собой целый комплекс последовательно проводимых мероприятий, которые можно разделить на два этапа [4]. На первом, предварительном этапе выполняются сейсморазведочные работы, на втором, заключительном этапе – буровые работы. Каждый из этих этапов сопряжен со специфическими достаточно серьезными экологическими последствиями. Рассмотрим их подробнее.

Сейсморазведка. В сейсморазведке до недавнего времени широко применялись взрывные методы необходимые для возбуждения зондирующих волн. Очевидно, что эти методы губительны для живой природы, особенно для морской среды. Такие работы зачастую приводили к массовой катастрофической гибели целых косяков рыб [3]. Сейчас в сейсморазведке стараются использовать более щадящие невзрывные методы с применением специальных пневмопушек и вибраторов, но исключить полностью негативное воздействие на природу не удастся.



Ситуация усугубляется тем, что сейсморазведочные работы обычно проводят на обширных территориях для получения исчерпывающей геологической информации для всего региона в целом. После выполнения исследований на региональном уровне проводят ещё целый ряд исследований уже не столь масштабных, но оказывающих достаточно интенсивную нагрузку на экологию. Это такие сейсморазведочные работы, как поисковые и детализационные; разведка месторождений; доразведка, геотехнические исследования и пр.

Работы охватывают обширные территории и имеют достаточно плотное покрытие, что в целом приводит к серьезным экологическим издержкам уже на начальном этапе (сейсморазведка).

После проведения всех необходимых сейсморазведочных работ выполняют геологическое картирование региона, строят его геологическую модель, проводят стратификационный анализ. На основании полученного материала выделяются территории со структурами, характерными для залежей углеводородов. Вопрос о реальной нефтегазонасности этих структур решается на следующем этапе.

Разведочное бурение. Следующий этап поисково-разведочных работ связан с буровыми работами. На выделенных по результатам сейсморазведки территориях выполняется поисково-разведочное бурение. Из общего числа прогнозируемых структур должны выделить такие скважины, которые действительно обладают нефтегазонасностью. Этап бурения поисково-разведочных скважин сопровождается не меньшими экологическими издержками и рисками, чем бурение эксплуатационных скважин [5]. Сейчас многие нефтегазодобывающие компании придерживаются концепции «нулевого сброса» технологических отходов бурения [6], что должно сократить экологические последствия. Но, в реальности, этот принцип не всегда выполняется. Кроме того всегда остаются риски аварийных сбросов.

Также необходимо учитывать, что поисково-разведочное бурение, хотя и проводится в определенных локальных точках, но в целом охватывает обширные территории. При этом, работы представляют собой целый комплекс самостоятельных мероприятий таких как поисковое бурение, разведочное, оценочное, параметрическое, бурение для оконтуривания залежей и прочее.

Актуальность проблемы экологии при поисково-разведочных работах. Из приведенного рассмотрения видно, что экологические последствия от поисково-разведочных работ территориально выходят далеко за пределы реальных залежей и охватывают весь исследуемый регион, что создает серьезные экологические проблемы в целом. Для региона Каспия эта проблема приобретает особую значимость в связи с недавно принятым межгосударственным соглашением о разграничении пользования шельфовой нефтегазонасной акваторией Каспия [2]. Сдерживающие факторы правовой неопределенности ранее спорных территорий теперь сняты и это будет способствовать активизации по освоению природных ресурсов региона. В такой ситуации вопрос о снижении экологических издержек поисково-разведочных работ на нефть и газ становится исключительно актуальным.

Цель работы. В данной работе рассматриваются возможности снижения масштабов вредного влияния на природу от поисково-разведочных работ и ограничение территорий, подвергающихся этому воздействию. При выборе способов решения проблемы необходимо учесть, тот факт, что на практике доля непродуктивных, «сухих» скважин неоправданно высока и превышает половину от всех пробуренных. Существенно снизить экологические издержки можно, если заранее предвидеть безрезультативность «сухих» скважин и не проводить излишнее бурение.

Существующие проблемы с «сухими» скважинами обусловлены тем, что сейсморазведка принципиально не может дать однозначную информацию о наличии углеводородов в предполагаемом коллекторно-структурном геологическом образовании. Даже



детализационная 3D-сейсморазведка, давая подробную информацию о геологической структуре, не может идентифицировать флюидную насыщенность этих слоев. Предполагаемая структура может быть как нефтегазоносной, так и нет.

Окончательное заключение можно сделать только после проведения буровых работ. Результат бурения заранее не предсказуем. Как показывает статистика, коэффициент успешности в среднем равен 0,5, т.е. каждая вторая скважина оказывается «сухой» [7]. В неблагоприятных сейсмогеологических условиях коэффициент успешности существенно падает. Так, например, в Прикаспийской синеклизе с солевой тектоникой успешность бурения за последние 10 лет оказалась меньше чем 0,25 [7]. В таких ситуациях работы по бурению приходится повторять многократно для достижения искомой продуктивной скважины. Соответственно, нагрузка на экологию возрастает многократно, что в таких случаях совершенно неоправданно.

Из вышеприведенного видно, что экологическую нагрузку в определенной мере можно снизить за счет сокращения неоправданных «сухих» скважин. Решение этого вопроса является целью данной работы.

Постановка задачи. Поставленный вопрос можно кардинально решить, если перед бурением на выбранных территориях предварительно провести разведку на нефтегазоносность предполагаемой структуры. И только после получения положительного результата можно переходить к дальнейшему бурению. Сейсморазведка, как уже говорилось, не позволяет решить эту задачу. Поэтому необходимо использовать какие-либо альтернативные методы. До недавнего времени надежных способов такого тестирования не было.

В данной работе рассматривается возможность решения задачи проведения разведки на реальную нефтегазоносность с помощью инновационного сейсмоакустического метода с целью сокращения неоправданного бурения сухих скважин. Это, в конечном счете, способствует решению комплекса актуальных проблем экологии нефтегазового промысла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время в геофизике начинают интенсивно развиваться инновационные методы исследований, основанные на явлении микросейсмической эмиссии. Наиболее значимые результаты были достигнуты в области эмиссионной микросейсмической томографии, позволяющей изучать глобальные процессы в геологических структурах, такие как землетрясения, вулканические извержения и др. [8]. В прикладных областях явления микросейсмической эмиссии также послужили основанием для создания новых методов. Это, прежде всего, сейсмоакустические низкочастотные методы разведки нефтегазовых залежей.

Принцип сейсмоакустических методов. Такие инновационные методы разведки нефтегазовых залежей основаны на следующем природном явлении. Залежь углеводородов представляет собой некое многокомпонентное, многофазное гетерогенное флюидное образование, сосредоточенное в твердой, пористой среде осадочных пород. Такая сложная система отличается динамичностью и разнообразием происходящих в ней процессов. Это сопровождается эмиссией случайных микросейсмиков. Таким образом, в окрестностях залежи формируется специфическое низкочастотное шумовое поле со специфическим спектром в виде колоколообразной аномалии в диапазоне характеристических частот 1,5-4,5 Гц. По этому внешнему признаку шумового поля можно обнаружить скрытую в геологическом коллекторе залежь, на чем и основана акустическая низкочастотная разведка «АНЧАР» [9].

Метод «АНЧАР» в свое время был реализован в Институте физической химии и электрохимии РАН совместно с НТК «АНЧАР» и получил международное признание. Сейчас такой подход в том или ином виде воспроизводится рядом фирм и начинает ис-



пользоваться для практических целей. Но практическая реализация такого подхода требует целого ряда высокотехнологичных решений и метод пока ещё не получил широкого применения. В настоящее время мы занимаемся дальнейшим развитием этого направления, разрабатываются решения по повышению надежности обнаружения и детектирования шумовых полей (ДШП-метод) [10].

Особые требования для реализации ДШП-метода. Рассмотрим подробнее в чем суть подхода в реализации ДШП-метода. В целом реализация сейсмоакустических методов напоминает традиционную сейсморазведку и, если говорить формально, то сводится к регистрации и обработке сейсмических сигналов. Но, при этом, следует учесть следующие принципиальные отличия. В ДШП-методе регистрируемый шумовой сигнал формируется самой залежью и не требуется возбуждения внешней мощной волны, как в сейсморазведке. Таким образом, шумовой метод использует естественные природные сигналы и абсолютно экологичен. В этом заключается принципиальное достоинство ДШП-метода.

Реализация такого метода предъявляет повышенные требования к измерительной аппаратуре и к способам обработки сигнала. Во-первых, надо учитывать, что интенсивность эмиссии нефтегазовых микросейсмов исключительно мала и такой слабый сигнал малоразличим на уровне естественного фона. Во-вторых, сигнал носит случайный характер, что создает свои проблемы при его идентификации на общем шумовом фоне, возникает дополнительная задача обнаружения «шума в шуме». Все это предъявляет специальные повышенные требования при реализации ДШП-метода и необходима разработка специальных решений для поставленных задач.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Специальные решения, предлагаемые при реализации ДШП-метода. Рассмотрим подробнее, какие оригинальные авторские подходы применяются в наших разработках ДШП-метода.

Известно, что при анализе шумовых сигналов широко используется традиционная фурье-спектрокопия. Одной из особенностей этого метода является его повышенная восприимчивость к временному тренду сигнала, к его нестабильности, что вносит искажения в получаемый результат. Мы предлагаем использовать другой метод спектрального анализа – метод шумовой спектрокопии Чебышева. Этот метод дает представление сигнала в образе дискретных полиномов Чебышева и, как оказывается, позволяет существенно снизить искажающее влияние временного тренда [11].

В ДШП-методе также применяется подход к анализу шумового сигнала по признаку его Гауссовости. Негауссовская составляющая 3D-микросейсмического шумового поля НГЗ является весьма перспективным информационным параметром. Выделение негауссовской составляющей на фоне почти гауссовского естественного микросейсмического шума [12] позволяет существенно расширить представления о феномене нефтегазовых микросейсмов, а также определить неизвестные ранее свойства залежи углеводородов.

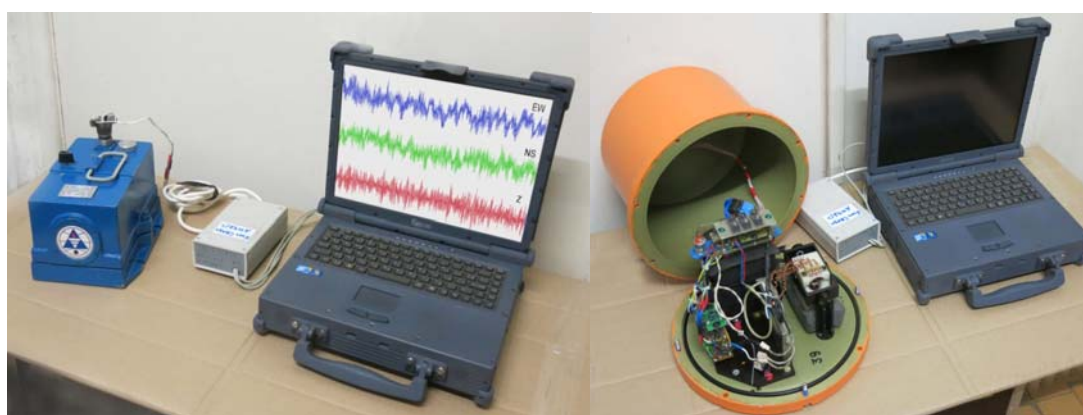
При реализации метода необходимо также учитывать то, что случайный шумовой характер измеряемого сигнала требует применения методов математической статистики и обработки достаточно больших массивов данных. Получение таких массивов возможно только при длительной процедуре (более суток) измерений в режиме 3D-мониторинга на исследуемой площади. При таком длительном мониторинге локальных микросейсмов на результаты измерения начинают сказываться всевозможные глобальные геокосмические факторы. Это, прежде всего, приливно-отливные процессы, циркадные ритмы и барические атмосферные явления. Всё это требует всестороннего учета и корректировки.

Указанные способы обработки и анализа шумового сигнала в целом направлены на повышение надежности прогноза нефтегазовой залежи в ДШП-методе.



Программно аппаратурная реализация предлагаемого решения. На основании изложенных принципов ДШП-метода нами совместно с НТК АНЧАР был разработан и создан аппаратурно-программный комплекс (АПК). На рисунке показан внешний вид аппаратурной части в наземном (а) и в морском (б) исполнении.

Основным блоком является автономный 3D-сейсмомодуль. Сигналы измеряются по трем пространственным координатам с синхронной записью в цифровую автономную память для длительного многосуточного мониторинга. Частота оцифровки сигнала порядка 100 Гц, что позволяет регистрировать сигналы в частотном диапазоне 0,5-40 Гц. Динамический диапазон – 120 дБ, уровень предельной чувствительности на частоте 1 Гц не менее $0,5 \text{ нм} \times \text{Гц}^{-1/2}$. Сейсмомодуль снабжен системой GPS-ГЛОНАС для навигации и для временной синхронизации при когерентной работе в комплексе с другими сейсмомодулями. Вес наземного модуля около 5,5 кг. Морское исполнение отличается более надежной герметизацией для работы в морской среде в шельфовой зоне.



(a)

(b)

Рис. Аппаратурный комплекс для разведочных работ ДШП-методом:

(a) – наземное исполнение; (b) – морское исполнение

Fig. Hardware complex for exploration using the MNE method:

(a) – land design; (b) – sea design

Как видно, сейсмомодуль характеризуется высокими техническими показателями и, в тоже время, достаточно компактен. Он может оперативно применяться без использования специальной транспортной техники на любых труднодоступных территориях, как на суше, так и на море, и в транзитных зонах, обеспечивая экологическую безопасность местности.

В аппаратурный комплекс входит стандартный ноутбук, предназначенный для настройки, запуска и последующего считывания данных из сейсмомодуля с помощью специальной авторской программы. Связь ноутбука с сейсмомодулем осуществляется через специальный блок по каналу USB. Также предусмотрена связь по стандартному каналу Bluetooth. Возможен контрольный просмотр регистрируемых сигналов непосредственно в полевых условиях в режиме on-line. Последующая обработка и детальный анализ сигналов производится в стационарных условиях по специальным авторским программам. Результат анализа представляется в виде соответствующих карт микросейсмической эмиссионной активности исследуемой территории с заключением о предполагаемой нефтегазоносности.

Апробация АПК. Нами были проведены контрольные испытания нашей аппаратуры в условиях пониженного уровня микросейсмического фона в Арктической зоне на Кольском полуострове. Особые свойства этого региона обусловлены тем, что Кольский полуостров располагается на Балтийском щите, отличающимся большой устойчивостью



и малоподвижностью геологических структур. Проведенные измерения показали высокую предельную чувствительность аппаратуры, достигающую исключительно низкого уровня природного микросейсмического фона в этом регионе. Такие возможности аппаратуры должны обеспечить достаточно высокую надежность прогноза ДШП-метода, в том числе в условиях Каспия.

Эффективность и результативность сейсмоакустических методов разведки в целом была подтверждена многочисленными работами на реальных месторождениях. «Успешность» бурения при этом повышается с обычного уровня 0,3-0,5 до 0,85. Такая высокая достоверность существенно сокращает число неоправданных избыточных разведочных скважин.

ВЫВОДЫ

Применение метода ДШП в комплексе с традиционной сейсморазведкой обеспечивает существенное снижение экологических издержек и рисков поисково-разведочных работ. Необходимость в разведочном бурении снижается в несколько раз за счет повышения успешности бурения до уровня 0,85. Метод относится к категории природоподобных, конвергентных, наукоемких технологий, характеризуется абсолютной экологичностью и малозатратностью. В регионе Каспия в условиях интенсивного развития нефтегазового промысла предлагаемый ДШП-метод будет способствовать поддержанию устойчивого экономического развития территорий при минимизации негативного воздействия на природную среду.

Благодарность: Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ИФХЭ РАН «Электрохимическая кинетика и массоперенос в макро- и наносистемах», номер гос. регистрации N 01.2.00901138

Acknowledgment: The paper was prepared within the framework of the state task under the registration number 01.2.00901138 of the “Electrotechnical Kinetics and Mass Transfer in the Macro- and Nano-Systems” of the A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жильцов С.С., Пархомчик Л.А. Роль углеводородных ресурсов в развитии Каспийского региона // PolitBook. 2017. Вып. 3. С. 159-171. URL: http://politbook.online/images/pdf/PolitBook2017_Issue_3.pdf (дата обращения: 05.02.2019)
2. Конвенция о правовом статусе Каспийского моря. 12 августа 2018 г. Пятый Каспийский саммит. Казахстан, Актау. URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/5328> (дата обращения: 05.02.2019)
3. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: В 2-х т. 2-е изд. переработанное и дополненное. Т. 2: Экологические последствия, мониторинг и регулирование при освоении углеводородных ресурсов шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2017. 284 с.
4. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х т. 2-е изд. переработанное и дополненное. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. М.: изд-во ВНИРО, 2017. 326 с.
5. Гусейнова С.А. Влияние отходов бурения на гидробионтов // Юг России: экология, развитие. 2015. Т. 10. N 3. С. 121-126. DOI: 10.18470/1992-1098-2015-3-121-126
6. Мельникова Е.В., Семисотова О.С., Фоменко Е.В., Серебрякова В.И., Серебрякова О.А. Геоэкологические мероприятия безопасного ведения работ, связанные с использованием недр Северного Каспия // Геология, география и глобальная энергия. 2015. N4 (59). С. 97-105.



7. Люкшина Л.В., Соколов А.Г. Результаты сейсморазведочных работ на нефть и газ в Оренбургской области. URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/457/1/944-950.pdf> (дата обращения: 05.02.2019)
8. Khrepy S.E., Koulakov I., Al-Arifi N., Petrunin A.G. Seismic Structure Beneath the Gulf of Aqaba and Adjacent Areas Based on the Tomographic Inversion of Regional Earthquake Data // *Solid Earth*. 2016. V. 7. Iss 3. P. 965-978. DOI: 10.5194/se-7-965-2016
9. Кузнецов О.Л. Эффект АНЧАР – предвестник новой философии геофизической разведки // *Технологии сейсморазведки*. 2010. N 1. С. 7-8.
10. Цивадзе А.Ю. Перспективный метод поиска нефтегазовых залежей. Беседа с академиком А.Ю. Цивадзе // *Вестник Российской академии наук*. 2014. Т. 84. N 3. С. 249-252. DOI: 10.7868/S0869587314030207
11. Ключев А.Л., Давыдов А.Д., Графов Б.М., Добровольский Ю.А., Укше А.Е., Астафьев Е.А. Электрохимическая шумовая спектроскопия: метод вторичного спектра Чебышева // *Электрохимия*. 2016. Т. 52. N 10. С. 1123-1127. DOI: 10.7868/S0424857016100066
12. Графов Б.М. О мере негауссовости почти гауссовского электрохимического шума // *Электрохимия*. 2014. Т. 50. N 5. С. 548. DOI: 10.7868/S0424857014050065

REFERENCES

1. Zhiltsov S., Parkhomchik L. [The Role of Hydrocarbon Resources in Development of the Caspian Region]. *PolitBook*, 2017, iss. 3, pp. 159-171. Available at: http://politbook.online/images/pdf/PolitBook2017_Issue_3.pdf (In Russian) (accessed 05.02.2019)
2. *Konventsiya o pravovom statuse Kaspiiskogo morya. 12 avgusta 2018 g. Pyatyi Kaspiiskii sammit. Kazakhstan, Aktau* [Convention on the Legal Status of the Caspian Sea». 12.08.2018. Fifth Caspian Summit. Republic of Kazakhstan, Aktau]. Available at: <http://en.kremlin.ru/supplement/5328> (accessed 05.02.2019)
3. Patin S.A. Oil and continental shelf ecology. In: *Ekologicheskie posledstviya, monitoring i regulirovanie pri osvoenii uglevodorodnykh resursov shel'fa* [Environmental consequences, monitoring and regulation of the offshore oil and gas development]. Moscow, VNIRO Publ., 2017, vol. 2, 284 p. (In Russian)
4. Patin S.A. Oil and continental shelf ecology. In: *Morskoi neftegazovyi kompleks: sostoyanie, perspektivy, faktory vozdeistviya* [Offshore oil and gas industry: present situation, prospects, factors of impact]. Moscow, VNIRO Publ., 2017, vol. 1, 326 p. (In Russian)
5. Guseinova S.A. Impact of drilling waste on hydrobionts. *South of Russia: ecology, development*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. 121-126. (In Russian) Doi: 10.18470/1992-1098-2015-3-121-126
6. Melnikova Ye.V., Semisotova O.S., Fomenko Ye.V., Serebryakova V.I., Serebryakova O.A. Geocological Actions of Safe Operation Connected with Use of the Subsoil of the Northern Caspian Sea. *Geologia. Geografiya I Globalnaya Energiya* [Geology, Geography and Global Energy]. 2015, no. 4(59), pp. 97-105. (In Russian)
7. Lyukshina L.V., Sokolov A.G. *Rezul'taty seismorazvedochnykh rabot na nef't' i gaz v Orenburgskoi oblasti* [The results of seismic exploration for oil and gas in the Orenburg region]. Available at: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/457/1/944-950.pdf> (In Russian) (accessed 05.02.2019)
8. Khrepy S.E., Koulakov I., Al-Arifi N., Petrunin A.G. Seismic Structure Beneath the Gulf of Aqaba and Adjacent Areas Based on the Tomographic Inversion of Regional Earthquake Data. *Solid Earth*, 2016, vol. 7, iss 3, pp. 965-978. Doi: 10.5194/se-7-965-2016
9. Kuznetsov O. ANCHAR effect – a precursor of a new philosophy of geophysical survey. *Tekhnologii seismorazvedki* [Seismic Technologies]. 2010, no. 1, pp. 7-8. (In Russian)



10. Tsivadze A.Y. Promising method of searching for oil and gas. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 84, no. 2, pp. 249-252. (In Russian) Doi: 10.7868/S0869587314030207
11. Klyuev A.L., Davydov A.D., Grafov B.M., Dobrovolskii Y.A., Ukshe A.E., Astaf'ev E.A. Electrochemical noise spectroscopy: Method of secondary Chebyshev spectrum. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2016, vol. 52, no. 10, pp. 1001-1005. (In Russian) Doi: 10.1134/S1023193516100062
12. Grafov B.M. On the measure of non-gaussianity of a nearly Gaussian noise. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2014, vol. 50, no. 5, pp. 490-495. (In Russian) Doi: 10.1134/S1023193514050061

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Аслан Ю. Цивадзе, доктор химических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва, Россия; тел.: +7(495)955-46-30; e-mail: tsiv@phyche.ac.ru

Юрий В. Сиротинский, кандидат технических наук, заведующий межведомственной лабораторией Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва, Россия; тел.: +7(495)954-55-85; e-mail: yusiro@mail.ru

Михаил А. Абатуров*, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН; Ленинский пр., 31, к.4, г. Москва, 119071 Россия; тел. +7(495) 955-47-44, +7(916)293-22-74; e-mail: abatur@yandex.ru

Критерии авторства

Аслан Ю. Цивадзе – формулировка цели, обсуждение и обобщение результатов, выводы. Юрий В. Сиротинский – постановка конкретной задачи, анализ полученных результатов. Михаил А. Абатуров – обработка и систематизация результатов, оформление текста. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 11.02.2019

Принята в печать 19.03.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Aslan Yu. Tsivadze, Dr. Sci. (Chem.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; tel.: +7(495)955-46-30; e-mail: tsiv@phyche.ac.ru

Yuriy V. Sirotnskiy, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Interdepartmental Laboratory, A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia; tel.: +7(495)954-55-85; e-mail : yusiro@mail.ru

Mikhail A. Abaturov*, Cand. Sci. (Chem.), Senior Researcher, A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry; 119071 Russia, Moscow, Leninskiy Prospect, 31, b.4; tel. +7(495)955-47-44, +7(916)293-22-74; e-mail: abatur@yandex.ru

Contribution

Aslan Yu. Tsivadze formulated the research aim, participated in the discussion and generalization of the results. Yuriy V. Sirotnskiy formulated a specific task and analysed the results obtained. Processing and systematisation of results, as well as manuscript preparation was performed by Mikhail A. Abaturov. All the authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 11.02.2019

Accepted for publication 19.03.2019



Оригинальная статья / Original article
УДК 582.232:[581.143+577.122.5]
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-211-220

АПРОБАЦИЯ ДВУХСТАДИЙНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *DUNALIELLA SALINA* (TEODORESCO, 1905) В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Ирина Н. Гудвилевич, Андрей Б. Боровков*

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского
Российской академии наук, Севастополь, Россия, gudirina2008@yandex.ru*

Резюме. *Цель.* Исследовать влияние поверхностной освещённости на скорость роста и соотношение пигментов интенсивной культуры *Dunaliella salina*; провести апробацию выращивания *D. salina* для получения её биомассы, обогащённой β-каротином, в полупромышленных условиях. *Методы.* Культивирование *D. salina* в полупромышленных условиях проводили в тепличном модуле ФГБУН «Институт морских биологических исследований». Культиваторами служили квадратные бассейны (1×1 м), выстеленные полиэтиленовой пленкой, уложенные на выровненную поверхность грунта; высота слоя культуры составляла 10 см, объём – 100 л; разбавление предварительно выращенной *D. salina* проводили свежей средой без солей – источников азота и фосфора. Дуналиеллу выращивали при естественном освещении и непрерывном перемешивании. *Результаты.* Определен диапазон поверхностной освещённости для интенсивного выращивания *D. salina*, оптимальный по энергетическим и минеральным затратам. В данном диапазоне средняя скорость роста культуры для условий эксперимента составляла 0.23-0.27 г СВ/(л·сут), а соотношение Кар/Хл *a* повышалось в 1.5-2 раза, что свидетельствует о перестройке пигментного аппарата *D. salina*. Показано, что на втором этапе выращивания дуналиеллы содержание каротиноидов в бассейнах увеличилось в 1.3 раза и составило 600 мг на 1 м² при соотношении Кар/Хл *a* равном 4.5. *Заключение.* Накопление каротиноидов при полупромышленном выращивании *D. salina* произошло под действием двух факторов: повышенной естественной освещённости и температуры без дополнительного повышения солёности и продувки углекислоты, что снижает затраты при её промышленном выращивании; данный способ может быть использован для разработки технологии получения биомассы дуналиеллы, обогащенной β-каротином в южных регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: полупромышленное культивирование *D. salina*, продуктивность, соотношение каротиноиды/хлорофилл *a*, тепличный модуль, β-каротин.

Формат цитирования: Гудвилевич И.Н., Боровков А.Б. Апробация двухстадийного культивирования *Dunaliella salina* (Teodoresco, 1905) в Севастопольском регионе // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N2. С.211-220. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-211-220

TESTING OF TWO-STAGE CULTIVATION OF *DUNALIELLA SALINA* TEOD. (TEODORESCO, 1905) IN THE SEVASTOPOL REGION

Irina N. Gudvilovich, Andrey B. Borovkov*

*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS,
Sevastopol, Russia, gudirina2008@yandex.ru*



Abstract. Aim. In this work, we set out to study the effect of surface irradiance on the growth rate and the pigment ratio of *D. salina*, as well as to test a technology for semi-industrial cultivation of *D. salina* aimed at obtaining its biomass enriched with β -carotene. **Methods.** *D. salina* was cultivated under semi-industrial conditions in a greenhouse module of the A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research. Square tanks (1 × 1 m) lined with polyethylene film and laid on a flat ground surface were used as propagators. The culture layer had a thickness of 10 cm and a volume of 100 litres. Pre-grown *D. salina* was diluted using fresh medium without salts – sources of nitrogen and phosphorus. *Dunaliella* was cultivated under natural light with continuous stirring. **Results.** We determined the range of surface irradiance, which can be considered optimal for intensive cultivation of *D. salina* in terms of energy and mineral costs. Across this range, the average growth rate of the culture under experimental conditions amounted to 0.23–0.27 g DW/(1-day), whereas the ratio of Car / Chl *a* increased by a factor of 1.5–2, which indicates changes in the pigment composition of *D. salina*. It is experimentally shown that the content of carotenoids in the tanks increased by 1.3 times amounting to 600 mg per 1 m² at a Car/Chl *a* ratio of 4.5 at the second stage of *D. salina* cultivation. **Conclusions.** Carotenoid accumulation during semi-industrial cultivation of *D. salina* occurs due to two factors: increased natural irradiance and temperature without an additional increase in salinity and blowing of carbon dioxide, which reduces the costs of its industrial cultivation. This two-stage cultivation method can be used to develop a technology for obtaining *Dunaliella* biomass enriched with β -carotene in the southern regions of the Russian Federation.

Keywords: semi-industrial cultivation of *D. salina*, productivity, Car/Chl *a* ratio, greenhouse module, β -carotene.

For citation: Gudvilovich I.N., Borovkov A.B. Testing of two-stage cultivation of *Dunaliella salina* Teod. (Teodoresco, 1905) in the Sevastopol region. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 211–220. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-211-220

ВВЕДЕНИЕ

Зеленая одноклеточная микроводоросль *Dunaliella salina* (Dunal) Teodoresco является объектом массового культивирования благодаря уникальной способности накапливать в клетках значительные количества β -каротина, являющегося сильнейшим антиоксидантом [1–5]. Кроме того, дуналиелла – классический модельный объект, культура которой способна расти с высокой скоростью и выдерживать широкий спектр воздействия экстремальных факторов [1; 6; 7].

Юг Российской Федерации и Крымский полуостров, в частности, являются максимально благоприятными регионами для организации массового культивирования микроводорослей по климатическим условиям. Значительная протяженность районов умеренно морского, средиземноморского и влажного субтропического климата, наибольшее количество солнечных дней в году – всё это позволяет культивировать микроводоросли в течение 7–8 месяцев с использованием только солнечного света [6; 8; 9]. Южные районы РФ являются регионами ареала естественного местообитания *D. salina*, в солёных водоемах которых в летнее время складываются благоприятные условия как для массового развития микроводоросли, так и накопления в её клетках β -каротина (повышенная солёность, температура, солнечная радиация) [1; 6]. В ФГБУН ИМБИ за последние годы проведена большая работа по разработке, совершенствованию и практической реализации микроводорослевых биотехнологий на предприятиях России, Греции и Украины («Агро-Виктория», Краснодарский край, РФ; «Меркурий-II», г. Харьков, Украина; «Hellenic Spirulina Net LLC», Сепрес, Греция). Опыт организации альгобиотехнологических про-



изводств показал, что при переходе от лабораторных систем культивирования к промышленным необходим промежуточный этап, когда выращивание микроводорослей осуществляется в условиях и установках аналогичных промышленным, но на небольших площадях. Эта необходимость диктуется значительным снижением производительности открытых систем выращивания микроводорослей по сравнению с закрытыми фотобиореакторами или лабораторными установками (в 2 и более раз) [2; 3; 10]. В качестве факторов, влияющих на снижение продуктивности культур, обычно указывают нестабильные физико-химические условия среды и так называемый «эффект масштабирования», когда при переходе от лабораторных к промышленным установкам при соблюдении одинаковых условий (питательная среда, температура, pH, скорость перемешивания, тип аппарата) скорость роста культуры и скорость синтеза целевого продукта могут существенно отличаться [11]. Промежуточный этап позволяет провести предварительную оценку производительности системы выращивания для корректировки технологической схемы в условиях конкретного региона. Обычно выращивание *D. salina* проводят в две стадии: на первой создают условия для активного роста культуры, а на второй – индуцируют синтез β -каротина в клетках микроводоросли, оказывая стресс-воздействие на культуру [1; 6; 7; 10; 12; 13]. Поэтому целью работы являлась оценка особенностей роста и накопления каротиноидов *Dunaliella salina* при ее двухстадийном культивировании в Севастопольском регионе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работы выполняли на базе отдела Биотехнологий и фиторесурсов ФГБУН ИМБИ, г. Севастополь. Культуру микроводоросли *D. salina* (штамм IMBR-2 из ЦКП «Коллекция гидробионтов Мирового океана» ФГБУН ИМБИ) выращивали на модифицированной питательной среде по [14]. Модификация заключалась в добавлении морской соли (производитель ПК «Галит», Крым) до концентрации 120 г/дм³. На первом этапе культуру *D. salina* выращивали в лабораторных культиваторах плоскопараллельного типа, при освещённости 60, 100, 150, 200 и 250 Вт/м². На втором этапе культуру дуналиеллы переносили в культиваторы, находящиеся в тепличном модуле ФГБУН ИМБИ и разбавляли в 10 раз свежей средой (без солей – источников азота и фосфора). Культиваторами служили квадратные бассейны (1×1 м), выстеленные полиэтиленовой пленкой, уложенные на выровненную поверхность грунта. Высота слоя раствора составляла 10 см, объём культуры – 100 л. Дуналиеллу выращивали при естественном освещении и непрерывном перемешивании с помощью аквариумной помпы «Atman». В процессе выращивания на всех этапах поддерживали оптимальную pH среды (7-8).

Содержание сухого вещества в культуре (СВ) определяли фотометрическим методом [15]. Количественное определение содержания пигментов проводили спектрофотометрическим методом [15]. Хлорофиллы и каротиноиды экстрагировали из клеток 100% ацетоном. Спектры экстрактов пигментов регистрировали на спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн 400-800 нм с шагом 0,1 нм. Расчет концентраций пигментов проводили по формулам, предложенным Wellburn [16], по значениям оптической плотности на длинах волн, соответствующих максимумам поглощения соответствующих пигментов. Рассчитывали средние арифметические (\bar{X}), стандартные отклонения (S), основные ошибки средних, доверительные интервалы для средних ($\pm\Delta \bar{X}$). Все расчёты проводили для уровня значимости $\alpha=0,05$; в таблицах и на графиках представлены средние значения.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Начальная плотность культуры *D. salina* для всех вариантов эксперимента составляла 0.3-0.4 г СВ/л. Поскольку целью первого этапа было определение условий для



накопления биомассы культурой *D. salina*, то учитывали её ростовые характеристики до стадии замедления роста. За первые 7 суток выращивания прирост биомассы для варианта с самой низкой поверхностной освещённостью составил 0.8 г СВ/л, а для всех остальных вариантов – в 2 раза выше (1.6-1.8 г СВ/л). (рис. 1).

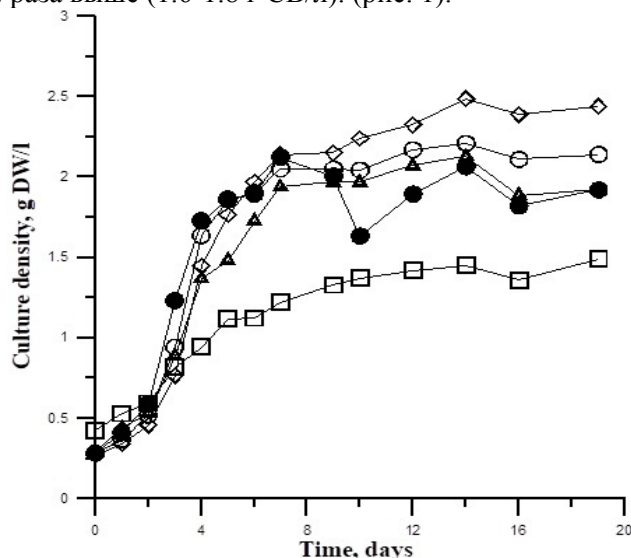


Рис.1. Плотность накопительной культуры *D. salina* при различной поверхностной освещённости: ● – 250 Вт/м², ○ – 200 Вт/м², ◇ – 150 Вт/м², △ – 100 Вт/м², □ – 60 Вт/м²

Fig.1. Density of *D. salina* enrichment culture at different levels of surface irradiance: ● – 250 Watt/m², ○ – 200 Watt/m², ◇ – 150 Watt/m², △ – 100 Watt/m², □ – 60 Watt/m²

Это подтвердили и полученные расчётные данные: средняя продуктивность культуры за этот период для вариантов с освещённостью 100-250 Вт/м² имела близкие значения (0.23-0.27 г СВ/(л·сут)), а при освещённости 60 Вт/м² – более чем в 2 раза ниже (табл. 1).

Таблица 1

Продуктивность накопительной культуры *D. salina* при различном уровне поверхностной освещённости

Table 1

Productivity of *D. salina* enrichment culture at different levels of surface irradiance

Поверхностная освещённость, Вт/м ² Surface irradiance, Watt/m ²	Продуктивность, г СВ/(л·сут) Productivity, g DW/(l·day)	
	Максимальная Maximum	Средняя за 7 суток 7-day average
250	0.57	0.26±0.02
200	0.56	0.25±0.01
150	0.49	0.27±0.01
100	0.42	0.23±0.02
60	0.18	0.12±0.01

Изменение максимальной продуктивности культуры дуналиеллы носило другой характер: её значения увеличивались в 3.2 раза с ростом поверхностной освещённости от 60 до 250 Вт/м², причём наибольший рост максимальной продуктивности (в 2.3 раза) отмечен при повышении освещённости от 60 до 100 Вт/м². Таким образом, при увеличении поверхностной освещённости от 60 до 100 Вт/м² максимальная и средняя продуктивность культуры резко увеличивалась в 2 раза. При самом низком уровне освещённости различия между этими значениями минимальны. По-видимому, рост культуры в этих условиях



определялся ограничивающим действием светового фактора. Дальнейшее увеличение освещённости от 100 до 250 Вт/м² вызывало увеличение максимальной продуктивности в 1.3 раза, но не оказывало значительного влияния на среднюю скорость роста *D. salina*. Стабилизация роста культуры происходила при плотности 0.23-0.27 г СВ/(л·сут), что в 2 раза ниже максимально возможных значений для этого диапазона освещённости (табл. 1).

На 12-е сутки содержание хлорофилла *a* (Хл *a*) в культуре увеличилось для всех вариантов эксперимента, причём, максимальный рост (в 5 раз) по сравнению с первоначальными значениями отмечен для варианта с освещённостью 60 Вт/м² (рис. 2 А).

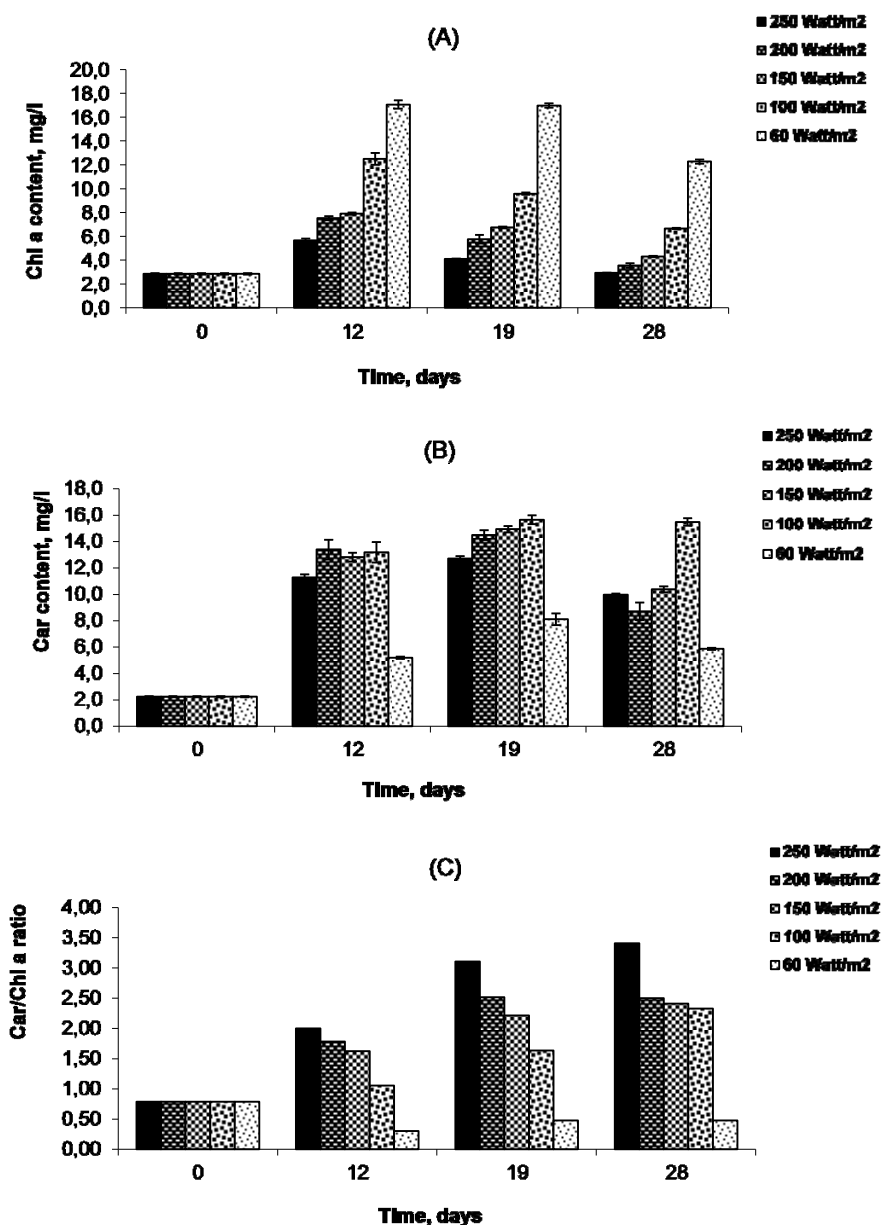


Рис.2. Содержание хлорофилла *a* (А), суммарных каротиноидов (В) и соотношение Кар/Хл *a* (С) в накопительной культуре *D. salina* при различной поверхностной освещённости
Fig.2. Chlorophyll *a* content (A), carotenoid content (B) and Car/Chl *a* ratio (C) in *D. salina* enrichment culture at different levels of surface irradiance



На этом этапе эксперимента прослеживалась зависимость содержания Хл *a* в культуре от поверхностной освещённости: с увеличением последней – содержание пигмента резко снижалось. Чёткой зависимости содержания каротиноидов (Кар) от освещённости выявить не удалось (рис. 2 А, В).

В процессе эксперимента изменялось не только содержание пигментов в культуре *D. salina*, но и их соотношение (рис. 2 С). Так, к 12-м суткам эксперимента соотношение Кар/Хл *a* увеличилось для вариантов с освещённостью 100-250 Вт/м², а для варианта с минимальной освещённостью отмечено его снижение в 1.6 раза. Наибольший рост соотношения Кар/Хл *a* за период эксперимента отмечен для варианта с максимальной поверхностной освещённостью (в 4.3 раза).

На протяжении всего эксперимента соотношение Кар/Хл *a* в культуре *D. salina* определялось величиной поверхностной освещённости: с её ростом от 60 до 250 Вт/м² значение этого показателя увеличивалось. Так на 19-е сутки при изменении освещённости от минимальной до максимальной в эксперименте соотношение Кар/Хл *a* увеличивалось в 6 раз (от 0.5 до 3.1) (рис. 2 С).

Состав питательной среды, которую использовали при выращивании *D. salina* в эксперименте [14] позволяет получить суммарный прирост биомассы около 1.5 г СВ/л, что и наблюдалось для всех вариантов эксперимента с освещённостью свыше 60 Вт/м². Иными словами, с увеличением освещённости наблюдалась смена фактора, ограничивающего скорость роста культуры *D. salina*. Вместо светового им становилось минеральное обеспечение. Поэтому выращивание *D. salina* при освещённости свыше 100-150 Вт/м² с использованием питательной среды по [14] нецелесообразно, так как дальнейшее увеличение энергетических затрат не оказывает значительного влияния на наблюдаемую скорость роста культуры. Несмотря на то, что применяемая питательная среда не позволяет получить плотную культуру, её состав позволяет изменить соотношение пигментов к завершающей стадии выращивания – увеличить соотношение Кар/Хл *a* [10]. Таким образом, если считать, что оптимизация режима получения высокопродуктивных культур микроводорослей достигается, в первую очередь, за счет повышения эффективности использования культурой биогенных элементов и световой энергии, то наиболее оптимальным в условиях эксперимента являлось выращивание культуры *D. salina* при освещённости 100-150 Вт/м². Именно в этих световых условиях накопление биомассы культурой происходило с максимальной скоростью при минимальных энергетических затратах, а повышение соотношения пигментов Кар/Хл *a* от 0.8 до 1.1-1.6 (с 1 по 12 день культивирования) свидетельствовало о начавшейся перестройке пигментного аппарата *D. salina* под воздействием светового фактора.

Ведущим фактором индукции каротиногенеза у *D. salina* признан световой [1; 6; 7; 10-12], поэтому эксперимент на базе пилотного модуля был проведён в июле-августе, когда уровень естественной солнечной освещённости в Крымском регионе максимально высокий [6]. На этом этапе в экстремальных световых и температурных условиях доля каротиноидов в клетках *D. salina* увеличивалась очень быстро. Уже через 4 суток цвет культуры изменился от зелёного до оливково-бурого, а через 10 – до жёлто-оранжевого. Изменения пигментного состава *D. salina* были подтверждены результатами химического анализа культуры: значение соотношения пигментов Кар/Хл *a* за 17 суток увеличилось в 7 раз (табл. 2).

Однако такое быстрое увеличение доли каротиноидов в клетках дуналиеллы сопровождалось гибелью значительной части культуры, её плотность за 17 суток снизилась от 0.6 до 0.08 г СВ/л. Поэтому, несмотря на резкое повышение соотношения Кар/Хл *a*, общее содержание каротиноидов в бассейне уменьшилось в 4 раза. Таким образом, резкое изменение световых и температурных условий до экстремально высоких, одновременно индуцировало быстрое накопление β-каротина в клетках *D. salina*, и провоцировало их гибель. Эти факторы привели к значительным потерям урожая биомассы. Тем не



менее, даже в таких условиях, через 10 суток содержание каротиноидов в бассейнах составляло 200 мг/м² при соотношении Кар/Хл *a* равном 7. Поэтому полученная таким способом биомасса пригодна для использования в качестве источника β-каротина.

Таблица 2

Содержание каротиноидов в культуре *D. salina* и соотношение пигментов на втором этапе выращивания в тепличном модуле

Table 2

Carotenoids content in *D. salina* culture and the ratio of pigments at the second stage of its cultivation in a greenhouse module

Этап Stage	Время, сутки Time, day	Концентрация соли, г/л Salt concentra- tion, g/l	Содержание Кар, мг/м ² Carotenoids content, mg/m ²	Соотношение Кар/Хл <i>a</i> Car/Chl <i>a</i> ratio
Июль-август July-august	0	120	500±25	1.3
	4		300±21	3
	10		200±16	7
	17		120±11	9
Октябрь October	0	120	480±19	1
	7		440±26	2
	10		600±25	3
	20		600±30	4.5

Повторный эксперимент был проведён в октябре, что обусловило более мягкие световые и температурные условия. И в этих условиях увеличились как общее содержание каротиноидов в бассейнах (в 1.3 раза), так и соотношение Кар/Хл *a* (в 4.5 раза). При этом доля погибших клеток была гораздо ниже (плотность культуры за 20 суток уменьшилась от 0.7 до 0.4 г СВ/л), что непосредственно отразилось на содержании каротиноидов в бассейнах, которое на 10-е сутки увеличилось на 25% (до 600 мг/м²). В аналогичных условиях, но без использования тепличного модуля, накопление каротиноидов проходило менее интенсивно, их содержание в культиваторах было в 7 раз ниже [8]. Повидимому, выращивание *D. salina* в теплице позволило гораздо эффективнее сгладить колебания температуры в бассейнах, чем простое укрытие их полиэтиленовой плёнкой, что в итоге обеспечило лучшую выживаемость клеток культуры. Соотношение Кар/Хл *a* в образцах биомассы дуналиеллы в этих двух экспериментах составляло 4.5-5.0. Повидимому, это предельное значение, которое может быть получено для световых условий в осенний период. Следует отметить, что накопление каротиноидов при выращивании *D. salina* в тепличном модуле произошло под действием двух факторов: повышенной естественной освещённости и температуры без дополнительного повышения солёности и продувки углекислоты, что снижает затраты при её промышленном выращивании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена экспериментальная работа по подбору условий и оптимизации выращивания культуры *D. salina* по световому и минеральному обеспечению для её перевода от стадии активного роста к накоплению каротиноидов. Впервые получены данные для Севастопольского региона, свидетельствующие о возможности накопления культурой *D. salina* 600 мг каротиноидов на 1 м² (без дополнительного повышения солёности и внесения углекислоты) при её промышленном выращивании на естественном освещении. Проведена апробация двухстадийного выращивания *D. salina* на базе пилотного модуля в Севастопольском регионе. Полученные результаты позволяют рекомендовать данный способ культивирования как основу для разработки технологической схемы промышленного выращивания микроводоросли *D. salina* на юге Российской Федерации.



Благодарность: Исследования выполнены в рамках Госзадания ФГБУН ИМБИ РАН № 0828-2018-0004 и гранта РФФИ №18-44-920009.

Acknowledgment: The studies were conducted under the State Project of IMBR RAS No. 0828-2018-0004 and the grant No. 18-44-920009 from the Russian Foundation for Basic Research.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ben-Amotz A., Polle J.E., Rao D.S. The alga *Dunaliella*: biodiversity, physiology, genomics and biotechnology. Enfield, NH: Science Publishers, 2009. 555 p.
2. García-González M., Moreno J., Cañavate J.P., Anguis V., Prieto A., Manzano C., Florencio F.J., Guerrero M.G. Conditions for open-air outdoor culture of *Dunaliella salina* in southern Spain // Journal of Applied Phycology. 2003. V. 15. Iss. 2-3. P. 177-184. Doi:10.1023/A:1023892520443
3. Del Campo J.A., García-González M., Guerrero M.G. Outdoor cultivation of microalgae for carotenoid production: current state and perspectives // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2007. V. 74. Iss. 6. P. 1163-1174. Doi:10.1007/s00253-007-0844-9
4. Wu Z., Dejtsakdi W., Kermanee P., Ma C., Arirob W., Sathasivam R., Juntawong N. Outdoor cultivation of *Dunaliella salina* KU 11 using brine and saline lake water with raceway ponds in northeastern Thailand // Biotechnol. Appl. Biochem. 2017. V. 64. Iss. 6. P. 938-943. Doi:10.1002/bab.1537
5. Sathasivam R., Ki J.-S. A review of the biological activities of microalgal carotenoids and their potential use in healthcare and cosmetic industries // Mar. Drugs. 2018. V. 16. Iss. 1. P. 26. Doi:10.3390/md16010026
6. Масюк Н.П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. Киев: Наук. думка, 1973. 487 с.
7. Solovchenko A.E., Selivanova E.A., Chekanov K.A., Sidorov R.A., Nemtseva N.V., Lobakova E.S. Induction of secondary carotenogenesis in new halophile microalgae from the genus *Dunaliella* (Chlorophyceae) // Biochemistry (Moscow). 2015. V. 80. Iss. 11. P. 1508-1513. Doi: 10.1134/S0006297915110139
8. Боровков А.Б., Гудвилович И.Н. Апробация двухстадийного выращивания *Dunaliella salina* Teod. в полупромышленных условиях // Вопросы современной альгологии. 2017. N 1 (13). <http://algology.ru/1155> (дата обращения: 16.11.2018)
9. Абдулагатов И.М., Алхасов А.Б., Догеев Г.Д., Тумалаев Н.Р., Алиев Р.М., Бадавов Г.Б., Алиев А.М., Салихова А.С. Микроводоросли и их технологические применения в энергетике и защите окружающей среды // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13, N 1. С. 166-183. Doi:10.18470/1992-1098-2018-1-166-183
10. Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. Intensive cultivation of *Dunaliella salina* for production of biomass with elevated β -carotene content. Communication 2. Optimization of Cultivation Regime // Hydrobiological Journal. 2015. V. 51. Iss. 4. P. 31-38. Doi: 10.1615/HydrobJ.v51.i4.40
11. Xu Y., Ibrahim I.M., Harvey P.J. The influence of photoperiod and light intensity on the growth and photosynthesis of *Dunaliella salina* (Chlorophyta) CCAP 19/30 // Plant Physiol. Biochem. 2016. V. 106. P. 305-315. Doi: 10.1016/j.plaphy.2016.05.021
12. Minhas A.K., Hodgson P., Barrow C.J., Adholeya A. A Review on the assessment of stress conditions for simultaneous production of microalgal lipids and carotenoids // Frontiers in Microbiology. 2016. V. 7. Art. 546. P. 1-19. Doi: 10.3389/fmicb.2016.00546
13. Lamers P.P., Janssen M., De Vos R.C., Bino R.J., Wijffels R.H. Carotenoid and fatty acid metabolism in nitrogen-starved *Dunaliella salina*, a unicellular green microalga // J. Biotechnol. 2012. V. 162. Iss. 1. P. 21-27. Doi:10.1016/j.jbiotec.2012.04.018



14. Shaish A., Avron M., Ben-Amotz A. Effect of inhibitors on the formation of stereoisomers in the biosynthesis of β -carotene in *Dunaliella bardawil* // Plant. Cell. Physiol. 1990. V. 31. Iss. 5. P. 689-696. Doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a077964
15. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
16. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant Phys. 1994. V. 144. Iss. 3. P. 307-313. Doi:10.1016/S0176-1617(11)81192-2

REFERENCES

1. Ben-Amotz A., Polle J.E., Rao D.S. The alga *Dunaliella*: biodiversity, physiology, genomics and biotechnology. Enfield, NH, Science Publishers, 2009, 555 p.
2. García-González M., Moreno J., Cañavate J.P., Anguis V., Prieto A., Manzano C., Florencio F.J., Guerrero M.G. Conditions for open-air outdoor culture of *Dunaliella salina* in southern Spain. *Journal of Applied Phycology*, 2003, vol. 15, iss. 2-3, pp. 177-184. Doi:10.1023/A:1023892520443
3. Del Campo J.A., García-González M., Guerrero M.G. Outdoor cultivation of microalgae for carotenoid production: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2007, vol. 74, iss. 6, pp. 1163-1174. Doi: 10.1007/s00253-007-0844-9
4. Wu Z., Dejtsakdi W., Kermanee P., Ma C., Arirob W., Sathasivam R., Juntawong N. Outdoor cultivation of *Dunaliella salina* KU 11 using brine and saline lake water with raceway ponds in northeastern Thailand. *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 2017, vol. 64, iss. 6, pp. 938-943. Doi:10.1002/bab.1537
5. Sathasivam R., Ki J.-S. A review of the biological activities of microalgal carotenoids and their potential use in healthcare and cosmetic industries. *Mar. Drugs.*, 2018, vol. 16, iss. 1, 26 p. Doi:10.3390/md16010026
6. Masyuk N.P. *Морфологија, систематика, екологија, географическоје распрострањење рода Dunaliella Teod.* [Morphology, taxonomy, ecology, geographical distribution of the genus *Dunaliella* Teod.]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1973, 487 p. (In Russian)
7. Solovchenko A.E., Selivanova E.A., Chekanov K.A., Sidorov R.A., Nemtseva N.V., Lobakova E.S. Induction of secondary carotenogenesis in new halophile microalgae from the genus *Dunaliella* (Chlorophyceae). *Biochemistry (Moscow)*, 2015, vol. 80, iss. 11, pp. 1508-1513. Doi: 10.1134/S0006297915110139
8. Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. [The testing of two-stage system of semi-industrial cultivation of *Dunaliella salina* Teod.]. *Voprosyi sovremennoy algologii*, 2017, no. 1 (13). (In Russian) Available at: <http://algology.ru/1155> (accessed 16.11.2018).
9. Abdulagatov I.M., Alkhasov A.B., Dogeev G.D., Tumalaev N.R., Aliev R.M., Badavov G.B., Aliev A.M., Salikhova A.S. Technological application of microalgae in power industry and environmental protection. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 166-183. (In Russian) Doi:10.18470/1992-1098-2018-1-166-183
10. Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. Intensive cultivation of *Dunaliella salina* for production of biomass with elevated β -carotene content. Communication 2. Optimization of Cultivation Regime. *Hydrobiological Journal*, 2015, vol. 51, iss. 4, pp. 31-38. Doi: 10.1615/HydrobJ.v51.i4.40
11. Xu Y., Ibrahim I.M., Harvey P.J. The influence of photoperiod and light intensity on the growth and photosynthesis of *Dunaliella salina* (Chlorophyta) CCAP 19/30. *Plant Physiol. Biochem.*, 2016, vol. 106, pp. 305-315. Doi: 10.1016/j.plaphy.2016.05.021



12. Minhas A.K., Hodgson P., Barrow C.J., Adholeya A. A Review on the assessment of stress conditions for simultaneous production of microalgal lipids and carotenoids. *Frontiers in Microbiology*, 2016, vol. 7, art. 546, pp. 1-19. Doi: 10.3389/fmicb.2016.00546
13. Lamers P.P., Janssen M., De Vos R.C., Bino R.J., Wijffels R.H. Carotenoid and fatty acid metabolism in nitrogen-starved *Dunaliella salina*, a unicellular green microalga. *J. Biotechnol.* 2012, vol. 162, iss. 1, pp. 21-27. Doi:10.1016/j.jbiotec.2012.04.018
14. Shaish A., Avron M., Ben-Amotz A. Effect of inhibitors on the formation of stereoisomers in the biosynthesis of β -carotene in *Dunaliella bardawil*. *Plant. Cell. Physiol.*, 1990, vol. 31, iss. 5, pp. 689-696. Doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a077964
15. *Metodyi fiziologo-biohimicheskogo issledovaniya vodorosley v gidrobiologicheskoy praktike* [Methods of physiological and biochemical studies of algae in hydrobiological practice]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1975, 247 p. (In Russian)
16. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Phys.*, 1994, vol. 144, iss. 3, pp. 307-313. Doi:10.1016/S0176-1617(11)81192-2

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ирина Н. Гудвилевич*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, отдел биотехнологии и фиторесурсов Института Морских Биологических Исследований им. А.О. Ковалевского РАН; пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Россия; тел. +7(8692) 55-07-95, e-mail: gudirina2008@yandex.ru

Андрей Б. Боровков, кандидат биологических наук, руководитель отдела биотехнологии и фиторесурсов Института Морских Биологических Исследований им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия.

Критерии авторства

Ответственность за содержание и достоверность предоставленных сведений, за плагиат и другие неэтические проблемы несут оба автора. Авторы в равной степени принимали участие в этой работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 13.12.2018

Принята в печать 18.03.2019

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Irina N. Gudvilovich*, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department for Biotechnology and Phytoresources, A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS; 2 Nakhimov ave., Sevastopol, 299011 Russia; tel. +7(8692) 55-07-95, e-mail: gudirina2008@yandex.ru

Andrey B. Borovkov, Cand. Sci. (Biol.), Head of Department for Biotechnology and Phytoresources, A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia.

Contribution

Both authors are responsible for the content and accuracy of the information provided, as well as for plagiarism and other unethical problems. Both authors were equally involved in this work.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.12.2018

Accepted for publication 18.03.2019



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 мас-
совых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-25929.

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 coun-
try or to JSC «МК-periodica» directly.

Address: 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 27.05.2019.

Объем 27,62. Тираж 100. Заказ № 47.

Формат 70x90%. Печать офсетная.

Бумага офсетная № 1.

Тиражировано в типографии ИПЭ РД

г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21