

ISSN 2713-1572

2022

Том 12. № 1

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ



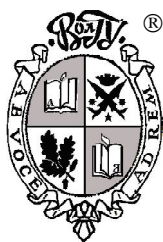
NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

Volume 12. No. 1

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

VOLGOGRAD STATE UNIVERSITY

ISSN 2713-1572



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И РЕСУРСЫ**

2022

Том 12. № 1

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**NATURAL SYSTEMS
AND RESOURCES**

2022

Volume 12. No. 1



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

2022. Vol. 12. No. 1

Academic Periodical

First published in 2011

4 issues a year

Founder:

Federal State Autonomous
Educational Institution
of Higher Education
“Volgograd State University”

The journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Registration Number **ПН № ФС77-74483** of November 30, 2018)

The journal is included into the **Russian Science Citation Index**

The journal is also included into the following Russian and international databases: **Google Scholar** (USA), **Open Academic Journals Index** (Russia), **ProQuest** (USA), **VINITI Database RAS** (Russia), **“CyberLeninka” Scientific Electronic Library** (Russia), **“Socionet” Information Resources** (Russia), **IPRbooks E-Library System** (Russia), **E-Library System “University Online Library”** (Russia)

Editorial Staff:

Assoc. Prof., Dr. *E.A. Ivantsova* – Chief Editor (Volgograd)
Prof., Dr. *V.V. Novochadov* – Deputy Chief Editor (Volgograd)
Assoc. Prof., Cand. *P.A. Krylov* – Executive Secretary and Copy Editor (Volgograd)
Dr., Senior Researcher *V.P. Voronina* (Volgograd)
Prof., Dr. *A.A. Okolelova* (Volgograd)
Assoc. Prof., Dr. *V.A. Sagalaev* (Volgograd)
Prof., Dr. *V.V. Tanyukevich* (Novocherkassk)
Assoc. Prof., Dr. *V.G. Yuferev* (Volgograd)

Editorial Board:

Prof., Dr. *S.A. Bartalev* (Moscow); Prof., Dr. *M.N. Belitskaya* (Volgograd); Prof., Dr. *Yu.K. Vinogradova* (Moscow); Assoc. Prof., Dr. *D.S. Vorobev* (Tomsk); Prof., Acad. of RAS *I.F. Gorlov* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *P.M. Gzhambetova* (Grozny); Prof., Dr. *S.I. Kolesnikov* (Rostov-on-Don); Prof., Dr., Acad. of RAS *I.P. Krushilin* (Volgograd); Prof., Acad. of RAS *K.N. Kulik* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr., Acad. of RANHM *G. Mustafaev* (Baku, Azerbaijan); Prof., Dr., Acad. of RAS *A.S. Rulev* (Volgograd); Prof., Dr., Corr. Member of RAS *M.I. Slozhenkina* (Volgograd); Prof. of RAS, Dr. *N.V. Tiutiuma* (Solyonoye Zaymishche, Astrakhan Oblast); Prof., Dr. *A.V. Khoperskov* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *S.R. Chalov* (Moscow); Prof., Acad. of RAS *A.A. Chibilev* (Orenburg); Prof., Dr. *G.Yu. Yamskikh* (Krasnoyarsk)

Editors, Proofreaders: *S.A. Astakhova*,
M.V. Gayval, *N.V. Goreva*

Making up and technical editing *E.S. Reshetnikova*

Passed for printing: March 22, 2022.

Date of publication: May 17, 2022.

Format 60×84/8. Offset paper. Typeface Times.

Conventional printed sheets 8.1. Published pages 8.7.

Number of copies 500 (1st duplicate 1–28). Order 53. «C» 11.

Open price

Address of the Printing House:

Bogdanova St, 32, 400062 Volgograd.

Postal Address:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Publishing House of Volgograd State University.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

Address of the Editorial Office and the Publisher:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Volgograd State University.

Tel.: (8442) 46-16-39. Fax: (8442) 46-18-48

E-mail: vestnik11@volsu.ru

Journal website: <https://ns.jvolsu.com>

English version of the website:

<https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>



ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ

2022. Т. 12. № 1

Научно-теоретический журнал

Основан в 2011 году

Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (регистрационный номер **ПИ № ФС77-74483** от 30 ноября 2018 г.)

Журнал включен в базу **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)**

Журнал также включен в следующие российские и международные базы данных: **Google Scholar** (США), **Open Academic Journals Index** (Россия), **ProQuest** (США), **ВИНИТИ** (Россия), **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»** (Россия), **Соционет** (Россия), **Электронно-библиотечная система IPRbooks** (Россия), **Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»** (Россия)

Редакционная коллегия:

д-р с.-х. наук, доц. **Е.А. Иванцова** – главный редактор (г. Волгоград)
д-р мед. наук, проф. **В.В. Новочадов** – зам. главного редактора (г. Волгоград)
канд. биол. наук, доц. **П.А. Крылов** – ответственный и технический секретарь (г. Волгоград)
д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. **В.П. Воронина** (г. Волгоград)
д-р биол. наук, проф. **А.А. Околелова** (г. Волгоград)
д-р биол. наук, доц. **В.А. Сагалаев** (г. Волгоград)
д-р с.-х. наук, проф. **В.В. Тянукевич** (г. Новочеркасск)
д-р с.-х. наук, доц. **В.Г. Юферев** (г. Волгоград)

Редакционный совет:

д-р техн. наук, проф. **С.А. Барталев** (г. Москва); д-р биол. наук, проф. **М.Н. Белицкая** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф. **Ю.К. Виноградова** (г. Москва); д-р биол. наук, доц. **Д.С. Воробьев** (г. Томск); проф., акад. РАН **И.Ф. Горлов** (г. Волгоград); д-р биол. наук, доц. **П.М. Джамбетова** (г. Грозный); д-р с.-х. наук, проф. **С.И. Колесников** (Ростов-на-Дону); д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН **И.П. Кружилин** (г. Волгоград) проф., акад. РАН **К.Н. Кулик** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, доц., акад. РАН **М.Г. Мустафаев** (г. Баку, Азербайджан); д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН **А.С. Рулев** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН **М.И. Сложеникина** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, проф. РАН **Н.В. Тютюма** (Астраханская обл., с. Солёное Займище); д-р физ.-мат. наук, проф. **А.В. Хоперсков** (г. Волгоград); д-р геогр. наук, доц. **С.Р. Чалов** (г. Москва); д-р геогр. наук, проф., акад. РАН **А.А. Чибилев** (г. Оренбург); д-р геогр. наук, проф. **Г.Ю. Ямских** (г. Красноярск)

Редакторы, корректоры: **С.А. Астахова,**

М.В. Гайваль, Н.В. Горева

Верстка и техническое редактирование **Е.С. Решетниковой**

Подписано в печать 22.03 2022 г.

Дата выхода в свет: 17.05 2022 г.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 8,1. Уч.-изд. л. 8,7.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–28 экз.). Заказ 53. «С» 11.

Свободная цена

Адрес типографии:

400062 г. Волгоград, ул. Богданова, 32.

Почтовый адрес:

400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.

Издательство

Волгоградского государственного университета.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

Адрес редакции и издателя:

400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.

Волгоградский государственный университет.

Тел.: (8442) 46-16-39. Факс: (8442) 46-18-48

E-mail: vestnik11@volsu.ru

Сайт журнала: <https://ns.jvolsu.com>

Англояз. сайт журнала: <https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

- Калмыкова Е.В., Иванцова Е.А., Петров Н.Ю., Калмыкова О.В.* Влияние биопрепарата на основе липидного экстракта гриба *Mortierella Alpina* на снижение нефтезагрязнения почвы 5
- Ермолаева В.М., Колмукиди С.В.* Биоразнообразие дереворазрушающих грибов городских парков Волгограда 13
- Коваленко К.А., Гордеев Д.А.* Термобиология разноцветной ящурки (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) в условиях Волгоградской области и влияние температурного фактора на формирование ареала вида 23
- Третьякова Р.А., Паркина О.В., Якубенко О.Е., Морозова З.Д.* Состояние и перспективы развития околородных территорий г. Новосибирска для построения водно-зеленого каркаса 32
- Аль-Чаабави М.Р.А., Иванцова Е.А., Юфев В.Г.* Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на Юге Ирака 38
- Крылов П.А., Абдулова А.А., Пермяков О.В., Новочадов В.В.* Структурно-функциональный анализ марганец- и цинк-зависимых белков у растений, произрастающих на Юге России 45

ГЭОЭКОЛОГИЯ

И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Баранова М.С., Кочеткова А.И., Брызгалина Е.С., Филиппов О.В.* Фитоиндикация процесса формирования абразионно-аккумулятивных отмелей Волгоградского водохранилища 54
- Берденгалиева А.Н., Берденгалиев Р.Н.* Тренды горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона по данным дистанционного зондирования 67
- Солодовников Д.А., Шинкаренко С.С., Семенова Д.А., Шилова Н.В.* «ООПТ-фантомы» юга Европейской России: проблемы функционирования 77

CONTENTS

ECOLOGY

- Kalmykova E.V., Ivantsova E.A., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V.* Influence of a Biological Preparation Based on a Lipid Extract of *Mortierella Alpina* Mushroom on the Reduction of Soil Oil Pollution 5
- Ermolaeva V.M., Kolmukidi S.V.* Biodiversity of Wood-Destroying Fungi in Urban Parks of Volgograd 13
- Kovalenko K.A., Gordeev D.A.* Thermobiology of the *Eremias Arguta* (Pallas, 1773) in the Conditions of the Volgograd Region and the Influence of the Temperature Factor on the Formation of the Range of the Species 23
- Tret'yakova R.A., Parkina O.V., Yakubenko O.E., Morozova Z.D.* Status and Prospects for the Development of the Near-Water Areas of Novosibirsk for the Construction of a Water-Green Framework 32
- Al-Chaabawi M.R.A., Ivantsova E.A., Yuferev V.G.* Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Land in Southern Iraq 38
- Krylov P.A., Abdulova A.A., Permyakov O.V., Novochadov V.V.* Structural and Functional Analysis of Manganese- and Zinc-Dependent Proteins in Plants Growing in the South of Russia 45

GEOECOLOGY AND NATURE RESOURCES MANAGEMENT

- Baranova M.S., Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S., Filippov O.V.* Phytoindication of the Formation Process of Volgograd Reservoir's Abrasion-Accumulative Shallows 54
- Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N.* Burning Trends of the Lower Don Floodplain Landscapes According to Remote Sensing Data 67
- Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S., Semenova D.A., Shilova N.V.* "NAPP-Phantoms" of the South of European Russia: Problems of Functioning 77



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

UDC 504.61:502.3

LBC 43.4



INFLUENCE OF A BIOLOGICAL PREPARATION BASED ON A LIPID EXTRACT OF MORTIERELLA ALPINA MUSHROOM ON THE REDUCTION OF SOIL OIL POLLUTION

Elena V. Kalmykova

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Nikolay Yu. Petrov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Olga V. Kalmykova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The Lower Volga region is a major producer of vegetable products, and in particular tomato crops, which ranks fourth among the main vegetable crops. Determining the stability of a tomato culture in open ground conditions to anthropogenic influences, including soil pollution with oil products under the influence of biological products based on biologically active polyunsaturated fatty acids of the fungus *Mortierella alpina*, is very timely and relevant. Under the influence of oil pollution, deep and sometimes irreversible changes in morphological, physical, physicochemical, microbiological properties occur in the soil, leading to loss of land productivity, and often complete degradation of landscapes, which negatively affects the growth and development of plants growing on these soils. The article presents the results of long-term (2013-2020) studies in open ground tomato crops of agrochemical and microbiological indicators of light chestnut soils of the Lower Volga subzone contaminated with oil against the background of the use of the biological preparation Biodux. Oil of various concentrations was used as a soil pollutant. As a result of the research, it was proved that changes in the agrochemical and microbiological properties of light chestnut soils in the Lower Volga region are directly related to the concentration of oil products. Thus, soil samples contaminated with oil at a concentration of 10% showed the most negative effect on the studied parameters and soil properties. Changes in the biological activity of soils under the influence of oil products on them, first of all, were reflected in the growth, development and, ultimately, the productivity of vegetable crops. Under the influence of the studied drug Biodux, when used for presowing and vegetative treatment, the formation of resistance to stressful conditions of crop growth in the Nizhnevolzhsky region was noted in tomato plants.

Key words: oil pollution of soils, agrochemical properties of soils, microbiological properties of soils, biopreparation, Biodux, Lower Volga region.

Citation. Kalmykova E.V., Ivantsova E.A., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V. Influence of a Biological Preparation Based on a Lipid Extract of *Mortierella Alpina* Mushroom on the Reduction of Soil Oil Pollution. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЛИПИДНОГО ЭКСТРАКТА
ГРИБА *MORTIERELLA ALPINA*
НА СНИЖЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ**

Елена Владимировна Калмыкова

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Николай Юрьевич Петров

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Ольга Владимировна Калмыкова

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Нижнее Поволжье является крупным производителем овощной продукции, и в частности культуры томата, занимающей четвертое место среди основных овощных культур по посевным площадям. Определение пределов устойчивости культуры томата в условиях открытого грунта к антропогенным воздействиям, в том числе и к загрязнению почвы нефтепродуктами под воздействием биопрепаратов на основе биологически активных полиненасыщенных жирных кислот гриба *Mortierella alpina*, весьма своевременно и актуально. Под влиянием нефтезагрязнения в почве происходят глубокие, а иногда и необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, приводящие к потере продуктивности земель, а нередко и полной деградации ландшафтов, что негативно сказывается на росте и развитии растений, произрастающих на этих почвах. В статье приведены результаты многолетних (2013–2020 гг.) исследований в посевах томата открытого грунта агрохимических и микробиологических показателей светло-каштановых почв подзоны Нижнего Поволжья, загрязненных нефтью на фоне применения биологического препарата Биодукс. Нефть различной концентрации использовали в роли загрязнителя почвы. В результате исследований было доказано, что изменение агрохимических и микробиологических свойств светло-каштановых почв Нижнего Поволжья напрямую связано с концентрацией нефтепродуктов. Так, образцы почвы, загрязненные нефтью в концентрации 10 %, проявляли наиболее негативное влияние на исследуемые параметры и свойства почв. Изменение биологической активности почв при воздействии на них нефтепродуктов, в первую очередь, отражались на росте, развитии и, в конечном итоге, на продуктивности овощной культуры. Под влиянием исследуемого препарата Биодукс при использовании его для предпосевной и вегетационной обработки отмечалось формирование у растений томата устойчивости к стрессовым условиям произрастания культуры в Нижневолжском регионе.

Ключевые слова: нефтезагрязнение почв, агрохимические свойства почв, микробиологические свойства почв, биопрепарат, Биодукс, Нижнее Поволжье.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Иванцова Е. А., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Влияние биопрепарата на основе липидного экстракта гриба *Mortierella alpina* на снижение нефтезагрязнения почвы // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 5–12. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

Введение

Нефть и нефтепродукты являются распространенными загрязнителями всех компонентов природной среды, в том числе почвен-

ного покрова. В РФ в 2020 году ущерб от загрязнения нефтепродуктами увеличился с 1,0 до 5,1 млрд рублей по сравнению с 2019 годом [7; 8]. По причине большой концентрации промышленных предприятий и заводов Ниж-

нее Поволжье находится в двадцатке регионов, где наблюдаются повышенные объемы выбросов загрязняющих веществ, поэтому с этим существуют острые экологические проблемы данной территории [4; 5].

Почва выступает в качестве своеобразного «депо», куда различные загрязняющие вещества попадают в результате деятельности человека и переноса выбросов их природных и антропогенных источников, и наиболее подвержена загрязнению. Под влиянием нефтезагрязнения в почве происходят глубокие, а иногда и необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, приводящие к потере продуктивности земель, а нередко и полной деградации ландшафтов, что негативно сказывается на росте и развитии растений, произрастающих на этих почвах [1; 3; 8; 9].

В свою очередь, в соответствии со своими природно-экономическими условиями и ресурсами Нижнее Поволжье выступает как крупный производитель овощной продукции и устойчиво дает 4–5 % овощей для страны или почти 30 % в объеме производства по югу России [10]. Культура томат в этом регионе по данным на 2020 г. занимала 4-е место среди основных овощных культур по посевным площадям, валовой сбор при этом составил 45,62 тыс. т. Необходимость разработки и применения новых, эффективных, недорогих и экологически безвредных методов очистки почв в агроэкосистеме от нефтяных загрязнений очевидна, в том числе и с использованием биопрепаратов, в состав которых входят жизнеспособные клетки углеводородокисляющих микроорганизмов и их бактериальные ассоциации [6]. Целью наших исследований являлось обоснование трансформации основных агрохимических и микробиологических параметров светло-каштановой почвы в посевах томата при нефтяном загрязнении почв юга-востока России.

Материалы и методы

Полевые эксперименты проводились с 2013 по 2020 г. в условиях полевых стационарных опытов при возделывании овощной культуры томат сорта Геркулес в качестве биотеста и с использованием регулятора роста Биодукс.

Почвы опытных участков – светло-каштановые тяжелосуглинистые, загрязненные нефтью. Делянки полевых опытов представляли собой бездонные ящики, заделанные в почву на глубину 0,30 м. Площадь делянок 0,50 м², повторность опыта 4-кратная. Почва была искусственно загрязнена товарной нефтью заливкой делянок с поверхности из расчета 1; 5; 10 % от массы почвы. Посев семян томата производили через 5 суток после внесения загрязнителя в почву.

Варианты опыта: 1) контроль (фоновая почва); 2) обработка семян и растений томата регулятором роста; 3) загрязненная нефтью почва в различных концентрациях (1; 5; 10 %); 4) обработка семян и растений регулятором роста + загрязнение почвы нефтью (1; 5; 10 %).

Норма применения препарата Биодукс при замачивании семян на 60 минут – 0,2 мл/кг (расход рабочей жидкости – 2л/кг), при опрыскивании в фазе начала бутонизации – 3 мл/га и 400 л/га, соответственно [2; 6]. Биодукс является препаратом для предпосевной и вегетационной обработок сельскохозяйственных культур на основе комплекса биологически активных полиненасыщенных жирных кислот гриба *Mortierella alpina*.

Агрохимические анализы почв были выполнены общепринятыми методами: содержание гумуса и органического вещества по методу И.В.Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91; рН солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26483-83; содержание подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 26207-91), общего азота (ГОСТ 26107-84). Для общей характеристики почв проводился анализ водной вытяжки в соотношении почва-вода 1:5. Было определено содержание катионов – Са, Mg, Na и анионов – Cl, SO₄, HCO₃.

Для выявления общего количества микроорганизмов, усваивающих органические формы азота, использовали мясо-пептонный агар (МПА), минеральные формы азота – крахмало-аммиачный агар (КАА), микроскопических грибов – среду Чапека. На МПА подсчитывали колонии бактерий, на средах КАА и Чапека – колонии бактерий, грибов и актиномицетов. Посевом почвы на поверхность пластины агара методом комочков оп-

ределяли целлюлозоразлагающие бактерии на среде Гетчинсона.

Статистическая обработка результатов анализов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программ для Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Многочисленные исследования показывают крайне негативное влияние нефтяного загрязнения почвы на рост и развитие культурных растений из различных ботанических семейств. При этом основными факторами являются токсическое действие углеводородов нефти и изменение физико-химических свойств почвы. Рост гидрофобности и другие изменения физических свойств почвы обусловлены тяжелыми фракциями углеводородов, а прямой токсический эффект определяется легкими фракциями углеводородов нефти. Кроме того, обволакивание нефтью почвенных частиц препятствует миграции подвижных форм фосфора, азота, калия и других незаменимых элементов в раствор и тем самым может вызвать угнетение растений за счет недостатка элементов питания. Растения в процессе своей жизнедеятельности входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населяющими почву.

Проведенные нами исследования показали, что в процессе загрязнения почвы нефтепродуктами наблюдалось в значительной степени колебание реакция почвенной среды. Данные о влиянии нефтяного загрязнения на

изменение состава почвы в слое 0,0–0,3 м в среднем за годы исследований представлены в таблице 1.

Установлено, что с возрастанием степени нефтезагрязнения почвы прослеживалась тенденция к подщелачиванию почв исследуемого участка и снижению уровня гидролитической кислотности с 6,1 в незагрязненной почве до 8,4 при нефтезагрязнении почвы в 10 %-ной концентрации. Отмечается, что обработка семян и вегетирующих растений томата регулятором роста Биодукс способствовала незначительному повышению значения рН – 6,4 % на фоновой почве без загрязнения и снижению значения рН на 0,4 % при максимальной концентрации нефтезагрязнения. Уменьшение кислотности и появление щелочности было связано с заменой ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе на ионы натрия, доля которого на загрязненных нефтью почвах резко возрастала на 0,486 % от массы почвы (100 г) относительно варианта с незагрязненной почвой.

В годы исследований отмечалось возрастание в почве исследуемых участков соотношения между количеством углерода и азота, наблюдалось увеличение доли нерастворимого осадка в гумусе, что уменьшало стойкость почвенно-поглощающего комплекса к неблагоприятным внешним воздействиям и приводило к снижению плодородия почвы (см. табл. 2).

В результате исследований установлено, что в составе гумуса загрязненных нефтью почв замедлялись процессы минерализации

Таблица 1

Влияние нефтяного загрязнения на изменение состава почвы в слое 0,0–0,3 м, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	рН	Сумма ионов	% от массы почвы (100 г)					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Контроль (фоновая почва)	6,1	0,124	0,018	0,004	0,016	0,043	0,018	0,025
Биодукс	6,4	0,131	0,019	0,003	0,017	0,044	0,017	0,031
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	7,5	0,392	0,015	0,003	0,145	0,052	0,134	0,043
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	7,9	0,697	0,013	0,002	0,305	0,061	0,258	0,058
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	8,4	1,308	0,010	0,001	0,567	0,089	0,565	0,076
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	7,2	0,351	0,016	0,003	0,131	0,050	0,112	0,039
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	7,7	0,617	0,014	0,002	0,275	0,059	0,217	0,050
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	8,0	1,161	0,012	0,001	0,502	0,081	0,498	0,067

органического вещества, что сказывалось на азотном режиме почвы и в конечном итоге на росте и продуктивности растений.

Изучение содержания минеральных форм азота в почве показало, что под действием нефтезагрязнения количество катионов аммония ($N-NH_4^+$) снижалось более чем в два раза – с 3,7 мг/кг почвы на контрольном варианте до 1,8 мг/кг при 10 %-ном загрязнении почвы нефтепродуктами. При использовании препарата Биодукс на загрязненной почве отмечалось незначительное повышение этого показателя относительно значений на варианте с загрязненной почвой.

Однако при уровне нефтезагрязнения почвы в концентрации 1 % наблюдалось возрастание в почве количества нитратной формы азота ($N-NO_3^-$) в среднем по годам исследований на 37,5 % по отношению к незагрязненной почве. При 5 %-ном загрязнении отмечалось снижение до 2,9 мг/кг воздушно-сухой почвы, а при 10 %-ном загрязнении нитратная форма вообще не была обнаружена.

Установлено, что нефтезагрязнение почвы в посевах томата приводило к нарушению питания растений основными макро- и микроэлементами. Так, в контрольных образцах почвы содержание азота, фосфора и калия было несколько ниже, чем на загрязненных участках. Объясняется это выносом микроэлементов растениями, возделываемыми на иссле-

дуемых почвах. На загрязненных участках не наблюдался вынос минеральных веществ из почвы, поскольку, по нашему мнению, загрязнение почвы нефтепродуктами действовало угнетающе на рост и развитие растений томата. Таким образом, на нефтезагрязненных почвах наблюдалось повышение показателей содержания общего азота, подвижных форм фосфора и калия.

Особое значение в освобождении почв от нефтепродуктов, как известно, принадлежит почвенной микрофлоре. Изменение видового состава некоторых групп микроорганизмов обнаруживает более определенную связь со степенью нефтяного загрязнения. При высокой степени нефтяного загрязнения может произойти полное подавление роста и развития микроорганизмов.

Проведенные исследования показали, что внесение нефтепродуктов в почву в концентрации 1 и 5 % стимулировало развитие практически всех исследованных групп почвенных микроорганизмов, за исключением целлюлозоразрушающих (см. табл. 3).

В почве проходили многосторонние реакции, связанные с превращением азота. Цикл превращений азотсодержащих соединений в почве имел непосредственное отношение с развитием и биохимической деятельностью аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и азотфиксирующих микроорганизмов. Количество микроорганизмов,

Таблица 2

Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические свойства почвы в слое 0,0–0,3 м, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	Углерод	Азот	Органическое вещество	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	P_2O_5	K_2O
	%			мг/кг воздушно-сухой почвы			
Контроль (фоновая почва)	1,71	0,10	2,04	27,5	3,7	85	363
Биодукс	1,68	0,10	2,06	28,0	3,6	84	361
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	1,81	0,12	1,89	37,8	2,7	89	426
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	1,89	0,13	1,61	2,9	2,3	92	495
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	2,34	0,13	1,43	не обнаружено	1,8	96	543
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	1,76	0,12	1,90	34,7	2,9	88	398
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	1,82	0,13	1,65	3,2	2,4	90	445
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	2,23	0,13	1,45	1,7	2,0	93	486

которые использовали органические формы азота (на МПА), было первоначально (через 3 суток) ниже, чем на контроле. Однако уже через 1 месяц численность восстанавливалась и по истечении 3 месяцев она превосходила значения в контрольных вариантах. Подобного рода картина отмечалась при исследовании влияния нефтезагрязнения на количественный состав микроорганизмов, которые способны использовать минеральные формы азота (на КАА), и через 1 год количество этих групп микроорганизмов в загрязненной почве была выше, чем в фоновых почвах.

Грибы, как стало известно, проявили себя самыми устойчивыми к нефтяному загрязнению почвы микроорганизмами. Обработка семян и растений томата регулятором роста практически не оказывала влияние на их численность. Внесение 1 % нефти в почву увеличивало содержание грибов на 1,1 %, при внесении 10 % нефти численность грибов повышалась в 1,5 раза. Обработка семян и растений томата регулятором роста на загрязненной почве несколько снижала дальнейшее возрастание количества сапрофитных грибов в почве. Это было связано с тем, что повышение численности грибных зачатков коррелировало с усилением спорообразования в присутствии высоких концентраций нефти, превосходя по количеству микроорганизмы на фоновых почвах.

Высокий уровень загрязнения нефтяными углеводородами ингибировал численность и видовой состав микроорганизмов, обедняя комплексы почвенных актиномицетов. Численность актиномицетов в почве в соответствующем количестве является показателем степени ее загрязнения нефтью и может быть использована для биологического мониторинга.

Обработка семян биопрепаратом оказала неоднозначное влияние на численность микроорганизмов различных физиологических групп, в том числе и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Их численность повышалась при обработке посевов биопрепаратом, что свидетельствовало об интенсификации процессов разложения клетчатки и, соответственно, улучшении углеводного питания растений под влиянием метаболитов эндомикоризного гриба, входящего в состав биопрепарата.

В ходе проведенных исследований обнаружена определенная взаимосвязь между микробным потенциалом и токсичностью загрязненных нефтью почв. При этом было отмечено снижение темпов роста и развития растений томата или их гибели под влиянием антропогенного загрязнения почвы нефтью за счет нарушения поступления элементов питания, водных ресурсов и поступления кислорода.

Таблица 3

Влияние нефтяного загрязнения на численность и состав почвенной микрофлоры в посевах томата, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	Микроорганизмы, растущие на МПА	Микроорганизмы, растущие на КАА	Грибы на среде Чапека	Актиномицеты	Целлюлозоразрушающие микроорганизмы
	млн, г почвы		тыс., г почвы		
Контроль (фоновая почва)	3,6	2,3	2,1	325,4	0,48
Биодукс	3,9	2,6	2,2	386,7	0,52
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	4,1	2,8	2,4	452,6	0,40
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	4,5	3,2	2,7	375,3	0,36
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	4,9	3,5	3,1	256,3	0,31
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	4,3	3,0	2,3	412,5	0,44
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	4,8	3,5	2,5	331,2	0,39
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	5,2	4,1	2,8	297,2	0,35
НСР _{0,5}	0,12	0,2	0,14	28,6	0,03

Заключение

Результаты исследования показали, что изменение агрохимических свойств светло-каштановых почв Нижнего Поволжья коррелирует со степенью загрязнения; при нефтезагрязнении почвы в 10 %-ной концентрации отмечается наибольшее неблагоприятное воздействие на процессы минерализации органического вещества, а также численность и состав почвенной микробиоты в посевах томата. Нефтепродукты при попадании в почву приводили к изменению ее биологической активности, негативно влияли на рост, развитие и, в итоге, на урожайность овощной культуры. Под влиянием исследуемого препарата Биодукс при использовании его для предпосевной и вегетационной обработки отмечалось формирование у растений томата устойчивости к стрессовым условиям произрастания культуры в Нижневолжском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булуктаев, А. А. Фитотоксичность и ферментативная активность почв Калмыкии при нефтяном загрязнении / А. А. Булуктаев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 147–156.
2. Винтер, М. В. Отходы производства биодизельного топлива как субстрат для культивирования грибов *Mortierella alpina* / М. В. Винтер, Э. Г. Дедюхина, А. Ю. Крыницкая // Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т. 26, № 9. – С. 83–87.
3. Влияние нефтяного загрязнения на растения в условиях пониженной влажности / Е. В. Дубровская, Н. Н. Позднякова, А. Ю. Муратова [и др.] // Экобиотех. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 391–401.
4. Заикина, В. Н. Пути трансформации нефтепродуктов в светло-каштановых почвах / В. Н. Заикина, Н. Г. Кастерина, А. А. Околелова // Научный альманах. – 2015. – № 8 (10). – С. 1193–1197.
5. Иванцова, Е. А. Устойчивое развитие агроэкосистем / Е. А. Иванцова, А. А. Матвеева, Ю. С. Половинкина // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград, 2014. – С. 27–30.
6. Рамазанов, Р. Р. Безопасное решение проблем агроценозов / Р. Р. Рамазанов, Д. Ю. Назаренко, В. Г. Пожарский // Защита и карантин растений. – 2017. – № 4. – С. 7–8.
7. Спивакова, Н. А. Устойчивость почв сухих степей и полупустынь юга России к химическому

загрязнению / Н. А. Спивакова, С. И. Колесников // Биологическая диагностика экологического состояния почв юга России. – Ростов н/Д: Эверест, 2010. – С. 213–231.

8. Шаркова, С. Ю. Изменение химических характеристик почвы под действием нефтезагрязнения / С. Ю. Шаркова // Известия ПГПУ им. В.Г. Беллинского. – 2011. – № 25. – С. 610–613.

9. Features of Southern Russian Soils Polluted by Heavy Metals / E. V. Kalmykova, N. Y. Petrov, A. F. Tumanyan, O. V. Kalmykova // Chem Technol Fuels Oils. – 2020. – № 56. – P. 73–79.

10. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drop irrigation with electrochemically activated water in light-chestnut soils of the lower Volga region / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. – 2015. – Book 5, Vol. 1. – P. 1055–1062.

REFERENCES

1. Buluktaev A.A. Fitotoksichnost i fermentativnaya aktivnost pochv Kalmykii pri neftyanom zagryaznenii [Phytotoxicity and Enzymatic Activity of Soils of Kalmykia Under Oil Pollution]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2017, vol. 12, no. 4, pp. 147-156.
2. Winter M.V., Dedyukhina E.G., Krynitskaya A.Yu. Otkhody proizvodstva biodizelnogo topliva kak substrat dlya kultivirovaniya gribov *Mortierella alpina* [Biodiesel Production Waste as a Substrate for the Cultivation of *Mortierella alpina* fungi]. *Butlerovskie soobshcheniya* [Butlerov messages], 2011, vol. 26, no. 9, pp. 83-87.
3. Dubrovskaya E.V., Pozdnyakova N.N., Muratova A.Yu., et al. Vliyanie neftyanogo zagryazneniya na rasteniya v usloviyakh ponizhennoi vlazhnosti [Effect of Oil Pollution on Plants Under Conditions of Low Humidity]. *Ekobiotech* [Ecobiotech], 2019, vol. 2, no. 3, pp. 391-401.
4. Zaikina V.N., Kasterina N.G., Okolelova A.A. Puti transformatsyi nefteproduktov v svetlo-kashtanovykh pochvakh [Ways of Transformation of Oil Products in Light Chestnut Soils]. *Nauchnyi almanakh* [Scientific Almanac], 2015, no. 8 (10), pp. 1193-1197.
5. Ivantsova E.A., Matveeva A.A., Polovinkina Yu.S. Ustoichivoe razvitie agroekosistem [Sustainable Development of the Agroecosystem]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: istoriya i sovremennost: materialy vserossuisknoi nauchno-prakticheskoi konferentsyi*. Volgograd, 2014, pp. 27-30.
6. Ramazanov R.R., Nazarenko D.Yu., Pozharsky V.G. Bezopasnoe reshenie problem

agrotsenozov [Safe Solution of Problems of Agroecosystems]. *Zashchita i karantin rastenii* [Protection and Quarantine of Plants], 2017, no. 4, pp. 7-8.

7. Spivakova N.A., Kolesnikov S.I. Ustoichivost pochv sukhikh stepei i polupustyn yuga Rossii k khimicheskomu zagriazneniyu [Resistance of Soils of Dry Steppes and Semi-deserts of the South of Russia to Chemical Pollution]. *Biologicheskaya diagnostika ekologicheskogo sostoyaniya pochv yuga Rossii* [Biological Diagnostics of the Ecological State of Soils in the South of Russia]. Rostov-on-Don, Everest Publ., 2010, pp. 213-231.

8. Sharkova S. Yu. Izmenenie khimicheskikh kharakteristik pochvy pod deistviem neftezagriazneniya [Changes in the Chemical Characteristics of the Soil

Under the Influence of Oil Pollution]. *Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo* [Proceedings of the State Pedagogical University im. V.G. Belinsky], 2011, no. 25, pp. 610-613.

9. Kalmykova E.V., Petrov, N.Y., Tumanyan, A.F., Kalmykova, O.V. Features of Southern Russian Soils Polluted by Heavy Metals. *Chem Technol Fuels Oil*, 2020, no. 56, pp. 73-79.

10. Semenenko S., Borodychev V., Ivantsova E., Lytov M. Yielding Capacity and Quality of Tomato Fruits at Drop Irrigation With Electrochemically Activated Water in Light-chestnut Soils of the Lower Volga Region. *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015*, 2015, book 5, vol. 1, pp. 1055-1062.

Information About the Authors

Elena V. Kalmykova, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Irrigation Melioration Department, Irrigation Technology Modeling Laboratory, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Timiryazev St, 9, 400002 Volgograd, Russian Federation, kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova.volgu@mail.ru

Nikolay Yu. Petrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University, Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation, technolog_16@mail.ru

Olga V. Kalmykova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University, Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation, lelya.kalm.90@mail.ru

Информация об авторах

Елена Владимировна Калмыкова, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, отдел оросительных мелиораций, лаборатория моделирования технологий орошения, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, ул. им. Тимирязева, 9, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivantsova.volgu@mail.ru

Николай Юрьевич Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, technolog_16@mail.ru

Ольга Владимировна Калмыкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, lelya.kalm.90@mail.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.2>

UDC 582.284

LBC 28.591

BIODIVERSITY OF WOOD-DESTROYING FUNGI IN URBAN PARKS OF VOLGOGRAD

Veronika M. Ermolaeva

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Svetlana V. Kolmukidi

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Green spaces of the city play an important role in shaping the urban environment, participating in the regulation of the gas composition of the atmosphere, reducing its pollution, protecting it from the wind, and generally providing a microclimate that is favorable for humans. One of the main groups of diseases in urban plantations is lesions caused by wood-destroying fungi. The distribution of xylophiles in urban conditions is associated with the peculiarity of the age structure of different types of urban plantations. Parasitic xylophiles mainly infect middle-aged trees. The life expectancy of trees is affected by the degree and duration of anthropogenic load. This explains the highest level of development of xylophiles in parks, squares, boulevards, where trees reach a significant age than in plantations along highways with heavy traffic or near industrial enterprises. Green plantings of the city of Volgograd, which is a large industrial center, are subject to various diseases to a large extent compared to plants living in natural biocenoses. Due to the high anthropogenic load in urban parks, populations of xylophilic fungi can reach high numbers, which can lead to detrimental consequences. Basidial xylophiles show a selective attitude towards the type of substrate. The smallest number of species develops on stumps and dead wood, more on deadwood and live trees. The nature of the relationship between the identified fungal species and the substrates on which they develop is also important. Based on their trophic specialization and mode of feeding, the xylophilic species found can be classified as saprotrophs and parasites. In the course of the study, route, microscopic and photographic methods were used. 33 species of xylophilic fungi were found.

Key words: mycobiota, xylophiles, wood-destroying fungi, fruiting body, trophic specialization, parasitic fungi.

Citation. Ermolaeva V.M., Kolmukidi S.V. Biodiversity of Wood-Destroying Fungi in Urban Parks of Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 13-22. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.2>

УДК 582.284

БКК 28.591

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ ГОРОДСКИХ ПАРКОВ ВОЛГОГРАДА

Вероника Максимовна Ермолаева

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Светлана Валерьевна Колмукиди

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Зеленые насаждения города играют важную роль в формировании городской среды, участвуя в регуляции газового состава атмосферы, снижении уровня ее загрязнения, защите от ветра, в целом обеспечивая благоприятный для человека микроклимат. Одной из основных групп болезней в городских насаждениях являются поражения, вызываемые дереворазрушающими грибами. Распространение ксилот-

рофов в городских условиях связано с особенностью возрастной структуры разных типов городских насаждений. Паразитические ксилотрофы в основном заражают деревья среднего возраста. На продолжительность жизни деревьев влияет степень и длительность антропогенной нагрузки. Этим объясняется наиболее высокий уровень развития ксилотрофов в парках, скверах, на бульварах, где деревья достигают значительного возраста, чем в насаждениях вдоль трасс с интенсивным движением или вблизи промышленных предприятий. Городские посадки г. Волгограда, являющегося крупным промышленным центром, подвержены различным заболеваниям в значительной степени по сравнению с растениями, обитающими в естественных биоценозах. Из-за высокой антропогенной нагрузки в городских парках популяции ксилотрофных грибов могут достигать высокой численности, что ведет к пагубным последствиям. Базидиальные ксилотрофы проявляют избирательное отношение к типу субстрата. Наименьшее число видов развивается на пнях и сухостое, больше на валежнике и живых деревьях. Немаловажен характер взаимоотношения выявленных видов грибов с субстратами, на которых они развиваются. Найденные виды ксилотрофов по трофической специализации и способу питания могут быть отнесены к сапротрофам и паразитам. В ходе исследования использовались маршрутные, микроскопические и фотографические методы. Было обнаружено 33 вида ксилотрофных грибов.

Ключевые слова: микобиота, ксилотрофы, дереворазрушающие грибы, плодовое тело, трофическая специализация, грибы-паразиты.

Цитирование. Ермолаева В. М., Колмукиди С. В. Биоразнообразии дереворазрушающих грибов городских парков Волгограда // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 13–22. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.2>

Введение

Поражения, вызываемые дереворазрушающими грибами-ксилотрофами, являются одной из основных групп болезней в городских насаждениях. Зеленые зоны исследуемой территории не являются исключением. Искусственные насаждения занимают общую площадь около 1 300 га, не только снижают загрязнение воздуха поллютантами, осуществляют декоративную, защитную (от шума, ветров и др.) и лесомелиоративную функции, но и способствуют созданию оптимальных условий для комфортного проживания жителей города [5; 8; 9]. Различные насаждения г. Волгограда искусственного и естественного происхождения постоянно подвергаются влиянию разного рода неблагоприятных факторов (атмосферная засуха, недостаток почвенной влаги и др.), что в значительной степени их ослабляет [2; 8]. Растения городских парков высоко восприимчивы к различным болезням по сравнению с видами, обитающими в естественных биоценозах [13; 15; 16].

Объект исследования – трутовые грибы, обитающие на древесно-кустарниковой растительности городских парков Волгограда. Возраст насаждений различный, от 20–50 лет, а состав посадок представлен основными видами деревьев, характерными для природной

зоны с аридным климатом (*Ulmus pumila* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Populus nigra* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Salix alba* L., *Robinia pseudoacacia* L., и др.).

Цель работы – изучение и оценка видового состава трутовых грибов, что поможет в дальнейших исследованиях спрогнозировать и выявить виды-индикаторы санитарного состояния посадок, грамотно осуществить подбор состава видов деревьев и кустарников, толерантных к дендротрофным грибам. Наши исследования продолжают начатые ранее учеными нашей кафедры, и проводились в семи районах Волгограда [2; 8].

Материал и методы исследования

Исследование разнообразия ксилотрофных грибов проводилось разными методами на протяжении 2019–2021 годов.

Маршрутный метод: протяженность каждого маршрута на исследуемых участках составляла 10 км. При сборе грибов на первичной этикетке указывался вид, краткая характеристика питающего субстрата, дата сбора и местонахождение. Микроскопический метод: идентификация образцов осуществлялась на кафедре биологии ВолГУ с использованием микроскопов стереоскопического – Микромед МС-1 (ООО «Наблюдательные приборы», Россия) и бинокулярного – Микмед-5

(АО «ЛОМО», Россия) и цифровой камеры Levenhuk C510 NG (ОАО «Левенгук», Россия), программы TourView (для измерения спор). Весь собранный материал был определен с помощью работ российских и зарубежных микологов [3; 4; 6; 10; 14]. Фотографический метод: видео- и фотосъемка осуществлялась фотоаппаратом Nikon D300s Body (Nikon, Япония).

Результаты и их обсуждение

Анализ образцов показал, что обнаружено 33 вида трутовых грибов, которые относятся к 29 родам, 19 семействам и 7 порядкам (табл. 1).

Таким образом, в результате таксономического анализа, полученного в ходе исследований материала в лаборатории кафедры биологии и биоинженерии ВолГУ, было идентифицировано 33 вида грибов. Преобладающим по числу видов является порядок *Polyporales* (6 видов) (см. рис. 1).

Найденные грибы были отмечены на валежных ветвях, стволах и живых ослабленных деревьях *Populus nigra* L. (7 видов), *Salix alba* L. (5), *Fraxinus lanceolata* Borkh. (2), *Ulmus laevis* L. (2), *Acer negundo* L. (2), *Quercus robur* L. (2), *Robinia pseudoacacia* L. (1), *Betula pendula* Roth. (1), *Ulmus pumila* L. (1), *Cotinus coggygria* Scop. (1), *Populus alba* L. (1), *Prunus cerasus* L. (1), *Fraxinus excelsior* L. (1),

Таблица 1

Систематический список видов ксилотрофных грибов парков Волгограда

ОТДЕЛ <i>BASIDIOMYCOTA</i>	
КЛАСС <i>AGARICOMYCETES</i>	
ПОРЯДОК <i>AGARICALES</i>	
Семейство <i>Physalacriaceae</i>	<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer
Семейство <i>Fistulinaceae</i>	<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.) With.
Семейство <i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.
Семейство <i>Pluteaceae</i>	<i>Volvariella bombycina</i> (Schaeff.) Singer
Семейство <i>Psathyrellaceae</i>	<i>Coprinellus micaceus</i> (Bull.) Vilgalys, Hopple et Jacq. Johnson
Семейство <i>Schizophyllaceae</i>	<i>Schizophyllum amplum</i> (Lév.) Nakasone, <i>Schizophyllum commune</i> Fr.
Семейство <i>Strophariaceae</i>	<i>Pholiota populnea</i> (Pers.) Kuypere. Tjall.-Beuk.
ПОРЯДОК <i>AURICULARIALES</i>	
Семейство <i>Auriculariaceae</i>	<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.) Pers.
Семейство <i>Coniophoraceae</i>	<i>Coniophora puteana</i> (Schumach.) P. Karst.
ПОРЯДОК <i>HYMENOGASTRALES</i>	
Семейство <i>Hymenochaetaceae</i>	<i>Phellinus igniarius</i> (L.) Quél., <i>Phellinus pomaceus</i> (Pers.) Maire, <i>Inonotus hispidus</i> (Bull.) P. Karst.
Семейство <i>Schizoporaceae</i>	<i>Lyomyces sambuci</i> (Pers.) P. Karst. [<i>Xylodon sambuci</i> (Pers.) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin], <i>Lyomyces juniperi</i> (Bourdot & Galzin) Riebesehl & Langer, <i>Trichaptum biforme</i> (Fr.) Ryvarden
ПОРЯДОК <i>POLYPORALES</i>	
Семейство <i>Fomitopsidaceae</i>	<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst., <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill
Семейство <i>Ganodermataceae</i>	<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat., <i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.
Семейство <i>Meruliaceae</i>	<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst., <i>Sarcodontia spumea</i> (Sowerby) Spirin, <i>Steccherinum ochraceum</i> Fr.
Семейство <i>Phanerochaetaceae</i>	<i>Ceriporia purpurea</i> (Fr.) Donk., <i>Porostereum spadiceum</i> (Pers.) Hjortstam et Ryvarden
Семейство <i>Polyporaceae</i>	<i>Cellulariella warnieri</i> (Durieu et Mont.) Zmitr. et Malysheva [<i>Lenzites warnieri</i> Durieu et Mont.], <i>Ceriporus squamosus</i> (Huds.) Quél. [<i>Polyporus squamosus</i> (Huds.) Fr.], <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr., <i>Lentinus tigrinus</i> (Bull.) Fr., <i>Pilatotrampa ljubarskyi</i> (Pilát) Zmitrovich [<i>Trametes ljubarskyi</i> Pilát, Bull], <i>Trametes trogii</i> Berk.
ПОРЯДОК <i>TRECHISPORALES</i>	
Семейство <i>Hydnodontaceae</i>	<i>Trechispora alnicola</i> (Bourdot et Galzin.) Liberta
КЛАСС <i>TREMELLOMYCETES</i>	
ПОРЯДОК <i>TREMELLALES</i>	
Семейство <i>Tremellaceae</i>	<i>Tremella mesenterica</i> (Retz.)

Примечание. Составлено авторами.

Syringa vulgaris L. (1). Был проведен анализ приуроченности выявленных нами трутовых грибов к видам деревьев, результаты представлены в таблице 2.

Проведенный нами анализ условий местообитания ксилотрофной микобиоты насаждений показал, что она в большой степени представлена грибами-мезофилами (24 вида), эта группа грибов обитает в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением биотопа. Второе место по численности занимают ксерофилы (7), что отражено в таблице 3. Данная картина характерна для региона, находящегося в зоне степей и полупустынь [2; 11].

При изучении ксилотрофов немаловажен характер взаимоотношения выявленных видов

грибов с субстратами, на которых они развиваются [1]. Мы ранжировали видовое разнообразие обнаруженных макромицетов по типу питающего субстрата [3; 7]. Из таблицы 4 видно, что большая часть грибов, найденных на территориях парков г. Волгограда, представлена сапротрофами (**Le** – 15 видов и **Ls** – 7 видов) и факультативными сапротрофами (**Ps** – 7 видов). Характер распределения грибов по пищевой специализации имеет более или менее выраженную тенденцию к нормальному распределению [3; 12; 17].

Наибольшая представленность видов трутовых грибов – в посадках Центрального – 24, Тракторозаводского – 9, Кировского – 6 и Дзержинского – 5, во всех остальных районах найдено по 3–4 вида.



Рис. 1. Виды трутовых грибов, встречающиеся в городских парках Волгограда

A – *Fomes fomentarius* (L.) Fr., ул. Аллея Героев; B – *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, Центральный парк культуры и отдыха, ул. Батальонная; C – *Cellulariella warnieri* (Durieu et Mont.) Zmitr. et Malysheva [≡ *Lenzites warnieri* Durieu et Mont.], Парк им. Юрия Гагарина; D – *Cerioporus squamosus* (Huds.) Quél., ул. Аллея Героев; E – *Lentinus tigrinus* (Bull.) Fr., Историко-мемориальный комплекс «Мамаев Курган»; F – *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, Дзержинский р-н, парк «Русь»

Таблица 2

Приуроченность ксилотрофных грибов к виду растения

Вид дерева	Вид гриба, обитающий на растении
<i>Acer negundo</i>	<i>Fomes fomentarius, Sarcodontia spumea</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Ceriporia purpurea</i>
<i>Cotinus coggygria</i>	<i>Inonotus hispidus</i>
<i>Fraxinus lanceolata</i>	<i>Auricularia mesenterica, Cellulariella warnieri</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Trechispora alnicola</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Cellulariella warnieri, Cerioporus squamosus, Ganoderma applanatum, Laetiporus sulphureus, Pholiota populnea, Sarcodontia spumea, Volvariella bombycine</i>
<i>Populus alba</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>
<i>Prunus cerasus</i>	<i>Porostereum spadiceum</i>
<i>Quercus robur</i>	<i>Fistulina hepatica, Ganoderma lucidum</i>
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Coprinellus micaceus</i>
<i>Salix alba</i>	<i>Cerioporus squamosus, Fomes fomentarius, Phellinus igniarius, Pholiota populnea, Schizophyllum amplum</i>
<i>Syringa vulgaris</i>	<i>Trichaptum biforme</i>
<i>Ulmus laevis</i>	<i>Fomes fomentarius, Pleurotus ostreatus</i>
<i>Ulmus pumila</i>	<i>Fomes fomentarius</i>

Примечание. Составлено авторами.

Таблица 3

Экологические группы грибов по отношению к влаге

Группа	Вид гриба
Мезофиллы	<i>Auricularia mesenterica, Bjerkandera adusta, Cellulariella warnieri, Cerioporus squamosus, Coniophora puteana, Coprinellus micaceus, Fistulina hepatica, Flammulina velutipes, Fomitopsis pinicola, Inonotus hispidus, Laetiporus sulphureus, Lentinus tigrinus, Lyomeces juniperi, Lyomeces sambuci, Phellinus igniarius, Phellinus pomaceus, Pholiota populnea, Pleurotus ostreatus, Sarcodontia spumea, Schizophyllum amplum, Steccherinum ochraceum, Trametes trogii, Tremellales mesenterica, Volvariella bombycina</i>
Ксерофилы	<i>Fomes fomentarius, Ganoderma applanatum, Ganoderma lucidum, Pilatotrampa ljubarskyi, Porostereum spadiceum, Schizophyllum commune, Trichaptum biforme</i>
Гигрофилы	<i>Ceriporia purpurea, Trechispora alnicola</i>

Примечание. Составлено авторами.

Таблица 4

Принадлежность макромицетов к трофической группе

Пищевая специализация	Вид гриба
Паразиты Pt – патогены, поселяющиеся на живых стволах и корнях, постепенно отмирающие после гибели дерева	<i>Pholiota populnea, Laetiporus sulphureus, Sarcodontia spumea</i>
Ps – факультативные сапротрофы, начинают свое развитие на живых деревьях и сохраняют жизнеспособность после гибели дерева	<i>Fistulina hepatica, Volvariella bombycina, Phellinus igniarius, Inonotus hispidus, Trichaptum biforme, Cerioporus squamosus, Fomes fomentarius</i>
Сапротрофы Le – сапротрофы на валежной древесине	<i>Coniophora puteana, Lyomeces sambuci, Fomitopsis pinicola, Bjerkandera adusta, Steccherinum ochraceum, Ceriporia purpurea, Pilatotrampa ljubarskyi, Tremella mesenterica, Flammulina velutipes, Auricularia mesenterica, Porostereum spadiceum, Cellulariella warnieri, Lentinus tigrinus, Lyomeces juniperi, Phellinus pomaceus</i>
Ls – сапротрофы на сухостойной древесине	<i>Pleurotus ostreatus, Schizophyllum amplum, Schizophyllum commune, Ganoderma applanatum, Ganoderma lucidum, Trametes trogii, Trechispora alnicola</i>
St – подстилочные сапротрофы	<i>Coprinellus micaceus</i>

Примечание. Составлено авторами. О классификации грибов по трофической и экологической структурам, а также определения этих групп см.: [3; 7].

Нами отмечено, что выявленные грибы-паразиты обитают на ослабленных и сильно ослабленных деревьях, поэтому по наличию плодовых тел этих грибов можно определить состояние городских посадок в целом [1].

Аннотированный список ксилотрофных грибов выявленных на территории г. Волгограда дереворазрушающих грибов приводится в алфавитном порядке. Названия питающих растений приведены в соответствии с определителем растений on-line (www.plantarium.ru), а названия грибных таксонов – с международной базой данных «Index Fungorum» по состоянию на март 2021 года. В скобках указан наиболее часто употребляемый ранее синоним. Была использована шкала встречаемости: 1 – единичная находка (далее – ед. н.); 2–5 находок – редко; 6–10 находок – нередко; 11–25 находок – часто; > 25 находок – регулярно.

Принятые сокращения в статье: Историко-мемориальный комплекс «Мамаев Курган» – «Мамаев Курган», территория – тер., поселок – пос., лиственное дерево – л. д., улица – ул.

Аннотированный список выявленных видов ксилотрофных грибов

1. *Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers. – Тракторозаводский р-н, Комсомольский парк, на пне и валежных ветвях *Fraxinus lanceolata*, 20.IX 2019 г., Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежных остатках л. д., 11.IX 2021 г., нередко, собр. Н.С. Курагина, В.М. Ермолаева.

2. *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежной ветви л. д., ед. н., собр. Н.С. Курагина, VOLSU 113.

3. *Cellulariella warnieri* (Durieu et Mont.) Zmitr. et Malysheva [≡ *Lenzites warnieri* Durieu et Mont.] – Центральный р-н, парк Победы; Краснооктябрьский р-н, Парк им. Юрия Гагарина, на пне и стволах *Populus nigra* и *Fraxinus lanceolata*, 15.II 2019 г., Комсомольский сад, на пне л. д., 14.XI 2021 г., нередко, собр. Н.С. Курагина, М.Ю. Степанов, VOLSU 1235.

4. *Ceriporia purpurea* (Fr.) Donk. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежной

ветви *Betula pendula*, 10.IX 2019 г., ед. н., собр. Н.С. Курагина.

5. *Ceriporus squamosus* (Huds.) Qué. [≡ *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr.] – Центральный р-н, Парк Дружбы: Баку – Волгоград; Краснооктябрьский р-н, Парк им. 70-летия Победы, в комлевой части ослабленного ствола *Salix alba*, на пне и сухостое *Populus nigra*, 9.V 2019 г., Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежных остатках л. д., 11.IX 2021 г., редко, собр. В.М. Ермолаева, Э.А. Шугаева.

6. *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежной ветви л. д., 03.X 2019 г., ед. н., опр. В.М. Коткова, VOLSU 839.

7. *Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hoppa et Jacq. Johnson – Краснооктябрьский р-н, Парк им. 70-летия Победы; Дзержинский р-н, парк «Русь», на *Robinia pseudoacacia*, 21.IX 2019 г., нередко, собр. Н.С. Курагина, VOLSU 76.

8. *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With. – Кировский р-н, Григорова балка, в комлевой части *Quercus robur*, 10.X 2019 г., ед. н., собр. И.М. Пристрем.

9. *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежных остатках л. д., 18.XI 2021 г., ед. н., собр. Э.А. Шугаева.

10. *Fomes fomentarius* (L.) Fr. – Ворошиловский р-н, Парк им. Саши Филиппова; Центральный р-н, Парк Дружбы: Баку – Волгоград; Дзержинский р-н, парк «Русь», на ослабленных стволах *Salix alba* и *Populus* sp., на пне *Ulmus laevis*, 21.IX 2019 г., Тракторозаводский р-н, на сухостойном стволе *Acer negundo*, 17.X 2021 г., Центральный р-н, «Мамаев Курган» на валежных остатках л. д., 11.IX 2021 г., Комсомольский парк, на сухостойном стволе *Ulmus pumila*, 02.X 2021 г., просп. им. Ленина, 27, на валежных остатках л. д., 09.X 2021 г., часто, собр. Е.Д. Веселовская, М.Ю. Степанов, В.М. Ермолаева, Э.А. Шугаева, VOLSU 1224.

11. *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. – Центральный р-н, просп. им. Ленина, 27, на валежных остатках л. д., 09.X 2021 г., редко, собр. Э.А. Шугаева.

12. *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. – Ворошиловский р-н, Парк им. Саши Филиппова, на пне л. д., 08.IX 2019 г.; Тракторозаводский р-н, у дома по ул. Обливская, 4,

на стволе *Populus nigra*, 10.XI 2021 г., редко, собр. М.Ю. Степанов.

13. *G. lucidum* (Curtis) P. Karst. – Дзержинский р-н, тер. усадьбы «Сосновый бор», пос. Ангарский, в основании пня *Quercus robur*, 23.X 2019 г., ед. н., собр. А.А. Колпакова, VOLSU 1408.

14. *Inonotus hispidus* (Bull.) P. Karst. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на стволе *Cotinus coggygria* и на валежных остатках л. д., 11.IX 2021 г., редко, собр. В.М. Ермолаева, Э.А. Шугаева.

15. *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill – Центральный р-н, на набережной; Кировский р-н, Григорова балка, в комлевой части ослабленного л. д., 28.VIII 2019 г., по ул. им. Маршала Чуйкова, 13, на стволе ослабленного *Populus alba*, 05.IX 2021 г.; Тракторозаводский р-н, у дома по ул. им. Гули Королёвой, 8, на стволе *Populus nigra*, 01.XI 2021 г., редко, собр. В.М. Ермолаева, М.Ю. Степанов.

16. *Lentinus tigrinus* (Bull.) Fr. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», 05.IX 2021 г., на пне лиственного дерева, ед. н., собр. В.М. Ермолаева.

17. *Lyomeces juniperi* (Bourdot et Glazin) Riebesehl et Langer [= *Hyphodontia juniper* (Bourdot et Glazin) J. Erikss.] – Центральный р-н, «Мамаев Курган», 11.X 2019 г., ед. н.

18. *Lyomeces sambuci* (Pers.) P. Karst. [= *Xylodon sambuci* (Pers.) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin] – Центральный р-н, Парк Дружбы: Баку – Волгоград, на валежной ветви л. д., 13.IX 2019 г., ед. н., опр. В.М. Коткова, VOLSU 1441.

19. *Phellinus igniarius* (L.) Quél. – Красноармейский р-н, у Волго-Донского канала, на стволе *Salix alba*, 02.XI 2019 г., Центральный р-н, площадь Павших Борцов, на стволе *Salix alba*, 02.X 2021 г., редко, собр. Э.А. Шугаева.

20. *Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire – Тракторозаводский р-н, у дома по ул. им. Гули Королёвой, 2, на пне лиственного дерева, 01.XI 2021 г., ед. н., собр. М.Ю. Степанов.

21. *Pholiota populnea* (Pers.) Kuiperet. Tjall.-Beuk. – Кировский р-н, в парке напротив дома по ул. им. Кирова, 122, на стволах *Salix alba* и *Populus nigra*, 05.XI 2019 г., редко.

22. *Pilatotrama ljubarskyi* (Pilát) Zmitrovich [= *Trametes ljubarskyi* Pilát, Bull] –

Дзержинский р-н, тер. усадьбы «Сосновый бор», пос. Ангарский, на валежном стволе л. д., 11.X 2019 г., ед. н., собр. А.А. Колпакова, VOLSU 1407.

23. *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. – Ворошиловский р-н, насаждения рядом с площадью Чекистов; Дзержинский р-н, парк «Русь», в основании *Ulmus laevis*, 25.IX 2019 г., Тракторозаводский р-н, у дома по ул. им. Гули Королёвой, 2, в комлевой части л. д., 01.XI 2021 г., нередко, собр. Н.С. Курагина, А.А. Колпакова, М.Ю. Степанов.

24. *Porostereum spadiceum* (Pers.) Hjortstamet. Ryvarden – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на сухостое *Prunus cerasus*, 12.XI 2019 г., парк Городской сад, на валежных ветвях л. д., 02.X 2021 г., редко, собр. Э.А. Шугаева.

25. *Sarcodontia spumea* (Sowerby) Spirin – Кировский р-н, у дома по ул. им. Кирова, 122, на живом дереве *Populus nigra*, 12.XI 2019 г., ед. н.; Тракторозаводский р-н, у дома по ул. Патрица Лумумбы, 10, на стволе *Populus nigra*, 28.IX 2021 г., у дома по ул. им. Гули Королёвой, 2, на стволе *Populus nigra*, 17.X 2021 г., у остановки Хлебозавод, на стволе *Populus nigra*, 01.XI 2021 г.; Центральный р-н, ул. Краснознаменная, 23, в основании пня *Acer negundo*, 02.X 2021 г., нередко, собр. М.Ю. Степанов, Э.А. Шугаева.

26. *Schizophyllum amplum* (Lév.) Nakasone – Кировский р-н, Григорова балка, на сухостойном стволе и валежной ветви л. д., 28.VIII 2019 г.; Центральный район, площадь Павших Борцов, на валежных остатках *Salix alba*, 02.X 2021 г., редко, собр. Э.А. Шугаева.

27. *S. commune* Fr. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на сухостое л. д., 18.IX 2019 г., ед. н.

28. *Steccherinum ochraceum* Fr. – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежной ветви л. д., 15.IX 2019 г., ед. н.

29. *Trametes trogii* Berk. – Тракторозаводский р-н, Комсомольский парк, на пне л. д., 23.V 2019 г., Центральный р-н, «Мамаев Курган», на валежных ветвях л. д., 18.IX 2021 г., редко, собр. Н.С. Курагина, Э.А. Шугаева.

30. *Trechispora alnicola* (Bourdot et Galzin.) Liberta – Центральный р-н, «Мамаев Курган», на упавшем стволе *Fraxinus excelsior*, 20.IX 2021 г., ед. н.

31. *Tremellames mesenterica* (Retz.) – Кировский р-н, за остановкой «пос. Горная Поляна», на валежном стволе л. д., 14.XI 2019 г., ед. н.

32. *Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvarden – Ворошиловский р-н, Касимовский сквер, в комлевой части ослабленного ствола *Syringa vulgaris*, 16.IX 2019 г.; Центральный р-н, ул. Академическая, 12, на валежных остатках л. д., 09.X 2021 г., редко, собр. Э.А. Шугаева.

33. *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer – Краснооктябрьский р-н, Парк им. Юрия Гагарина, Набережная, Красноармейский р-н, на ослабленном и сухостойном стволе *Populus nigra*, 13.X 2019 г.; Тракторозаводский р-н, на ослабленном стволе *Populus nigra*, 10.XI 2021 г., редко, собр. Н.С. Курагина, М.Ю. Степанов.

Заключение

В результате проведенных исследований в парковых насаждениях Волгограда выявлено 33 вида трутовых грибов, 23 вида из которых обнаружены в Центральном районе на тополе черном (7) и иве белой (5). Найденное разнообразие грибов указывает на неблагоприятное состояние насаждений, так как в основном такие грибы обнаружены на ослабленных и усыхающих деревьях. Проведенное исследование станет основой для детального изучения состояния древесно-кустарниковых насаждений и разработки системы защитных мероприятий в городских посадках парков Волгограда.

Благодарность. Авторы выражают благодарность Н.С. Курагиной за консультацию, А.А. Колпаковой, Е.Д. Веселовской, И.М. Пристрем, М.Ю. Степанову, Э.А. Шугаевой за помощь в сборе грибов, В.М. Котковой за помощь в определении некоторых видов грибов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев, С. П. Специализация дереворазрушающих грибов в связи с жизненным состоянием субстрата / С. П. Арефьев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии : материалы 5-й Международ. конф. – М., 2002. – С. 16–19.
2. Афиллофороидные грибы Волгоградской городской агломерации (предварительное сообщение) / Н. С. Курагина, Е. А. Иванцова, В. А. Сагалаев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 3. – С. 64–70.
3. Афиллофороидные грибы (*Aphyllphorales* s. lato) / В. М. Лосицкая, В. И. Крутов, С. Н. Кивиниemi, А. В. Руоколайнен // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории центральной Карелии (оперативно-информационные материалы). – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2001. – С. 101–105.
4. Бондарцева, М. А. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые / М. А. Бондарцева. – СПб. : Наука, 1998. – Вып. 2. – 391 с.
5. Власенко, В. А. Биотрофные виды афиллофороидных грибов Новосибирского Академгородка. Признаки распада древесины / В. А. Власенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 70, № 8. – С. 33–35.
6. Гарибова, Л. В. Популярный атлас-определитель. Грибы / Л. В. Гарибова. – М. : Дрофа, 2009. – 350 с.
7. Коваленко, А. Е. Экологический обзор грибов из порядков *Polyporales* s. str., *Boletales*, *Agaricales* s. str., *Russulales* в горных лесах центральной части Северо-Западного Кавказа / А. Е. Коваленко // Микология и фитопатология. – 1980. – Т. 14, вып. 4. – С. 300–314.
8. Колмукиди, С. В. Патогенная дендротрофная микобиота городских насаждений Волгограда и Камышина / С. В. Колмукиди // Агрэкология, мелиорация и защитное лесоразведение : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2018. – С. 262–267.
9. Кочунова, Н. А. Комплекс ксилотрофных грибов на тополях (*Populus* L.) в зеленых насаждениях города Благовещенска (Амурская область) / Н. А. Кочунова, Н. А. Тимченко // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2019. – Т. 27. – С. 3–15. – DOI: <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.27.3>
10. Соколова, Э. С. Дереворазрушающие грибы в городских насаждениях / Э. С. Соколова // Лесной вестник. – 2000. – № 10. – С. 110–115.
11. Blinkova, O. Communities of tree vegetation and wood-destroying fungi in parks of the Kyiv city, Ukraine / O. Blinkova, O. Ivanenko // Forestry Journal. – 2016. – № 62 (2). – P. 110–122. – DOI: <https://doi.org/10.1515/forj-2016-0012>
12. Characterizations of tree-decay fungi by molecular and morphological investigations in an Iranian alamdard forest / E. Bari, K. Karimi, H. Aghajani [et al.] // Maderas-Cienc Tecnol. – 2021. –

Vol. 23. – P. 1–12. – DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100433>

13. Differentiation of fungal destructive behaviour of wood by the white-Rot fungus *Fomes fomentarius* by MALDI-TOF Mass Spectrometry / E. Bari, A. Pizzi, O. Schmidt [et al.] // *Journal of Renewable Materials*. – 2021. – Vol. 9, № 3. – P. 381–397. – DOI: <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.015288>

14. Luley, C. J. Wood decay fungi common to urban living trees in the Northeast and Central United States / C. J. Luley. – N. Y. : Urban Forestry LLC. Naples, 2005. – 60 p.

15. Schmidt, O. Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use / O. Schmidt. – Berlin ; N. Y. : Springer, 2006. – 334 p.

16. Terho, M. Decay characteristics of hazardous *Tilia*, *Betula*, and *Acer* trees felled by municipal urban tree managers in the Helsinki City Area / M. Terho, A.-M. Hallaksela // *Forestry: An International Journal of Forest Research*. – 2008. – Vol. 81, iss. 2. – P. 151–159. – DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn002>

17. Terho, M. Occurrence and decay patterns of common wooddecay fungi in hazardous trees felled in the Helsinki City / M. Terho, J. Hantula, A. M. Hallaksela // *For Pathol*. – 2007. – Vol. 37, iss. 6. – P. 420–432. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00518.x>

REFERENCES

1. Aref'ev S.P. Specializatsiya derevo-razrushayushchikh gibrov v svyazi s zhiznennym sostoyaniem substrata [Specialization of Wood-Destroying Fungi in Connection with the Vital State of the Substrate]. *Problemy lesnoj fitopatologii i mikologii: materialy 5-j Mezhdunar. nauch. konf.* [5th International Conference “Problems of Forest Phytopathology and Mycology”]. Moscow, 2002, pp. 16-19.

2. Kuragina N.S., Ivancova E.A., Sagalaev V.A. et al. Afilloforoidnye griby Volgogradskoj gorodskoj aglomeratsyi (predvaritel'noe soobshchenie) [Aphylloroid Fungi of the Volgograd Urban Agglomeration (Preliminary Report)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2018, no. 3, pp. 64-70.

3. Lositskaya V.M., Krutov V.I., Kiviniemi S.N., Ruokolainen A.V. Afilloforoidnye griby (Aphyllorales s. lato) [Aphylloroid Fungi (Aphyllorales s. lato)]. *Inventarizatsiya i izuchenie biologicheskogo raznoobraziya na territorii tsentral'noj Karelii (operativno-informatsionnye*

materialy) [Inventory and Study of Biological Diversity in the Territory of Central Karelia (Operational and Information Materials)]. Petrozavodsk, KarNC RAN Publ., 2001, pp. 101-105.

4. Bondarceva M. A. *Opredelitel' gibrov Rossii. Poryadok Afilloforovye* [Key to Mushrooms of Russia. Order Aphylloraceae]. Saint Peterburg, Nauka Publ., 1998, iss. 2. 391 p.

5. Vlasenko V.A. Biotrofiyne vidy afilloforoidnykh gibrov Novosibirskogo Akademgorodka. Priznaki raspada drevesiny [Biotrophic Species of Aphylloroid Fungi of the Novosibirsk Akademgorodok. Signs of Wood Decay]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2010, vol. 70, no. 8, pp. 33-35.

6. Garibova L.V. *Populyarnyj atlas-opredelitel'. Griby* [Popular Atlas-Determinant. Mushrooms]. Moscow, Drofa Publ., 2009. 350 p.

7. Kovalenko A.E. Ekologicheskij obzor gibrov iz poryadkov Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales v gornyx lesakh tsentral'noj chasti Severo-Zapadnogo Kavkaza [An Ecological Review of Fungi from the Orders Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales in the Mountain Forests of the Central Part of the Northwestern Caucasus]. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology], 1980, vol. 14, no. 4, pp. 300-314.

8. Kolmukidi S.V. Patogennaya dendrotrofnaya mikobiota gorodskikh nasazhdenij Volgograda i Kamyshina [Pathogenic Dendrotrophic Mycobiota of Urban Plantations of Volgograd and Kamyshin]. *Agroekologiya, melioratsiya i zashchitnoe lesorazvedenie: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Agroecology, Land Reclamation and Protective Afforestation: Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2018, pp. 262-267.

9. Kochunova N.A., Timchenko N.A. Kompleks ksilotrofiykh gibrov na topolyakh (*Populus L.*) v zelyonykh nasazhdeniyakh goroda Blagoveshchenska (Amurskaya oblast') [Complex of Xylotrophic Fungi on Poplars (*Populus L.*) in the Green Plantings of the City of Blagoveshchensk (Amur Region)]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya. Ekologiya* [Proceedings of the Irkutsk State University. Series Biology. Ecology], 2019, vol. 27, pp. 3-15. DOI: <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.27.3>

10. Sokolova E.S. Derevorazrushayushchie griby v gorodskikh nasazhdeniyakh [Wood-Destroying Fungi in Urban Plantings]. *Lesnoj vestnik*, 2000, no. 10, pp. 110-115.

11. Blinkova O., Ivanenko O. Communities of Tree Vegetation and Wood-Destroying Fungi in Parks of the Kyiv City. *Forestry Journal*, 2016, no. 62 (2), pp. 110-122. DOI: <https://doi.org/10.1515/forj-2016-0012>

12. Bari E., Karimi K., Aghajani H. et al. Characterizations of Tree-Decay Fungi by Molecular and Morphological Investigations in Aniranian Alamdardeh Forest. *Maderas-Cienc Tecnol.*, 2021, vol. 23, pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100433>

13. Bari E., Pizzi A., Schmidt O. et al. Differentiation of Fungal Destructive Behaviour of Wood by the White-Rot Fungus *Fomes fomentarius* by MALDI-TOF Mass Spectrometry. *Journal of Renewable Materials*, 2021, vol. 9, no 3, pp. 381-397. DOI: <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.015288>

14. Luley C.J. *Wood Decay Fungi Common to Urban Living Trees in the Northeast and Central United States*. New York, Urban Forestry LLC. Naples, 2005. 60 p.

15. Schmidt O. *Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use*. Berlin, New York, Springer, 2006. 334 p.

16. Terho M., Hallaksela A-M. Decay Characteristics of Hazardous Tilia, Betula, and Acer Trees Felled by Municipal Urban Tree Managers in the Helsinki City Area. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 2008, vol. 81, iss. 2, pp. 151-159. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn002>

17. Terho M., Hantula J., Hallaksela A.M. Occurrence and Decay Patterns of Common Wooddecay Fungi in Hazardous Trees Felled in the Helsinki City. *For Pathol.*, 2007, vol. 37, iss. 6, pp. 420-432. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00518.x>

Information About the Authors

Veronika M. Ermolaeva, Student of the Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ermolaeva_veronika01@inbox.ru

Svetlana V. Kolmukidi, Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor of the Department of Biology, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kolmukidi@volsu.ru

Информация об авторах

Вероника Максимовна Ермолаева, студентка кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ermolaeva_veronika01@inbox.ru

Светлана Валерьевна Колмукиди, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kolmukidi@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

UDC 57.045

LBC 28.673

THERMOBIOLOGY OF THE EREMIAS ARGUTA (PALLAS, 1773) IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION AND THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE FACTOR ON THE FORMATION OF THE RANGE OF THE SPECIES

Konstantin A. Kovalenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Dmitry A. Gordeev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents data on the thermobiology of multi-colored foot-and-mouth disease living on Sarpinsky Island (Kirov district, Volgograd city). There is relatively little information on the thermobiology of the multicolored foot-and-mouth disease in the Volgograd region. In this regard, the purpose of the study was to analyze the temperature conditions of the environment and the body of the multi-colored foot-and-mouth disease in the populations of the Volgograd region. In caught foot-and-mouth disease, the temperature of the esophagus, dorsal and ventral sides of the body was measured. The temperature of the soil surface and air was also measured at the place where the foot-and-mouth disease was found. Temperature measurements were carried out using AKIP-9303 and CEM DT-8820 Environment Meter instruments. To determine the dependence of the body temperature of *E. arguta* on environmental conditions, a correlation analysis was performed using the Past program. With the help of the Maxent program, a distribution model of the multi-colored foot-and-mouth disease was compiled. As a result of the research, it was found that in most foot-and-mouth disease the temperature of the esophagus varies from +29.9 to +35.9 °C. The temperature of the dorsal and lower sides of the body varies from +28.9 to +34.7 °C and from +27.2 to +32.5 °C, respectively. Most often, foot-and-mouth disease was on the soil, the temperature of which reached +33.2...+56.8 °C. The temperature of squat air at a height of 3 cm and 20 cm does not differ much and in most cases varies from +31.4 to +49.7 °C. A positive correlation is observed between all indicators, except for the temperature of the dorsal side of the body and the temperature of the soil at the place of capture at a depth of 5 cm. For *E. arguta*, suitable habitats are found in some areas of Tibet, the Gobi Desert, Kazakhstan, as well as the Volga region of Russia, the Northern Black Sea region. The area occupied by foot-and-mouth disease is most influenced by isothermality (39.3%) and precipitation of the wettest month (18.8%).

Key words: foot-and-mouth disease, thermobiology, Volgograd region, soil temperature, air temperature, body temperature.

Citation. Kovalenko K.A., Gordeev D.A. Thermobiology of the *Eremias Arguta* (Pallas, 1773) in the Conditions of the Volgograd Region and the Influence of the Temperature Factor on the Formation of the Range of the Species. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 23-31. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

**ТЕРМОБИОЛОГИЯ РАЗНОЦВЕТНОЙ ЯЩУРКИ
(*EREMIAS ARGUTA* (PALLAS, 1773))
В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЛИЯНИЕ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ АРЕАЛА ВИДА**

Константин Андреевич Коваленко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Дмитрий Анатольевич Гордеев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся данные о термобиологии разноцветных ящурок, обитающих на острове Сарпинском (Кировский район, город Волгоград). Информации о термобиологии разноцветной ящурки на территории Волгоградской области сравнительно мало. В связи с этим целью исследования стал анализ температурных условий среды и тела разноцветной ящурки в популяциях Волгоградской области. У пойманных ящурок измерялась температура пищевода, спинной и брюшной сторон тела. Также на месте обнаружения ящурок измерялась температура поверхности почвы и воздуха. Измерения температур проводились при помощи приборов АКПП-9303 и СЕМ DT-8820 Environment Meter. Для определения зависимости температуры тела *E. arguta* от условий среды проводили корреляционный анализ в программе Past. При помощи программы Maxent была составлена модель распространения разноцветной ящурки. В результате исследований установлено, что у большинства ящурок температура пищевода варьирует от +29,9 до +35,9 °С. Температура спинной и нижней сторон тела варьирует от +28,9 до +34,7 °С и от +27,2 до +32,5 °С соответственно. Чаще всего ящурки находились на почве, температура которой достигала +33,2...+56,8 °С. Температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см отличается не сильно и в большинстве случаев варьирует от +31,4 до +49,7 °С. Положительная корреляция наблюдается между всеми показателями, кроме температуры спинной стороны тела и температуры почвы в месте поимки на глубине 5 см. Для *E. arguta* подходящие места обитания находятся в некоторых областях Тибета, пустыни Гоби, Казахстана, а также Поволжье России, Северном Причерноморье. На занимаемый ящуркой ареал оказывают наибольшее влияние изотермальность (39,3 %) и осадки самого влажного месяца (18,8 %).

Ключевые слова: разноцветная ящурка, термобиология, Волгоградская область, экологические факторы среды, ареал вида.

Цитирование. Коваленко К. А., Гордеев Д. А. Термобиология разноцветной ящурки (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) в условиях Волгоградской области и влияние температурного фактора на формирование ареала вида // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 23–31. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

Введение

Разноцветная ящурка (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) – вид настоящих ящериц (Lacertidae) с ареалом, простирающимся от северо-восточной Румынии на западе до юго-западной Монголии (Джунгарская Гобби) и северо-западного Китая (Синьцзян-Уйгурский автономный округ и Внутренняя Монголия) на востоке, Турции и Ирана на юге. Северная граница ареала проходит по степной зоне Европейской части России [1; 3]. Это преимущественно аридный вид, встречающийся на равнине и горах на мягких сыпучих почвах или

более плотных грунтах с травянистой и кустарниковой растительностью. В Волгоградской области разноцветная ящурка распространена на всей территории на песчаных, закрепленных или слабо закрепленных песках с разреженным растительным покровом [2]. Широкое распространение в пределах аридных зон и проникновение на север до Волжско-Камского края – Самарская Лука и Бузулукский бор [1], вероятно, обеспечивается термобиологическими адаптациями. Однако сведения о термобиологии *E. arguta* на территории Волгоградской области до сих пор отсутствуют. В связи с этим целью нашего ис-

следования стал анализ температурных условий среды и тела разноцветной ящурки в популяциях Волгоградской области, а также оценка влияния температурного фактора среды на формирование ареала вида.

Материал и методы исследований

Материалом для настоящей статьи послужили полевые исследования на острове Сарпинский (Кировский район города Волгограда), проведенные с 28.05 по 01.06 и с 16.09 по 19.09.2021 г. в течение всего дня. Сборы проводились на остепненных и песчаных участках вблизи хуторов Кожзавод, Рыбовод, Павловский. Отлов ящурок осуществлялся механическим захватом особей без использования приспособлений. У пойманных ящурок измерялась температура пищевода, спинной и брюшной сторон тела. Также на месте обнаружения ящурок измерялась температура поверхности почвы, температура почвы на глубине 5 см, температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см. Затем пойманные особи были отпущены. Измерение температур проводилось при помощи приборов пирометра АК ИП-9303 и многофункционального измерительного прибора СЕМ DT-8820 Environment Meter. За период исследований было отловлено 53 особи разноцветной ящурки, проведено 371 измерение температуры. Для определения зависимости температуры тела *E. arguta* от условий среды про-

водили корреляционный анализ в программе Past 3.22 [5].

Одним из механизмов выявления абиотических характеристик среды, наиболее значимых для распространения видов растений и животных, в том числе термальных характеристик, к которым они адаптированы, является построение модели распространения в среде Maxent 3.3.3k. Основываясь на данных 246 точек находок разноцветной ящурки из базы данных GBIF [4] и 19 биоклиматических показателей [6] в среде Maxent, нами была составлена модель распространения (рис. 1) с цветовой идентификацией пригодности территорий для обитания. Затем статистический анализ точности модели распространения разноцветной ящурки был представлен в виде графиков.

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным у большинства ящурок температура пищевода варьирует от +29,9 до +35,9 °С, средняя температура составляет $+32,47 \pm 0,1873$ °С (см. табл. 1). Температуры спинной и нижней сторон тела у большинства особей варьируют от +28,9 до +34,7 °С и от +27,2 до +32,5 °С соответственно. Средние же температуры спины и живота составляют $+31,72 \pm 0,1747$ °С и $+30,12 \pm 0,1625$ °С соответственно.

Чаще всего разноцветные ящурки находились на почве, температура которой дости-

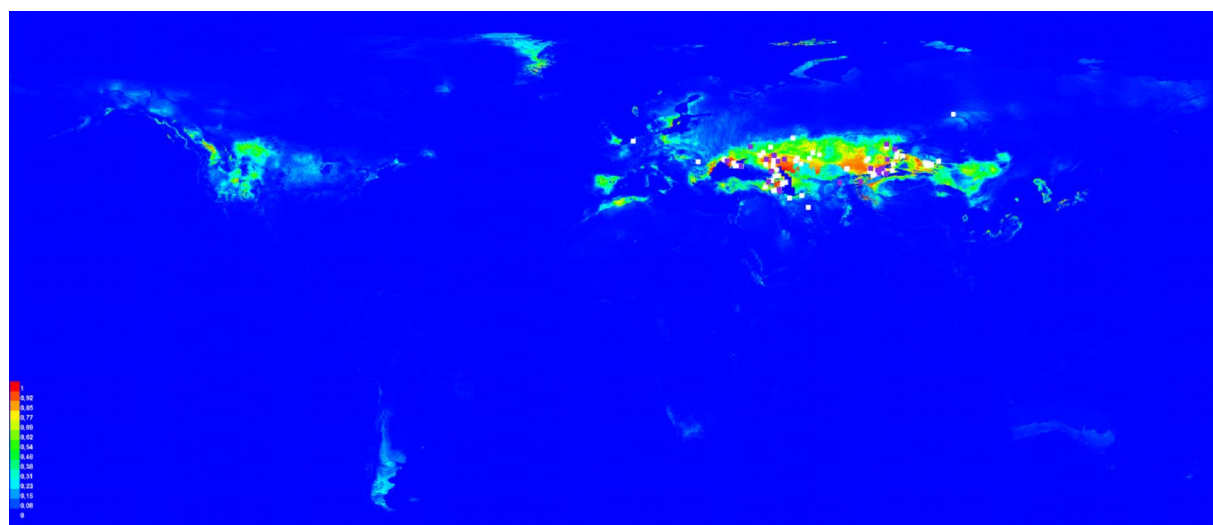


Рис. 1. Модель распространения *E. arguta*. Цвет показывает расчетную вероятность нахождения данного вида на определенной территории. Красный цвет – высокая вероятность; зеленый – условия, похожие на те, в которых находится вид; оттенки синего – маловероятные условия

гала +33,2...+56,8 °С, среднее значение температур +38,94 ± 0,8007 °С. Температура почвы на глубине 5 см ниже температуры поверхности в среднем на 11,55 °С. Температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см отличается не сильно и в большинстве случаев варьирует от +31,4 до +49,7 °С, средние же показатели составляют +36,23 ± 0,4660 °С (высота 3 см) и +38,38 ± 0,6195 °С (высота 20 см).

Анализ зависимости температуры тела разноцветной ящурки от условий среды позволил выявить положительную корреляцию между всеми показателями, за исключением температуры спинной стороны тела и температу-

ры почвы в месте поймки на глубине 5 см. То есть при увеличении температуры окружающей среды температура покровов и внутренней среды разноцветной ящурки увеличивается, что объясняется пойкилотермностью рассматриваемого вида. Отрицательная корреляция между показателями: температура спинной стороны и температура почвы в месте поймки может быть объяснена выбором участка почвы для охлаждения (терморегуляторное поведение).

В ходе проведения анализа выявлены различные степени зависимости факторов друг от друга (табл. 2). Сильная корреля-

Таблица 1

Значения температур места поймки, поверхности тела и внутренней среды *E. arguta* в Волгоградской области

Температура	Размах температур (°С), min / max	Среднее значение температур (°С), M ± m
На поверхности почвы	+33,2 / +56,8	+38,94 ± 0,8007
Почвы на глубине 5 см	+23,1 / +37,8	+27,39 ± 0,4650
Воздуха на высоте 3 см	+31,4 / +44,2	+36,23 ± 0,4660
Воздуха на высоте 20 см	+32,7 / +49,7	+38,38 ± 0,6195
В оральной полости	+29,9 / +35,9	+32,47 ± 0,1873
Брюшной стороны тела	+27,2 / +32,5	+30,12 ± 0,1625
Спинной стороны тела	+28,9 / +34,7	+31,72 ± 0,1747

Таблица 2

Зависимость температуры разноцветной ящурки от условий среды

Показатели	t° почвы в месте поймки на поверхности	t° почвы в месте поймки на глубине 5 см	t° воздуха в месте поймки выс. 3 см	t° воздуха в месте поймки выс. 20 см	t° оральная	t° брюшной стороны	t° спинной стороны
t° почвы в месте поймки на поверхности		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05
t° почвы в месте поймки на глубине 5 см	0,67		< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° воздуха в месте поймки выс. 3 см	0,82	0,64		< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° воздуха в месте поймки выс. 20 см	0,65	0,45	0,69		< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° оральная	0,70	0,41	0,38	0,29		< 0,05	< 0,05
t° брюшной стороны	0,30	0,06	0,15	0,08	0,64		< 0,05
t° спинной стороны	0,16	-0,13	0,06	0,05	0,28	0,45	

Примечание. В нижней левой области таблицы указаны коэффициенты корреляции, в верхней правой – уровень значимости.

ция (0,7) выявлена между показателями: оральная температура и температура почвы в месте поимки на поверхности ($> 0,7$). Средняя зависимость (коэффициент корреляции находится в интервале от 0,3 до 0,7) установлена для показателей: температура брюшной стороны и оральная температура (0,64); температура спинной стороны и температура брюшной стороны (0,45); оральная температура и температура почвы в месте поимки на глубине 5 см (0,41); оральная температура и температура воздуха в месте поимки на высоте 3 см (0,38); температура брюшной стороны и температура почвы в месте поимки на поверхности (0,30). Остальные показатели характеризуются слабой зависимостью.

Фактором, в большей степени влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в местах их поимки на поверхности (0,70). Фактором, наименее сильно влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в местах их поимки на глубине 5 см.

Основываясь на данных находок разноцветной ящурки из базы данных GBIF, в среде Maxent нами была составлена модель распро-

странения (см. рис. 1) с цветовой идентификацией пригодности территорий для обитания.

Для *E. arguta* подходящие места обитания находятся в некоторых областях Маньчжурии, Тибета, пустыни Гоби. Предполагаемый ареал тянется дальше на запад и охватывает значительные области Казахстана, Киргизии, Узбекистана, а также Поволжье России, Кавказские горы, Северное Причерноморье, Юг Балканского полуострова, Турцию.

Статистический анализ точности модели распространения разноцветной ящурки представлен в виде графика (рис. 2). Условия считаются пригодными, если предсказание выше порога, и непригодными, если ниже. На графике показано, как меняется оmissия и предсказанная территория по тестовым и тренировочным точкам в зависимости от кумулятивного порога. По данному графику можно сказать, что оmissия по тестовым точкам довольно хорошо совпадает с предсказанной динамикой оmissии, рассчитанной для тестовых данных, полученных из самого распределения Maxent. Предсказанная оmissия является прямой линией по определению кумулятивного формата. По этому графику можно

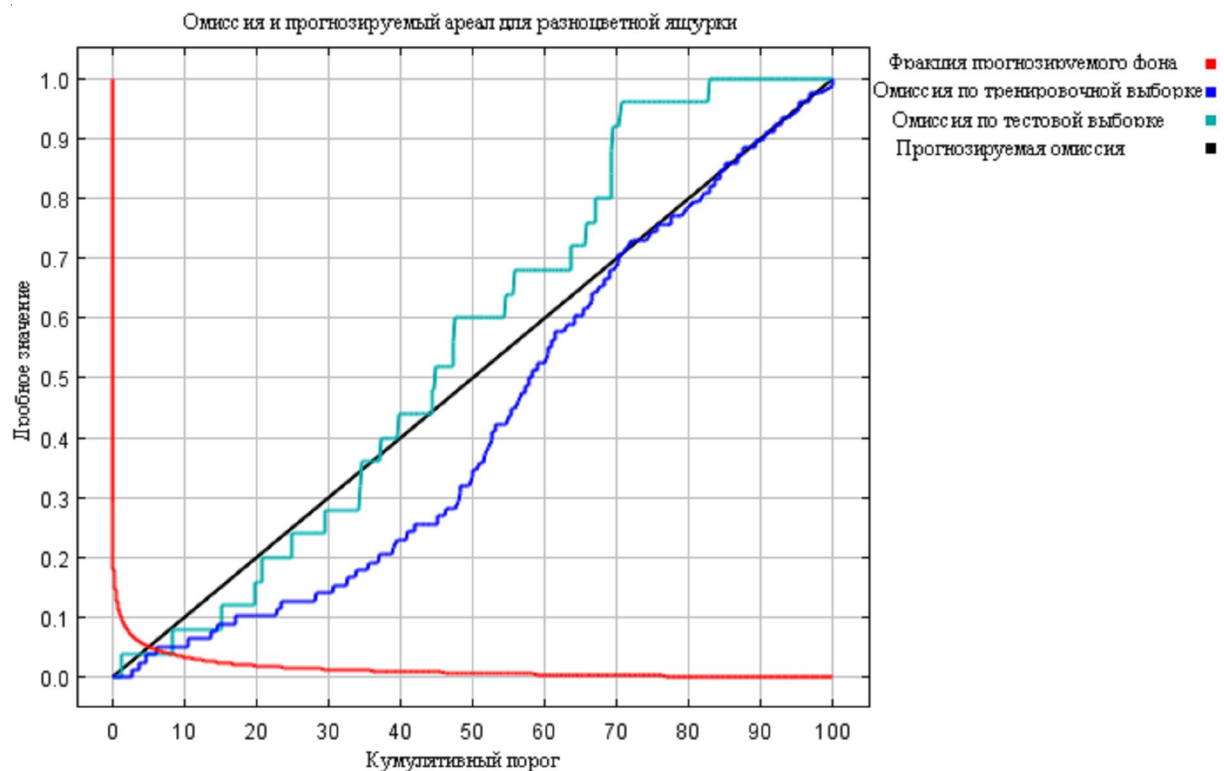


Рис. 2. Оmissия и прогнозируемый ареал для *E. arguta*

сказать, что линия оmissии по тестовым точкам лежит ниже предсказанной линии. Скорее всего, это объясняется тем, что тестовые и тренировочные данные независимы, так как получены из общего автокоррелированного набора данных о находках.

Положение операционной кривой для тренировочных и тестовых данных показано на следующем графике (рис. 3). Красная и синяя линии на графике совпадают, так как для тренировки и тестирования используются одни и те же данные. Черная линия показывает ситуацию, которую можно было бы ожидать, если бы надежность предсказаний модели была на случайном уровне. Чем ближе к верхнему левому углу находится синяя линия, тем лучше модель предсказывает находки, содержащиеся в тестовой выборке. Поскольку при построении модели мы используем только данные о находках (нет данных об отсутствии), вместо ошибки оmissии (доля отсутствующих, предсказанная как встречи) используется доля от площади территории исследования, занимаемая встречами.

Согласно полученным данным на занимаемый ареал оказывают влияние следующие

биоклиматические параметры: изотермальность (39,3 %), осадки самого влажного месяца (18,8 %), среднегодовая температура (12,6 %), средняя температура самого теплого квартала (12,6 %). Все остальные параметры не оказывают существенного влияния на создание прогноза (см. табл. 3).

Альтернативной оценкой важности переменной может быть «jackknife»-тест, при котором создается набор моделей (рис. 4А). Каждая переменная исключается по очереди, а очередь и модель создаются с остальными переменными.

Если Maxent использует только среднюю температуру самого холодного квартала (bio 11), сезонность температуры (bio 4), среднюю температуру самого влажного квартала (bio 8), то прироста почти нет, так что по отдельности эти переменные бесполезны для моделирования ареала ящурки. В свою очередь изотермальность (bio 3), среднегодовая температура (bio 1), осадки самого влажного месяца (bio 13), сезонность осадков (bio 15) достаточно хорошо описывают данные.

При рассмотрении столбцов, выделенных синим цветом, можно отметить, что ни

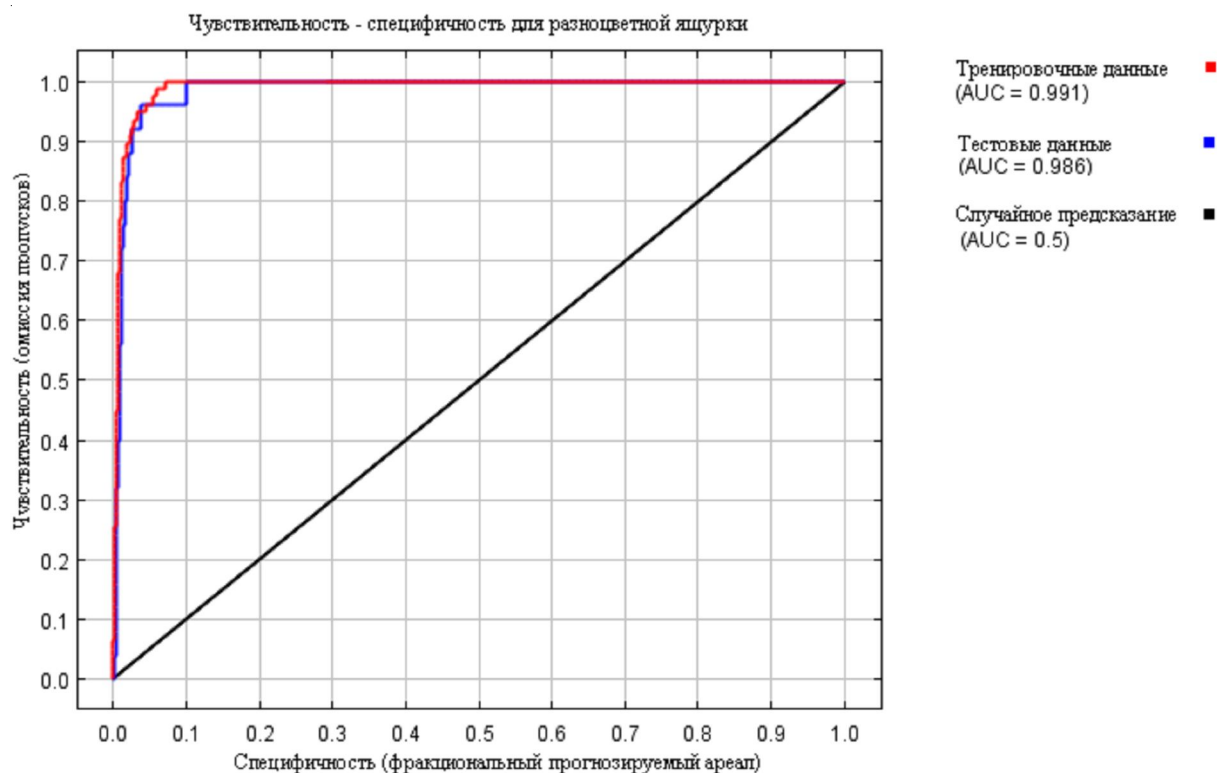


Рис. 3. График операционной кривой для тренировочных и тестовых данных

одна из переменных не содержит значительного количества уникальной информации, которая бы не содержалась в других, поэтому выключение каждой переменной не привело к значительному уменьшению прироста.

Диаграмма AUC (рис. 4Б) показывает, что изотермальность (bio 3) – это перемен-

ная, которая в одиночку наиболее эффективно предсказывает распределение точек находок, которые были выделены в тестовый набор данных. Эта эффективность предсказания измерена с помощью AUC, однако эта переменная практически не используется для построения модели, когда используются все переменные.

Таблица 3

Значимость переменных климатических показателей

№ Bio	Климатический показатель	Процент значимости
1	Изотермальность	39,3
2	Осадки самого влажного месяца	18,8
3	Среднегодовая температура	12,6
4	Средняя температура самого теплого квартала	12,6
5	Максимальная температура самого теплого месяца	5,4
6	Осадки самого теплого квартала	3,5
7	Осадки в самый засушливый месяц	1,5
8	Сезонность осадков	0,8
9	Минимальная температура самого холодного месяца	0,7
10	Средний дневной диапазон	0,6
11	Средняя температура самого холодного квартала	0,6
12	Годовой диапазон температуры	0,6
13	Осадки самого влажного квартала	0,6
14	Осадки в самой холодной четверти	0,5
15	Осадки самого засушливого квартала	0,5
16	Средняя температура самого влажного квартала	0,5
17	Сезонность температуры	0,4
18	Годовое количество осадков	0,3
19	Средняя температура самого засушливого квартала	0,2

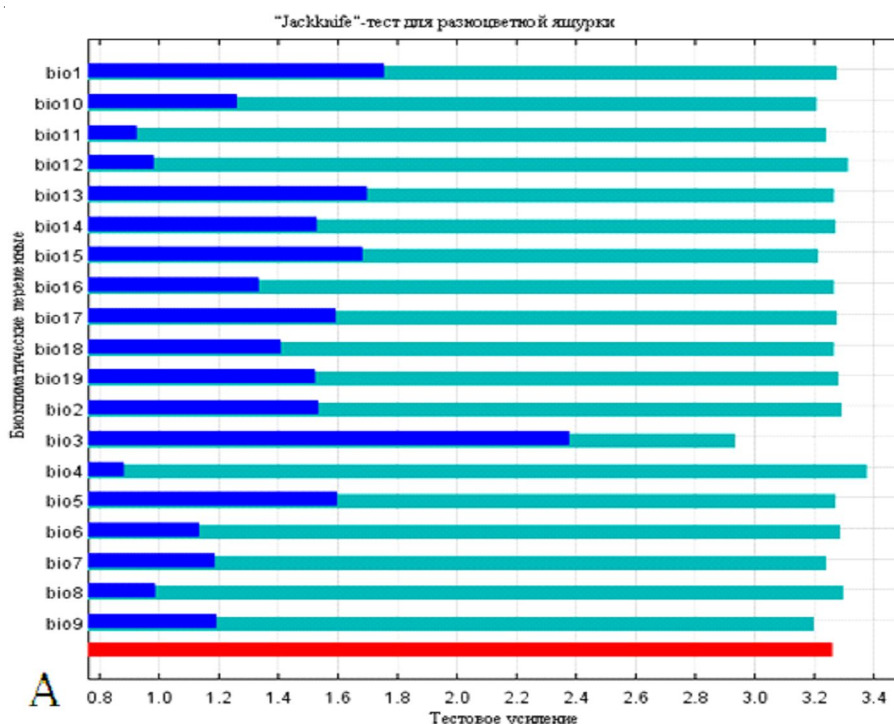


Рис. 4. А – альтернативная оценка важности переменной с помощью «jackknife»-теста

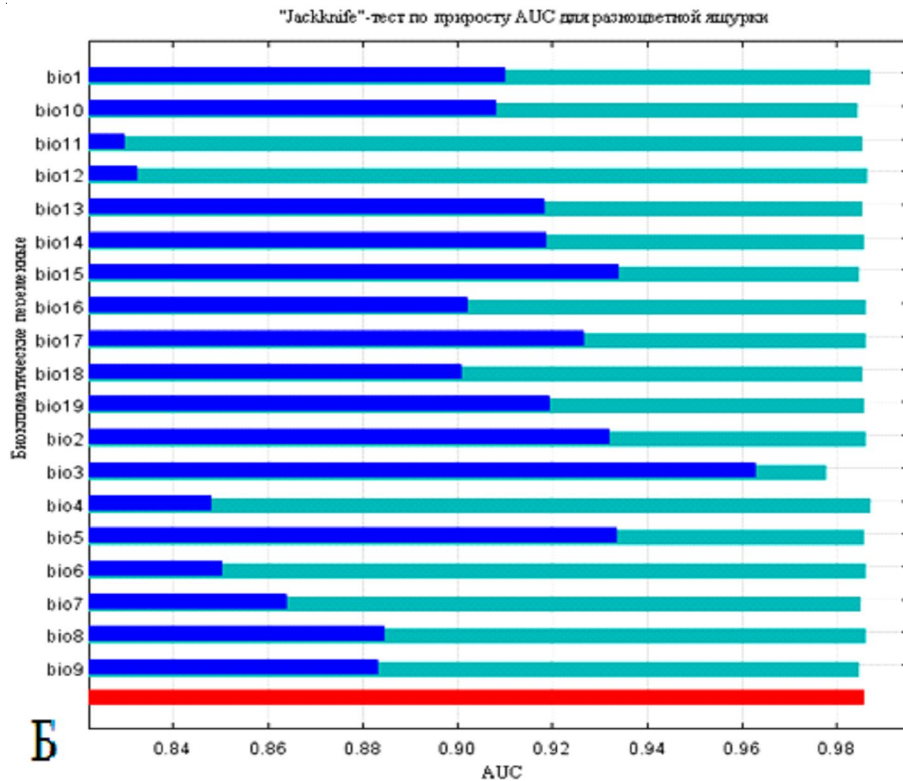


Рис. 4. Окончание

Б – «jackknife»-тест по приросту для AUC. Голубой цвет – без одной переменной; синий цвет – только с одной переменной; красный цвет – со всеми переменными

Согласно полученной модели средний дневной диапазон (bio 2), изотермальность (bio 3), максимальная температура самого теплого месяца (bio 5), сезонность осадков (bio 15) являются наиболее важными биоклиматическими показателями для разноцветной ящурки.

Заключение

Температура тела разноцветной ящурки сильнее всего зависит от температуры поверхности почвы в месте поимки. Средняя зависимость температуры тела ящурки наблюдается от температуры приземного воздуха на высоте до 20 см. Фактором, наименее сильно влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в месте поимки на глубине 5 см.

Средняя температура тела ящурок в мае-июне составляет $35,4 \pm 0,40$ °С. При превышении средних значений температур тела ящурка уходит в норы или другие убежища для охлаждения. При температурах тела ниже средних

ящурка, наоборот, выходит на хорошо прогреваемые Солнцем места для обогрева.

Наибольшее влияние на распространение разноцветной ящурки оказывают среднегодовая температура (bio 1), изотермальность (bio 3), средняя температура самого теплого квартала (bio 10), осадки самого влажного месяца (bio 13), которые успешно реализуются в лесостепных, степных и полупустынных регионах с преобладанием песчаных почв Тибета, пустыни Гоби, Средней Азии, Поволжья, Северного Причерноморья, юга Балканского полуострова, Турции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус) / Н. Б. Ананьева [и др.]. – СПб. : Иван Федоров, 2004. – 232 с.
2. Гордеев, Д. А. Видовой состав и биологические особенности чешуйчатых Волгоград-

ской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Гордеев Дмитрий Анатольевич. – Казань, 2012. – 21 с.

3. Дунаев, Е. А. Земноводные и пресмыкающиеся России. Атлас-определитель / Е. А. Дунаев, В. Ф. Орлова. – М. : Фитон+, 2012. – 320 с.

4. Free and open access to biodiversity data // Global Biodiversity Information Facility. – Electronic text data. – Mode of access: <https://www.gbif.org/search?q=eremias%20arguta> (date of access: 10.10.2021). – Title from screen.

5. Hammer Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 1–9.

6. WorldClim 1.4: Current conditions (~1960–1990) // WorldClim – Global Climate Data: Free climate data for ecological modeling and GIS. – Electronic text data. – Mode of access: <http://www.worldclim.org/current> (date of access: 10.10.2021). – Title from screen.

REFERENCES

1. Anan'yeva N.B., Orlov N.L., Khalikov R.G., et al. *Atlas presmykayushchikhsya Severnoy Evrazii*

(*taksonomicheskoye raznoobrazie, geograficheskoye rasprostraneniye i prirodookhrannyy status*) [Atlas of Reptiles of Northern Eurasia (Taxonomic Diversity, Geographical Distribution, and Conservation Status)]. Saint Petersburg, Ivan Fedorov Publ., 2004. 232 p.

2. Gordeyev D.A. *Vidovoy sostav i biologicheskiye osobennosti cheshuychatykh Volgogradskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Species Composition and Biological Features of the Scaly in the Volgograd Region: Cand. Biol. Sci. Diss.]. Kazan, 2012. 21 p.

3. Dunayev Ye.A., Orlova V.F. *Zemnovodnyye i presmykayushchiyesya Rossii. Atlas-opredelitel'* [Amphibians and Reptiles of Russia. Atlas-Determinant]. Moscow, Fiton+ Publ., 2012. 320 p.

4. Free and Open Access to Biodiversity Data. *Global Biodiversity Information Facility*. URL: <https://www.gbif.org/search?q=eremias%20arguta> (accessed 10 October 2021).

5. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 1-9.

6. WorldClim 1.4: Current Conditions (~1960–1990). *WorldClim – Global Climate Data: Free Climate Data for Ecological Modeling and GIS*. URL: <http://www.worldclim.org/current> (accessed 10 October 2021).

Information About the Authors

Konstantin A. Kovalenko, Bachelor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, comradcokane@mail.ru

Dmitry A. Gordeev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, dmitriy8484@bk.ru

Информация об авторах

Константин Андреевич Коваленко, бакалавр кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, comradcokane@mail.ru

Дмитрий Анатольевич Гордеев, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, dmitriy8484@bk.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.4>

UDC 574:712 (571.14)

LBC 26.821.88 (2Рос-4Нос)

STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE NEAR-WATER AREAS OF NOVOSIBIRSK FOR THE CONSTRUCTION OF A WATER-GREEN FRAMEWORK

Raisa A. Tret'yakova

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

Oksana V. Parkina

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

Ol'ga E. Yakubenko

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

Zinaida D. Morozova

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

Annotation. Reducing the number of green areas in cities leads to a deterioration of the ecological situation, lowering the standard of living of city residents and weakening urban activity. The improvement of urban green spaces will provide comfortable living conditions and create recreational areas that can compensate for the ability of citizens to stay in the natural environment. The article presents the stages of development of concepts of landscaping of public spaces, development and introduction of the national project "Water-Green Urban Framework" for visualization of inner-city territories of Novosibirsk. Visual field observations of the areas under study included: assessment of the current state and potential of the site, dendrological study, description of the types of green spaces, the degree of their natural preservation, the possibility of increasing or the need to reduce the anthropogenic load, analysis of pedestrian and transport accessibility of each area, prospects for development and improvement of the territory in the future. During the visual field studies the attention was focused on the geomorphological and landscape features of the territory, the surrounding phytocenosis and the nature of formation under the influence of anthropogenic load were described in detail. The obtained results of the intracity territories' survey were recorded in the research protocols. According to the results of field studies, it was noted that the natural framework of Novosibirsk is represented by a set of territories that create a favorable environmental effect for people. At present, the near-water areas along the small rivers of Novosibirsk are poorly studied. Assessment of the condition and potential for development of green areas that perform recreational and communication functions contributes to the improvement of accessibility of the territory for citizens, zoning of spaces, as well as the creation of recommendations for further development concepts of each of the green areas.

Key words: water-green urban framework, national project, state of plantations, area assessment, woody and shrub vegetation.

Citation. Tret'yakova R.A., Parkina O.V., Yakubenko O.E., Morozova Z.D. Status and Prospects for the Development of the Near-Water Areas of Novosibirsk for the Construction of a Water-Green Framework. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 32-37. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.4>

УДК 574:712 (571.14)
ББК 26.821.88 (2Рос-4Нос)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОКОЛОРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. НОВОСИБИРСКА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВОДНО-ЗЕЛЕННОГО КАРКАСА

Раиса Алексеевна Третьякова

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

Оксана Валерьевна Паркина

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

Ольга Евгеньевна Якубенко

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

Зинаида Дмитриевна Морозова

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. Уменьшение числа зеленых зон городов приводит к ухудшению экологической ситуации, снижению уровня жизни горожан и ослаблению городской активности. Благоустройство зеленых зон городов позволит обеспечить комфортабельные условия для жизни и создать рекреационные территории, способные компенсировать возможность пребывания граждан в природной среде. В статье приведены этапы развития концепций озеленения общественных пространств, разработки и введения в работу национального проекта «Водно-зеленый городской каркас» для визуализации внутригородских территорий г. Новосибирска. Проведение визуальных полевых наблюдений исследуемых территорий включало в себя: оценку текущего состояния и потенциала участка, дендрологическое исследование, описание типов озелененных пространств, степень их природной сохранности, возможность увеличения или необходимость снижения антропогенной нагрузки, анализ пешеходной и транспортной доступности каждой из территорий, перспективы развития и благоустройства территории в дальнейшем. В ходе проведения визуальных полевых исследований акцентировалось внимание на геоморфологических и ландшафтных особенностях территории, подробно описывался околородный фитоценоз и характер формирования при воздействии антропогенной нагрузки. Полученные результаты обследования внутригородских территорий фиксировались в протоколах исследований. По итогам натурных исследований отмечено, что природный каркас г. Новосибирска представлен совокупностью территорий, создающих благоприятный для человека средообразующий эффект. В настоящее время околородные территории вдоль малых рек г. Новосибирска слабо изучены. Оценка состояния и потенциала развития зеленых территорий, осуществляющих рекреационную и коммуникационную функции, способствует улучшению доступности территории для горожан, зонированию пространств, а также созданию рекомендаций для дальнейших разработок концепций развития каждой из зеленых зон.

Ключевые слова: водно-зеленый городской каркас, национальный проект, состояние насаждений, оценка территорий, древесная и кустарниковая растительность.

Цитирование. Третьякова Р. А., Паркина О. В., Якубенко О. Е., Морозова З. Д. Состояние и перспективы развития околородных территорий г. Новосибирска для построения водно-зеленого каркаса // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 32–37. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.4>

Введение. Городские леса являются важной составляющей при создании рекреационных зон, влияющих на формирование благоприятной экологической среды. Специалисты в области лесного хозяйства могут грамотно оценить состояние насаждений и ре-

комендовать комплекс мероприятий, способствующий комплексному и рациональному лесопользованию.

В период формирования г. Новосибирска (Новониколаевск) по берегам Оби и малых рек строились склады, мельницы, произ-

водства. Бесконтрольная вырубка леса, поверхностные стоки и слив нечистот способствовали загрязнению территории.

В пределах г. Новосибирска насчитывается почти с десяток малых рек и множество небольших озер, прудов и затопленных карьеров. Руслу и долины захламлялись десятилетиями, по берегам разрастались несанкционированные свалки. Малые городские реки превратились в канализационные коллекторы. Низкая экологическая культура – один из факторов, наносящих значительный ущерб не только природе и экологии, но и городской среде [2].

Разработка концепции развития озелененных общественных пространств (ООП) Новосибирска возникла как общественная инициатива. В 2014 г. группа активистов организовала воркшоп с привлечением экспертов из Института урбанистики и дизайна Национального исследовательского университета ИТМО (Санкт-Петербург). Задача концепции состояла в определении характера каждой из основных зеленых территорий города, ее дальнейшего развития и создании эффективной системы управления озелененными общественными пространствами.

В 2017 г. была разработана концепция развития общественных пространств «Зеленый Новосибирск». Тогда же стартовал проект «Формирование комфортной городской среды», который направлен на комплексное развитие общественных территорий [2].

В феврале 2021 г. в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» стартовал пилотный проект в сфере умных городов «Водно-зеленый городской каркас» [1].

Водно-зеленый городской каркас (ВЗГК) – это система, которая должна стать основой для городского планирования. В нее входят городские леса, парки, скверы и зеленые общественные пространства, приречные пространства и долины малых рек. Цель реализации проекта заключается в снижении влияния людей на окружающую среду и в установлении баланса, который был нарушен десятилетиями индустриализации [4].

Материалы и методы исследования. Для визуализации внутригородских территорий г. Новосибирска в рамках национального проекта «Водно-зеленый городской каркас» была создана рабочая группа специалистов с

привлечением студентов, обучающихся по направлению подготовки «Лесное дело» Новосибирского государственного аграрного университета.

Основные результаты выполнения натурных обследований территорий пойм малых рек и водоемов Новосибирска фиксировались в протоколах исследований.

В ходе проведения визуальных полевых исследований акцентировалось внимание на геоморфологических и ландшафтных особенностях территории (меандры, глубина вреза и крутизна склонов речной долины, наличие осыпей, оползней склонов, заболоченных участков, заросших кустарником или деревьями берегов, поврежденных деревьев, кустарников и травяного покрова); характере берегов, русла, наличии эрозии береговой линии, заилении русла, наносах в реке; наличии гидротехнических сооружений (путей подъезда, подхода, возможности спуска к воде); степени антропогенного воздействия (открытая автостоянка, капитальные гаражи, металлические гаражи, строительная площадка, несанкционированные свалки, мусор и т. п.); объектах пользования (мосты, мостки, в том числе самодельные, тропинки вдоль реки, поляны, следы от костра и пикников, кормушки для птиц, места для сидения (бревна, пни, самодельные лавки), места для ночлега, «жилища», места рыбалки).

Дендрологическое исследование территории включало в себя описание типов озелененных пространств, степень их природной сохранности, ценности, возможности увеличения или необходимости снижения антропогенной нагрузки и т. д. [1]. При оценке состояния деревьев в протоколах исследования указывалось качественное состояние дерева (хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное) и затем в скобках или в отдельной графе уточнялась его характеристика, с дополнительной информацией и принадлежностью к одной из категорий состояния [3].

Результаты и обсуждение. Проведена оценка степени рекреационной дигрессии участков. Уделялось внимание описанию наземных, прибрежно-водных растений.

В ходе изучения фитоценоза исследуемой территории выделяли инвазивные растения, эдификаторы, интродуценты. Среди них,

в частности, клен ясенелистный, недотрога желёзнокосная и золотая розга канадская, а также борщевик Сосновского, который начал распространяться в пойме реки Плющи.

На рисунке 1 показаны маршруты следования рабочей группы по берегам р. Плющи (выше железной дороги) и ее притоков. На исследуемых участках по перемещению с одной локации на другую произведена гео- и фотофиксация.

Маршрут № 10 (рис. 1А). Крутизна склонов речной долины 15–65°, промоины глубиной 0,5–30 см. Отмечено наличие заболочен-

ных участков. Берега заросшие прибрежными, луговыми травами и кустарниками. Вдоль берега поврежденные деревья и кустарники, участки с поврежденным травяным покровом.

Маршрут № 13 (рис. 1Б). Крутизна склонов речной долины 50–60°, на территории озера имеются заболоченные участки, на левом берегу наблюдаются осыпи, оползни, овраги. Присутствуют заросли кустарников и прибрежных трав, отмечено наличие поврежденных деревьев и кустарников после пожара.

Маршрут № 15 (рис. 1В). Крутизна склонов речной долины 5°, промоины 0,5–1 м глу-

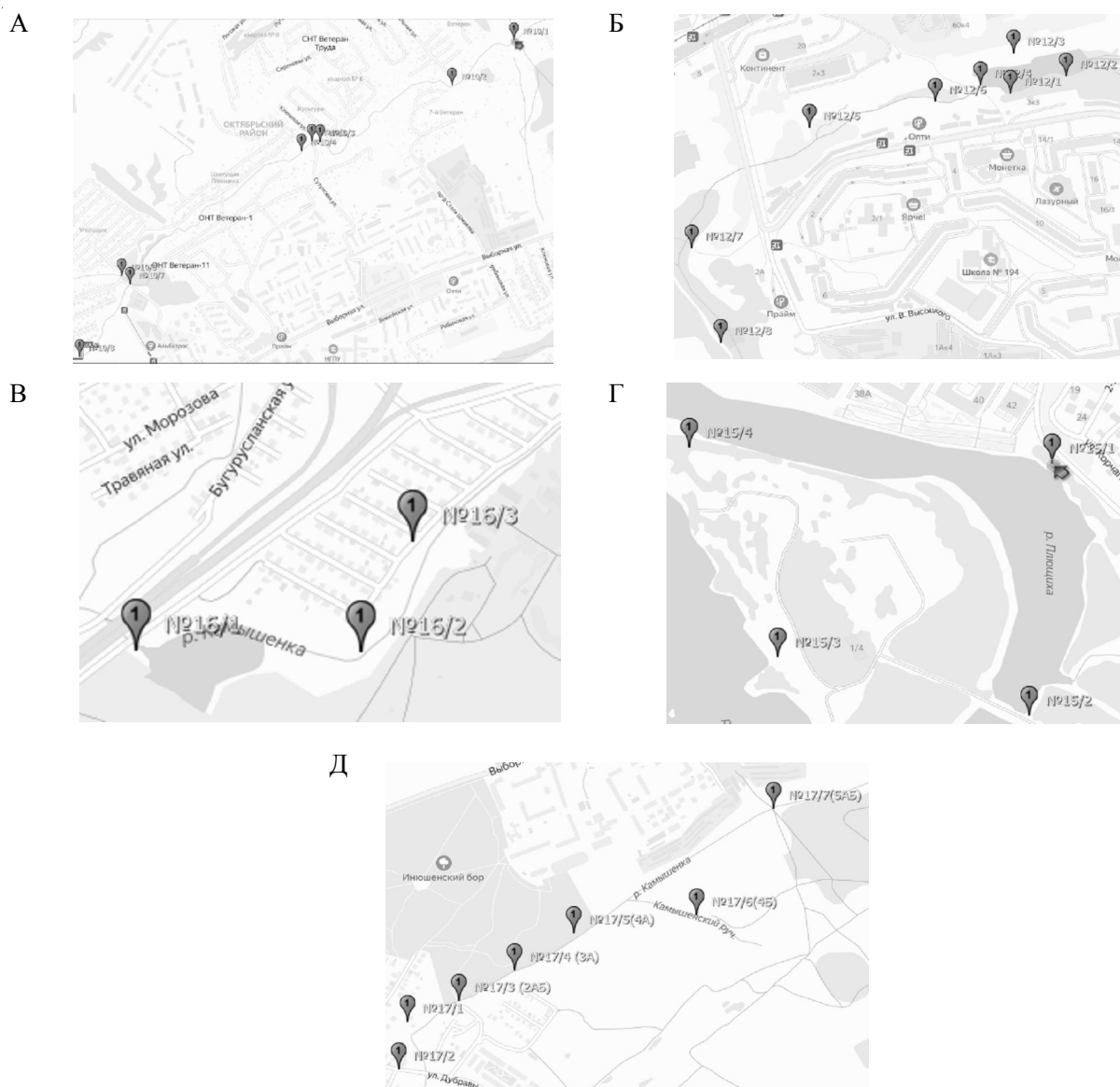


Рис. 1. Маршруты следования рабочей группы по выполнению натуральных обследований берегов р. Плющи и ее притоков:

А – маршрут № 10; Б – маршрут № 13; В – маршрут № 15; Г – маршрут № 16; Д – маршрут № 17

биной, присутствуют заболоченные участки. Вблизи исследуемой территории располагается автомобильная бетонная дорога. Вдоль берега отмечено наличие поврежденных деревьев, зарослей прибрежных луговых трав. Травяной покров – вытоптан, затоплен.

Маршрут № 16 (рис. 1Г). Крутизна склонов речной долины 35–80°, промоины глубиной 0,5–1 м. По периметру участка присутствуют осыпи, овраги. Вдоль берега отмечено наличие поврежденных деревьев, зарослей прибрежных луговых трав.

Маршрут № 17 (рис. 1Д). Крутизна склонов речной долины на участке, примерно, 35–80°, промоины глубиной 0,5–1 м. Берега обрывистые, местами пологие, эрозия береговой линии не наблюдается. Участки водотока с убыстренным течением, видны пороги и илистые отмели. Возможность спуска и прохода вдоль воды отсутствует.

В результате проведенных исследований установлено, что преобладающими породами на участках в основном являются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), также из древесных пород встречаются клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Borkh.), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.). Живой напочвенный покров представлен такими видами, как крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), осока (*Carex aenea*), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), земляника обыкновенная (*Fragaria vesca* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.).

Природный каркас города представляет собой совокупность всех природных объектов на территории, создающих благоприятный для человека средообразующий эффект, который складывается из рекреационных, санитарно-гигиенических и микроклиматических параметров.

Основные результаты проведения полевых работ на территориях пойм малых рек и водоемов показали, что вдоль берегов отмечено наличие пешеходных самодельных троп (настил из ветвей и строительного мусора), образование несанкционированных свалок из строительного и бытового мусора.

Заключение. В настоящее время околводные территории вдоль малых рек г. Новосибирска слабо изучены. Для детального изучения, обобщения и систематизации данных обследования необходимо разработать единую базу данных, программу или мобильное приложение по проекту «Водно-зеленый городской каркас» для сбора, хранения и обработки полученной информации. Создание данной программы должно сопровождаться современным техническим оснащением: карты местности, привязка к системе координат, создание точки маршрута, отслеживание пути движения, электронный протокол исследований и т. д. С помощью данной модернизированной системы станет возможным анализ большего объема информации с меньшими затратами времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В мэрии объявили о создании рабочей группы, которая займется разработкой концепции водно-зеленого каркаса Новосибирска. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://novo-sibirsk.ru/major/news_1153/276542/ (дата обращения: 23.10.2021).
2. Зеленый Новосибирск. Концепция развития озелененных общественных пространств общегородского значения. Кн. 1 / А. М. Архипова, С. А. Гижицкая, К. А. Голодяев [и др.]. – Новосибирск : Издательский Дом «Вояж», 2017. – 128 с.
3. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения: 01.10.2021).
4. IFLA Europe Projects – International Federation of Landscape Architects. – Electronic data. – Mode of access: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (date of access: 20.03.2022).

REFERENCES

1. *Vmerii obyavili o sozdanii rabochei grupy, kotoraya zaimetsya razrabotkoi kontseptsyi vodno-zelenogo karkasa Novosibirsk* [The Mayor's Office Announced the Creation of a Working Group, Which will Develop the Concept of a Water-green Framework of Novosibirsk]. URL: https://novo-sibirsk.ru/major/news_1153/276542/ (date of access: 23.10.2021).
2. Arkhipova A.M., Gizhitskaya S.A., Golodyaev K.A., et al. *Zelenyi Novosibirsk*.

Kontseptsyya razvitiya ozelenennykh obshchestvennykh prostranstv obshchegorodskogo znacheniya. Kn. 1 [Green Novosibirsk. Concept of Development of Green Public Spaces of Citywide Significance. Book 1]. Novosibirsk, Voyazh Publ., 2017. 128 p.

3. *Postanovlenie Pravitelstva RF ot 9 dekabrya 2020 g. № 2047 «Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoi bezopasnosti v lesakh»* [Decree of the Government of

the Russian Federation of December 9, 2020 No 2047 On Approval of the Rules for Sanitary Safety in Forests]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (date of access: 01.10.2021).

4. *IFLA Europe Projects, International Federation of Landscape Architects*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (date of access: 20.03.2022).

Information About the Authors

Tret'yakova Raisa Alekseevna, Post-graduate Student of the Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubova St, 160, 630039 Novosibirsk, Russian Federation, rtreyakova@yandex.ru

Parkina Oksana Valer'evna, Candidate of Agriculture Sciences, Head of the Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubova St, 160, 630039 Novosibirsk, Russian Federation, Parkinaoksana@yandex.ru

Yakubenko Ol'ga Evgen'evna, Senior Lecturer of the Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubova St, 160, 630039 Novosibirsk, Russian Federation, o.e.yakubenko@yandex.ru

Morozova Zinaida Dmitrievna, Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubova St, 160, 630039 Novosibirsk, Russian Federation, sina-15@yandex.ru

Информация об авторах

Третьякова Раиса Алексеевна, аспирант кафедры лесного хозяйства, Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, 630039 г. Новосибирск, Российская Федерация, rtreyakova@yandex.ru

Паркина Оксана Валерьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой лесного хозяйства, Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, 630039 г. Новосибирск, Российская Федерация, Parkinaoksana@yandex.ru

Якубенко Ольга Евгеньевна, старший преподаватель кафедры лесного хозяйства, Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, 630039 г. Новосибирск, Российская Федерация, o.e.yakubenko@yandex.ru

Морозова Зинаида Дмитриевна, аспирант кафедры лесного хозяйства, Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, 630039 г. Новосибирск, Российская Федерация, sina-15@yandex.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

UDC 631.111.3:528.77:528.72

LBC 40.3(5Ирк)

GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE STATE OF AGRICULTURAL LAND IN SOUTHERN IRAQ

Mohammed Raheema Abdullah Al-Chaabawi

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Valery G. Yuferev

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The current state of agricultural lands is considered on the basis of geoinformation analysis of their spatial location in the southern part of the interfluvium of the Tigris and Euphrates (Republic of Iraq) and their cartographic assessment is presented. The subject of the study, the agricultural landscapes of the southern part of the interfluvium of the Tigris and Euphrates, are the standards characteristic of floodplain ecosystems. The results obtained using computer mapping and analysis of the state of agricultural lands can be used to form an ecological framework of sustainable landscapes, as well as to identify and map degradation processes in landscapes of analogues. The main results of the research are the development of a local geoinformation system (GIS) based on modern computer technologies and the creation of thematic electronic maps of agricultural landscapes, characterized by multidimensional mapping of the thematic situation. As a result of the work, the spatial characteristics and structure of the relief were determined, thematic mapping of the state of the components of agricultural landscapes using GIS technologies and space-time analysis of satellite images was carried out. Thus, geoinformation studies of the southern part of the interfluvium of the Tigris and Euphrates made it possible to establish the spatial characteristics of the relief, the area of cultivated land, to identify the actual use of land for agricultural production. It has been established that almost everywhere in the studied agricultural landscapes there is an overgrowth of abandoned, uncultivated fields with semi-shrubs and herbaceous plants. It is noted that the main factor of degradation of agricultural lands in the studied territory of the Iraqi Republic is salinization, which is associated with the widespread use of irrigation systems, which negatively affects the state of soil and vegetation cover, leads to deterioration of climatic and microclimatic indicators in agricultural landscapes.

Key words: geoecological condition of the territory, agricultural lands, landscape, land degradation, geoinformation systems, satellite images, space maps, interfluvium of the Tigris and Euphrates, Republic of Iraq.

Citation. Al-Chaabawi M.R.A., Ivantsova E.A., Yuferev V.G. Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Land in Southern Iraq. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 38-44. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЮГЕ ИРАКА

Мохаммед Рахема Абдуллах Аль-Чаабави

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Валерий Григорьевич Юферев

ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрено современное состояние сельскохозяйственных земель на основе геоинформационного анализа их пространственного размещения в южной части междуречья Тигра и Евфрата (Республика Ирак) и представлена их картографическая оценка. Предмет исследования, сельскохозяйственные ландшафты южной части междуречья Тигра и Евфрата, являются эталонами, характерными для пойменных экосистем. Результаты, полученные с использованием компьютерного картографирования и анализа состояния сельскохозяйственных земель, могут быть использованы для формирования экологического каркаса устойчивых ландшафтов, а также для выявления и картографирования процессов деградации в ландшафтах-аналогах. Главные результаты проведенных исследований заключаются в разработке на базе современных компьютерных технологий локальной геоинформационной системы (ГИС) и создании тематических электронных карт сельскохозяйственных ландшафтов, отличающихся многомерным картографированием тематической ситуации. В результате работы определены пространственные характеристики и структура рельефа, осуществлено тематическое картографирование состояния компонентов агроландшафтов с использованием ГИС-технологий и пространственно-временного анализа космоснимков. Таким образом, геоинформационные исследования южной части междуречья Тигра и Евфрата позволили установить пространственные характеристики рельефа, площади обрабатываемых земель, выявить фактическое использование земель для производства сельскохозяйственной продукции. Установлено, что практически повсеместно в исследуемых агроландшафтах наблюдается зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями. Отмечено, что главным фактором деградации земель сельскохозяйственного назначения на исследуемой территории Республики Ирак является засоление, которое связано с широким использованием систем орошения, что негативно сказывается на состоянии почвенного и растительного покрова, приводит к ухудшению климатических и микроклиматических показателей в агроландшафтах.

Ключевые слова: геоэкологическое состояние территории, сельскохозяйственные земли, ландшафт, деградация земель, геоинформационные системы, космоснимки, космокарты, междуречье Тигра и Евфрата, Республика Ирак.

Цитирование. Аль-Чаабави М. Р. А., Иванцова Е. А., Юферев В. Г. Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 38–44. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

Введение. Процессы деградации сельскохозяйственных земель в южной части междуречья Тигра и Евфрата в результате действия как антропогенных, так и природных факторов приводят к ухудшению почвенного и растительного покрова, ухудшению климата и микроклимата региона исследований. Здесь процессы деградации выражаются в первую очередь изменением плодородия почв и их засолением,

что приводит к выводу земель из использования. В связи с этим актуальным является применение методов геоинформационного анализа с использованием данных актуальных космоснимков высокого разрешения, что позволит достичь цели исследования выявить и оценить состояние сельскохозяйственных земель, установить процессы деградации и на базе геоинформационных аналитических слоев разраба-

тивать и проводить эффективную защиту сельскохозяйственных земель от деградации.

В результате исследований на основе геоинформационной оценки сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата получены новые данные о состоянии сельскохозяйственных земель, об их пространственном размещении в рельефе и установлении возможности защиты таких земель от деградации. Практическая значимость связана с разработкой тематических картографических слоев для обеспечения проектных работ по защите земель сельскохозяйственного назначения от деградации.

Материалы и методы исследования.

Объекты исследований – сельскохозяйственные ландшафты южной части междуречья Тигра и Евфрата являются эталонами, характерными для пойменных экосистем. Поэтому результаты, полученные с использованием компьютерного картографирования и анализа состояния сельскохозяйственных земель, могут быть использованы для формирования экологического каркаса устойчивых ландшафтов, а также для выявления и картографирования процессов деградации в ландшафтах аналогах.

Исследования сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата основываются на методологии дистанционной оценки состояния агроландшафтов с использованием геоинформационного картографирования и картографического анализа тематических карт, разработанных по данным аэрокосмического зондирования. Использование результатов дистанционного зондирования для исследования сельскохозяйственных ландшафтов обеспечивает получение информации о состоянии их поверхности на большой площади, позволяя при этом существенно уменьшить объем наземных исследований. Применение геоинформационных технологий для картографирования пространственных данных обеспечивает разработку картографических слоев, отражающих информацию, привязанную к географическим координатам, что обеспечивает новый научный уровень исследований.

Дешифрирование космоснимков является основой для геоинформационного картографирования и выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов и их оценки [4; 5; 7; 8]. В настоящее время для анализа изучаемых

наземных объектов применяются в основном оптические сканерные снимки и результаты радарного обследования, полученные современными спутниками дистанционного зондирования Земли.

Оптико-электронные системы, установленные на спутниках, предоставляют пространственную информацию о подстилающей поверхности в различных диапазонах длин электромагнитных волн [2; 6].

Наибольший практический интерес представляют мультиспектральные данные в свободном доступе с космических аппаратов нового поколения, среди которых Sentinel 2 (13 спектральных каналов), Landsat 8 (11 спектральных каналов). Снимки сверхвысокого разрешения можно получить со спутников WorldView-3, 4 (8 каналов).

Методические основы исследований сельскохозяйственных ландшафтов и их компонентов разработаны Б.В. Виноградовым, В.Г. Юфевым и др. [3; 7].

При геоинформационном картографировании используются специализированные программы (например, QGIS 3.22), представляющие собой создание геоинформационных слоев, которые отражают определенные характеристики земель изучаемого района.

Картографирование сельскохозяйственных угодий с использованием данных дистанционного зондирования отличается преобладанием камеральных работ по отношению к полевым исследованиям.

Картографирование сельскохозяйственных ландшафтов по Б.В. Виноградову включает: 1) предварительное дешифрирование снимков; 2) полевое эталонирование; 3) экстраполяцию дешифровочных признаков; 4) полевой контроль; 5) окончательное дешифрирование и составление карт. Дешифрирование космоснимков для составления карт отличается выделением каркаса и текстуры изображения для определения границ объектов. В работах В.Р. Авада, Д.В. Лопатина, В.Г. Юферева и др. [1; 7] представлены современные способы составления тематических карт сельскохозяйственных ландшафтов.

Тестовый полигон «Джулуб» площадью 1724,4 га размещен на территории района Эль Джулуб и представляет собой сельскохозяйственные земли, расположенные в пойме рек

Тигр и Нахр-эль-Маджария с аллювиальными почвами (см. рис. 1).

В результате проведенных исследований установлено, что применение географических информационных систем обеспечивает сбор, обработку, отображение и использование пространственных данных о землях сельскохозяйственного назначения, способах их защиты от деградации, интеграцию их в системные модели агролесоландшафтов для рационального использования при решении задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением территориальной организацией агроландшафта.

Результаты и обсуждение

Для установления особенностей изменения рельефа на полигоне «Джулуб» построен модельный профиль (рис. 2) длиной 7,25 км. Начало профиля в точке с координатами: 31° 31' 49" N, 47° 24' 55" E и окончанием в точке 31° 27' 50" N, 47°

24' 11" E. Высота рельефа в начальной точке 7,6 м, а в конечной 4,0 м. Минимальная высота в понижениях 1,5 м, максимальная высота 9,3 м. Общая крутизна поверхности 0,03°, что соответствует субгоризонтальной поверхности. Максимальная крутизна поверхности по профилю 5,0°. Максимальный перепад высот 7,8 м.

При анализе территории тестового полигона выявлен 271 укрупненный участок территории площадью 1608,9 га, из которых 142 участка площадью 649,7 га используются для выращивания сельскохозяйственных культур, 52 участка обрабатываемых полей площадью 376,8 га зарастают кустарниками и полукустарниками (см. табл. 1). Отмечена большая доля территории с засоленными и выведенными из использования полями.

Пространственная структура использования земель на территории тестового полигона «Джулуб» показана на карте размещения полей (см. рис. 3).

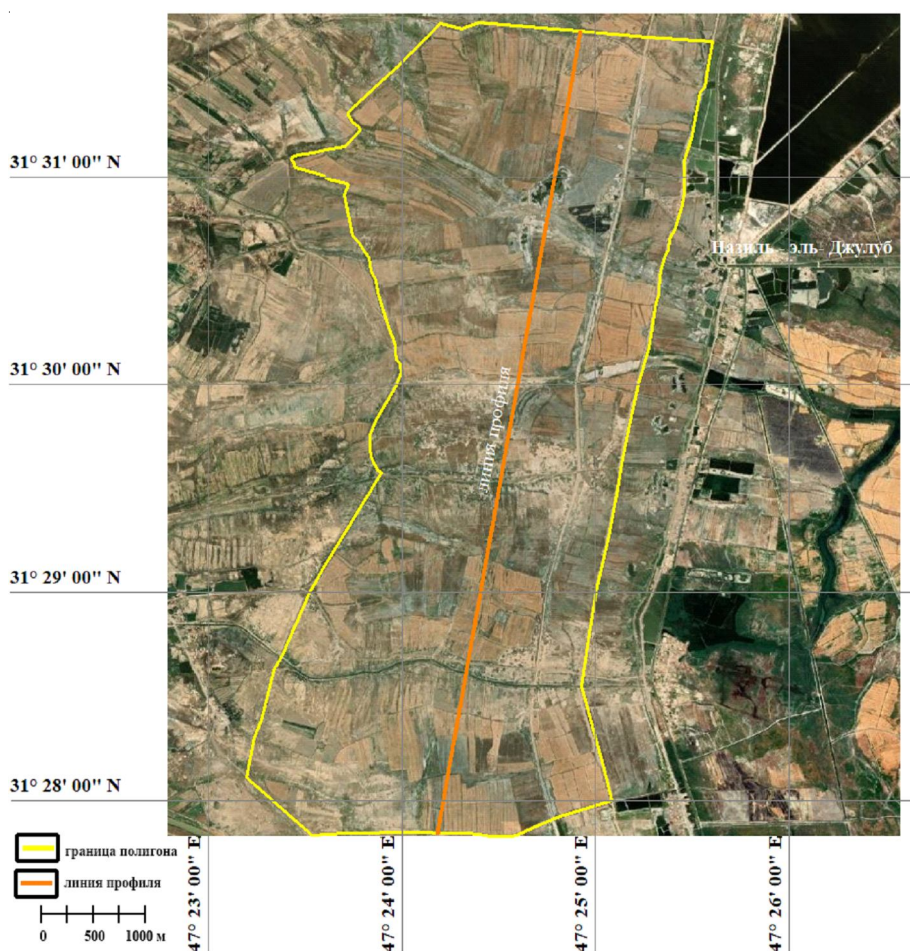


Рис. 1. Космокарта тестового полигона «Джулуб» с линией профиля

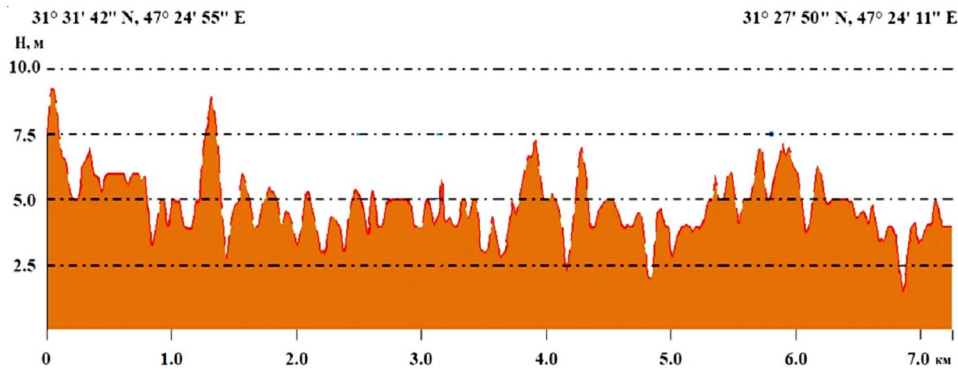


Рис. 2. Модельный профиль рельефа на территории полигона «Джулуб»

Таблица 1

Основные характеристики и использование полей на территории тестового полигона «Джулуб»

Поля	Кол-во участков, шт	Площадь, га	Средняя площадь поля, га	Средняя крутизна, градусы	Средняя высота, м
Используемые	142	649,7	4,6	1,6	5,4
Зарастающие	52	376,8	7,2	1,7	5,2
Засоленные	38	141,1	3,7	1,5	5,6
Неиспользуемые	38	441,1	11,6	1,7	5,8
Затопленные	1	0,2	0,2	0,6	4,4
<i>Всего</i>	271	1608,9	5,9	0,6	5,4

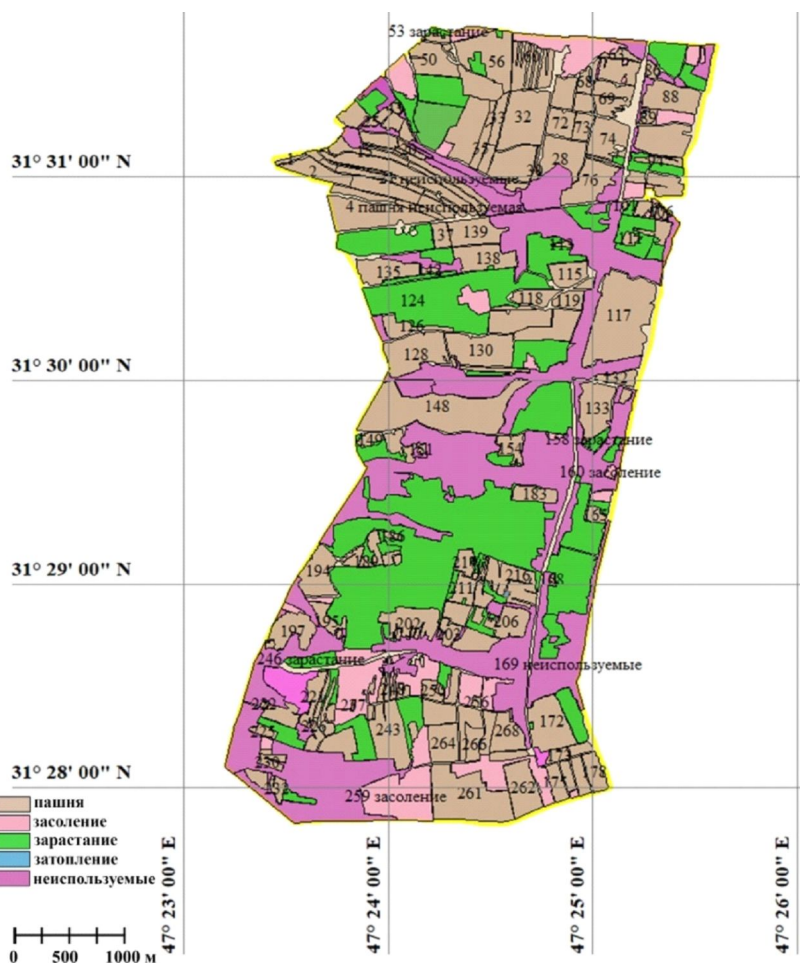


Рис. 3. Карта пространственной структуры использования земель на территории тестового полигона «Джулуб»

Установлено, что большую площадь земель (582,4 га) на тестовом полигоне занимают 77 участков территории, непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур, засоленных, подтопленных и низкопродуктивных.

Заключение

Таким образом, геоинформационные исследования тестовых полигонов на территории провинции Майсан позволили установить пространственные характеристики рельефа, площади обрабатываемых земель, выявить фактическое использование земель для производства сельскохозяйственной продукции и выявить структуру древесной растительности. Отмечается зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авад, В. Р. Гидрологические и гидрогеологические особенности Ирака и пути преодоления процесса опустынивания / В. Р. Авад, Д. В. Лопатин // Экзогенные рельефообразующие процессы : материалы XXXIV Пленума геоморфологической комиссии РАН. – Волгоград, 2014. – С. 1–5.
2. Бакланов, А. И. Новые горизонты космических систем оптико-электронного наблюдения Земли высокого разрешения / А. И. Бакланов // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 17–28. – DOI: <https://doi.org/10.30894/issn2409-0239.2018.5.3.17.28>
3. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М. : ГЕОС, 1998. – 418 с.
4. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России / В. В. Новочадов, А. С. Рулев, В. Г. Юферев, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – Т. 1, № 53. – С. 151–158. – DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-19>
5. Иванцова, Е. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С. 357–366. – DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-02-37>
6. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с.
7. Юферев, В. Г. Геоинформационные методы оценки параметров деградации земель / В. Г. Юферев, М. В. Юферев // Степи Северной Евразии : материалы VI Международного симпозиума и VIII Международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». – Оренбург, 2012. – С. 835–839.
8. Desk Study on the Environment in Iraq. – United Nations Environment Programme, 2003. – 98 p.

REFERENCES

1. Avad V.R., Lopatin D.V. Hidrologicheskie i gidrogeologicheskie osobennosti Iraka i puti preodoleniya processa opustynivaniya [Hydrological and Hydrogeological Features of Iraq and Ways to Overcome the Desertification Process]. *Ekzogennye relefoobrazuyushchie processy: materialy XXXIV Plenuma geomorfologicheskoi komissii RAN* [Exogenous Relief-forming Processes: Materials of the XXXIV Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences]. Volgograd, 2014, pp. 1-5.
2. Baklanov A.I. Novye gorizonty kosmicheskikh system optiko-elektronnogo nabludeniya Zemli vysokogo razresheniya [New Horizons of High-resolution Optical-electronic Earth Observation Space Systems]. *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsyonnye sistemy* [Rocket and Space Instrumentation and Information Systems], 2018, vol. 5, no. 3, pp. 17-28.
3. Vinogradov B.V. *Osnovy landshaftnoj ekologii* [Fundamentals of Landscape Ecology]. Moscow, Geos, 1998. 418 p.
4. Novochadov V.V., Rulev A.S., Yuferev V.G., Ivantsova E.A. Distantnyonnye issledovaniya i kartografirovaniye sostoyaniya antropogennotransformirovannykh territorij yuga Rossii [Remote Studies and Mapping of the State of Anthropogenically Transformed Territories of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex], 2019, vol. 1, no. 53, pp. 151-158. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-19>
5. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispolzovanie geoinformatsyonnykh tekhnologij i kosmicheskikh snimkov dlya analiza agrolandshaftov [The Use of Geoinformation Technologies and Satellite Images for the Analysis of Agricultural Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa:*

Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex], 2021, no. 2(62), pp. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-02-37>

6. Chandra A.M., Gosh S.K. *Distanstyonnoe zondirovanie i geograficheskie informatsionnye sistemy* [Remote Sensing and Geographic Information Systems]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2008. 312 p.

7. Yuferev V.G. *Geoinformatsionnye metody otsenki paramitrov degradatsyi zemel* [Geoinformation Methods for

Assessing the Parameters of Land Degradation]. *Stepi Severnoj Evrazii: materialy VI Mezhdunarodnogo simpoziuma i VIII Mezhdunarodnoj shkoly-seminara «Geoekologicheskie problemy stepnykh regionov»* [Steppes of Northern Eurasia: Materials of the VI International Symposium and the VIII International School-seminar "Geoecological Problems of Steppe Regions"]. Orenburg, 2012, pp. 835-839.

8. *Desk Study on the Environment in Iraq*. United Nations Environment Programme, 2003. 98 p.

Information about the Authors

Mohammed Raheema Abdullah Al-Chaabawi, Graduate Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ahmedrame513@gmail.com

Elena A. Ivantsova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova.volgu@mail.ru

Valery G. Yuferev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Scientific Officer in the Agroforest landscapes FSC of Agroecology RAS, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, vyuferev@bk.ru

Информация об авторах

Мохаммед Рахема Абдуллах Аль-Чаабави, аспирант, кафедра экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ahmedrame513@gmail.com

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivantsova.volgu@mail.ru

Валерий Григорьевич Юферев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, vyuferev@bk.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.6>

UDC 575.112

LBC 28c51



STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF MANGANESE- AND ZINC-DEPENDENT PROTEINS IN PLANTS GROWING IN THE SOUTH OF RUSSIA

Pavel A. Krylov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Aliya A. Abdulova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Oleg V. Permyakov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Valery V. Novochadov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Modern bioinformatic approaches allow structural and functional analysis of proteins of various organisms for the presence of homologous and non-homologous sites. This study is aimed at identifying structural and functional differences of manganese- and zinc-dependent proteins in common plant species growing on the territory of arid biocenoses of Southern Russia. The main purpose of the work was to study the presence of manganese- and zinc-dependent proteins included in the proteome of common plant species typical of arid territories of Southern Russia. As a result of the analysis of the plant proteome for the presence of manganese- and zinc-dependent proteins, it was found that the degree of study was very low, the number of annotated proteins was 5 pieces only for *Artemisia annua* and *Artemisia lercheana*, while there was no protein annotation at all for other species. Later, using a bioinformatic search, the presence of a manganese-permeable Photosystem II protein D1 protein and a zinc-dependent Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta was found in all plants. Structural analysis of sequences using multiple alignment showed that there are strong structural differences in the manganese-dependent Photosystem II protein D1 protein between *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia Sophia*, *Tripleurospermum inodorum* and *Xanthium albinum*, and for the zinc-dependent protein Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta in *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus* and *Descurainia sophia*, which is associated with a variety of amino acid substitutions, including conservative and weakly conservative sites. The obtained results of the study showed a low degree of knowledge and description of the structural and functional properties of metal-dependen.

Key words: metal-dependent proteins, manganese, zinc, bioinformatics, multiple alignment, plants of arid biocenoses.

Citation. Krylov P.A., Abdulova A.A., Permyakov O.V., Novochadov V.V. Structural and Functional Analysis of Manganese- and Zinc-Dependent Proteins in Plants Growing in the South of Russia. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.6>

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
МАРГАНЕЦ- И ЦИНК-ЗАВИСИМЫХ БЕЛКОВ
У РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ЮГЕ РОССИИ****Павел Андреевич Крылов**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Алия Аликовна Абдулова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Олег Валерьевич Пермяков

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Валерий Валерьевич Новочадов

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Современные биоинформационные подходы позволяют проводить структурно-функциональный анализ белков различных организмов на наличие гомологичных и негомологичных участков. Данное исследование направлено на выявление структурно-функциональных различий марганец- и цинк-зависимых белков у распространенных видов растений, произрастающих на территории аридных биоценозов Юга России. Основной целью работы являлось изучение наличия марганец- и цинк-зависимых белков, входящих в протеом распространенных видов растений, типичных для аридных территорий Юга России. В результате анализа протеома растений на наличие марганец- и цинк-зависимых белков было обнаружено, что степень изученности очень низка, число аннотированных белков составило 5 штук только для *Artemisia annua* и *Artemisia lercheana*, в то время как для других видов аннотация белков вообще отсутствовала. В дальнейшем с помощью биоинформационного поиска было обнаружено наличие общего у всех растений марганец-зависимого белка Photosystem II protein D1 и цинк-зависимого Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta. Структурный анализ последовательностей с помощью множественного выравнивания показал, что имеются сильные структурные различия в марганец-зависимом белке Photosystem II protein D1 между *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Tripleurospermum inodorum* и *Xanthium albinum*, а для цинк-зависимого белка Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta – у *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus* и *Descurainia sophia*, что связано с множеством замен аминокислот, в том числе консервативных и слабоконсервативных участков. Полученные результаты исследования показали низкую степень изученности и описания структурно-функциональных свойств металл-зависимых белков у доминирующих растений, произрастающих на Юге России.

Ключевые слова: металл-зависимые белки, марганец, цинк, биоинформатика, множественное выравнивание, растения Юга России.

Цитирование. Крылов П. А., Абдулова А. А., Пермяков О. В., Новочадов В. В. Структурно-функциональный анализ марганец- и цинк-зависимых белков у растений, произрастающих на Юге России // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 45–53. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.6>

Введение. Изучение металл-зависимых белков, входящих в протеом растений, позволит выявить белки, участвующие в регулировании метаболизма. Такие элементы, как Mn и Zn, относят к жизненно необходимым элементам питания растений при условии их содержания в незначительных концентрациях. Когда концентрации биогенных микроэлементов возрастают, они

также становятся токсичными. Иными словами, если быть точным, нет токсичных элементов, а есть их токсичные концентрации [4; 5; 7]. Отклик растений на влияние тяжелых металлов зависит от видовой принадлежности, экотипа, стадии роста, концентрации металлов, времени экспозиции и по-разному проявляется на различных уровнях организации биологических систем [1].

Марганец является одним из основных микроэлементов. Он играет важную роль как компонент множества ферментов, участвующих в фотосинтезе (фотосистема II), антиоксидантной защите клеток, реакциях окисления, карбоксилирования, метаболизма углеводов, реакциях фосфора и цикле лимонной кислоты [3; 4; 6]. Дефицит Mn может быть серьезным нарушением питания растений в почвах с высоким рН и высоким парциальным давлением O₂, где биологическая доступность Mn может снижаться намного ниже уровня, необходимого для нормального роста растений [8]. Цинк входит в состав ферментов, обеспечивающих синтез аминокислоты – триптофана, являющегося прямым предшественником другого физиологически значимого вещества – индолилуксусной кислоты, входящей в одну из важнейших групп гормонов растений. Присутствие этого металла также необходимо для регуляции экспрессии генома, обеспечиваемой цинк-содержащими факторами транскрипции [4; 9].

В связи с этим марганец и цинк являются эссенциальными металлами для подавляющего большинства растений, особенности их метаболизма у отдельных видов приводят к различиям в потребности этих металлов. Исследования показали, что высокие концентрации марганца и цинка в почве способствуют росту и развитию таких доминантов и субдоминантов аридных фитоценозов, как *Artemisia lercheana* и *Atriplex tatarica*, но препятствуют активному росту *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Lactuca tatarica*, *Tripleurospermum inodorum* и *Xanthium albinum*, *Artemisia absinthium* [2].

Цель работы – выявить наличие и структурно-функциональные особенности марганец- и цинк-зависимых белков у доминирующих растений, произрастающих на территории Юга России.

Материалы и методы. Для анализа были выбраны марганец- и цинк-зависимые белки, участвующие в важных для жизнедеятельности растения процессах – фотосинтез, дыхание и защитные механизмы. Чтобы изучить марганец- и цинк-зависимые белки, были отобраны широко распространенные растения Юга России, такие как *Artemisia annua*, *Artemisia lercheana*, *Atriplex tatarica*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Lactuca tatarica*,

Tripleurospermum inodorum, *Xanthium albinum*. Одним из наиболее изученных является однолетняя полынь *Artemisia annua*, поэтому конкретные металл-зависимые белки изначально рассматривались на примере ее протеома и затем сравнивались с такими же белками у других растений аридного фитоценоза.

Для биоинформатического анализа использовались базы данных свободного доступа: UniProt (SwissProt/TrEMBL), GeneOntology и KEGG. Поиск белков производился по конструктам следующего типа – taxonomy: “cellular organisms” organism: “cichorium intybus” AND manganese. Рассматривались металлы, входящие в состав кофактора и сайта связывания металлов. Результаты анализа включались в таблицы, построенные с помощью Excel (Microsoft, США), и включали в себя следующие строки: название растений, наличие основной информации о металл-зависимых белках из разных баз данных. Поиск Mn- и Zn-зависимых белков доминантных растений, произрастающих на Юге России, производился путем анализа информации в базах данных UniProt и NCBI. Отбор металл-зависимых белков в UniProt производился по колонкам «Function», «Metal-binding», «Cofactor» и «Binding site».

Для визуализации полученной информации были составлены таблицы общего количества белка, количества аннотированных и неаннотированных марганец- и цинк-зависимых белков и наличия исследуемых белков с их функциями у рассматриваемых растений.

Для определения структурных сходств белков каждого из растений производилось выравнивание их аминокислотных последовательностей с помощью инструмента для множественных выравниваний ClustalOmega (<https://www.ebi.ac.uk/>). Оценка качества выравнивания осуществлялась на основе показателя процента идентичности.

Результаты и их обсуждение. Результаты анализа протеомов растений представлены в таблице 1, где хорошо отражена степень неизученности, несмотря на то, что рассматриваемые растения широко распространены как на Юге России в целом, так и по Волгоградской области. Крупные базы данных содержат мало сведений о количестве, свойствах и функциях белков рассматриваемой флоры. Полностью секвенированный хло-

ропластный геном присутствует только у 3 видов: *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia Sophia*.

Аннотированные металл-зависимые белки присутствуют у 2 видов: 10 у *Artemisia annua* и 4 у *Cichorium intybus*. Тогда как *Artemisia lercheana*, *Atriplex tatarica*, *Descurainia sophia*, *Lactuca tatarica*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium albinum* не имеют ни одного аннотированного белка. А протеом таких представителей, как *Artemisia lercheana* и *Xanthium albinum* среди всех используемых баз данных представлен всего одним слабоизученным белком.

Наибольшая часть металл-зависимых белков протеома рассматриваемых растений является неаннотированной, либо вообще не изучены (табл. 2). Для видов *Artemisia lercheana* и *Lactuca tatarica* нет никакой информации о наличии марганец- и цинк-зависимых белках. Самым результативным видом является *Artemisia annua* – единственный представитель, у которого присутствуют аннотированные марганец- и цинк-зависимые белки.

Поскольку марганец- и цинк-зависимые белки, участвующие в таких биологических процессах, как фотосинтез, дыхательная цепь, регуляция клеточного цикла и метаболизма, были отобраны на основе протеома *Artemisia annua*, это растение имеет все анализируемые белки в базе данных UniProt (см. табл. 3).

В связи с тем, что протеомы рассматриваемых растений изучены плохо, большая часть белков у них найдена не была. Mn-зависимый белок Photosystem II protein D1, выполняющий фотосинтетические функции, обнаружен у 6 видов: *Artemisia annua*, *Artemisia lercheana*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium albinum*.

Однако у *Tripleurospermum inodorum* и *Xanthium albinum* известны только частичные последовательности этого белка. Zn-зависимый белок Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta, участвующий в липидном метаболизме, найден у 4 видов: *Artemisia annua*, *Artemisia lercheana*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*.

Таблица 1

Белки искомых растений аридных биоценозов в разных базах данных

Растения	Базы данных			Общее количество аннотированных белков
	Общее количество белков			
	UniProt	GeneOntology	KEGG	
<i>Artemisia annua</i>	66482	10	-	15
<i>Artemisia lercheana</i>	1	-	-	-
<i>Atriplex tatarica</i>	7	-	-	-
<i>Cichorium intybus</i>	317	4	-	9
<i>Descurainia sophia</i>	148	-	-	-
<i>Lactuca tatarica</i>	5	-	-	-
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	14	-	-	-
<i>Xanthium albinum</i>	1	-	-	-

Таблица 2

Металл-зависимые белки у рассматриваемых растений Юга России согласно базе данных UniProt

Растения	Металл-зависимые белки				
	Общее количество	Аннотированные		Неаннотированные	
		Mn	Zn	Mn	Zn
<i>Artemisia annua</i>	6622	4	1	339	6278
<i>Artemisia lercheana</i>	-	-	-	-	-
<i>Atriplex tatarica</i>	1	-	-	-	-
<i>Cichorium intybus</i>	5	-	-	2	3
<i>Descurainia sophia</i>	5	-	-	2	3
<i>Lactuca tatarica</i>	-	-	-	-	-
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	1	-	-	1	-
<i>Xanthium albinum</i>	1	-	-	1	-

Наличие изменений в белках Photosystem II protein D1 у *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium albinum* и Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta – у *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia* было выявлено с помощью множественного выравнивания аминокислотных последовательностей этих белков посредством инструмента Clustal Omega. Полученное выравнивание для Photosystem II protein D1 можно считать некачественным, поскольку некоторые из выравниваемых последовательностей были неполными (см. рис. 1). Это может быть причиной того, что данный белок у *Xanthium albinum* в сравнении с другими имеет невысокое сходство (<90 %). Для выравнивания Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta

использовались полные последовательности. По результатам выравнивания можно сказать, что последовательности одного и того же белка рассматриваемых растений сильно отличаются – присутствует множество замен аминокислот, в том числе консервативных и слабоконсервативных, а также делеции и вставки (рис. 2).

Исходя из полученных данных, последовательности Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta имеют низкую идентичность (табл. 4).

Среди известных аминокислотных последовательностей у найденных белков Photosystem II D1 (psbA) растений *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia Sophia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium albinum* есть 2 неполных, наименьший из которых состоит всего из 9 аминокислотных остатков.

Таблица 3

Металл-зависимые белки у рассматриваемых растений Юга России

Белок	Функции	Растения
Mn-зависимые		
Photosystem II protein D1	Фотосинтез (Фотосистема II)	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i> <i>Cichorium intybus</i> <i>Descurainia sophia</i> <i>Tripleurospermum inodorum</i> <i>Xanthium albinum</i>
Serine/threonine-protein phosphatase PP2A catalytic subunit (EC 3.1.3.16)	Регуляция клеточного цикла	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
S-adenosylmethionine synthase (EC 2.5.1.6)	Катализ образования S-аденозилметионина	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Isocitrate dehydrogenase [NADP] (EC 1.1.1.42)	Каталитическое окислительное декарбоксилирование изоцитрата	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
S-adenosylmethionine synthase	Катализирует превращение S-аденозилметионина из метионина и АТФ	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Zn-зависимые		
ATP-dependent zinc metalloprotease FTSH, chloroplastic	Металлопротеиназа	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta (EC 6.4.1.2)	Регуляция метаболизма жирных кислот	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i> <i>Cichorium intybus</i> <i>Descurainia sophia</i>
Glutamate--tRNA ligase, chloroplastic/mitochondrial (EC 6.1.1.17)	Регуляция тРНК	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Carbonic anhydrase (EC 4.2.1.1)	Обратимая гидратация углекислого газа	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Protein arginine methyltransferase (EC 2.1.1.320)	Метилтрансфераза	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
E3 ubiquitin-protein ligase (EC 2.3.2.27)	Убиквитин-лигаза	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>
Histidinol dehydrogenase (EC 1.1.1.23)	Окисление L-гистидинола до L-гистидина	<i>Artemisia annua</i> <i>Artemisia lercheana</i>

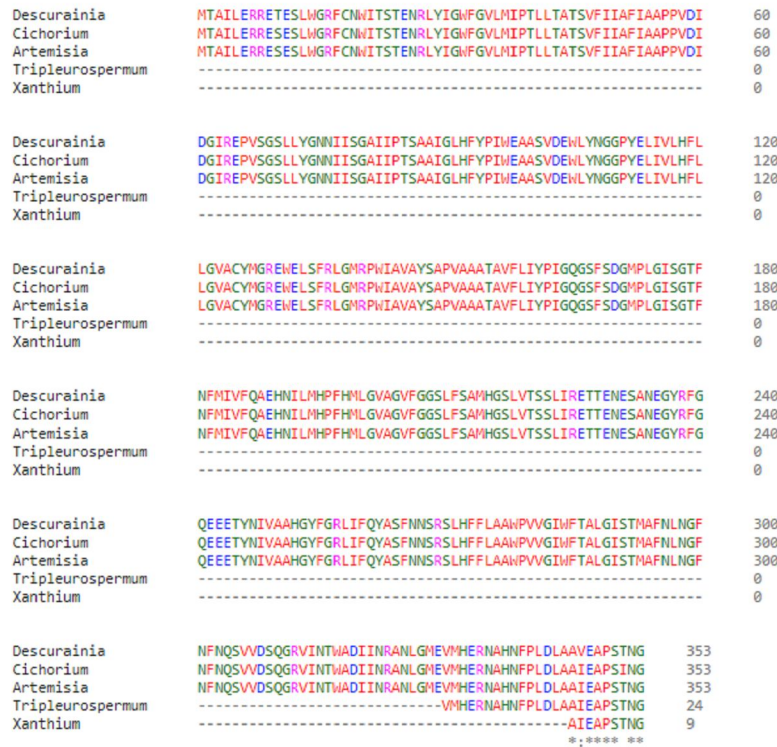


Рис. 1. Множественное выравнивание Photosystem II D1 (psbA)



Рис. 2. Множественное выравнивание Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta

Исходя из этого, и из того, что в ходе полного выравнивания этот короткий фрагмент оказался в самом конце выравнивания, можно удалить переднюю часть последовательностей вплоть до начала этого короткого известного фрагмента последовательности белка (рис. 3). Это можно сделать, поскольку большая отсутствующая часть последовательности у известного фрагмента белка может определиться алгоритмом Clustal Omega как полиморфная область, однако нам извест-

но, что это не делеция, а нехватка информации по белку.

Произведя таким образом выравнивание, получили сравнение концевых участков аминокислотных последовательностей белка Photosystem II D1 (psbA) рассматриваемых растений (рис. 3). Процент сходства таких участков указан в таблице 5. Как видно, процент сходства белков уменьшился по сравнению с тем выравниванием, где использовались полные последовательности белка. Возмож-

```

Descurainia      AVEAPSTNG 9
Artemisia       AIEAPSTNG 9
Tripleurospermum AIEAPSTNG 9
Xanthium        AIEAPSTNG 9
Cichorium       AIEAPSTNG 9
                *.*.*.*.*

```

Рис. 3. Результат множественного выравнивания концевой участка белка Photosystem II D1 (psbA)

Таблица 4

Сравнительный анализ результатов множественного выравнивания марганец-зависимого белка Photosystem II D1 (psbA) и цинк-зависимого белка Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta у растений Юга России

Растения	Проценты идентичности (Percent Identity) psbA (%)				
	<i>Descurainia sophia</i>	<i>Cichorium intybus</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	<i>Xanthium albinum</i>
<i>Descurainia sophia</i>	100,00	99,15	99,43	95,83	88,89
<i>Cichorium intybus</i>	99,15	100,00		95,83	88,89
<i>Artemisia annua</i>	99,43	99,72	100,00	100,00	100,00
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	95,83	95,83	100,00	100,00	100,00
<i>Xanthium albinum</i>	88,89	88,89	100,00	100,00	100,00
Растения	Проценты идентичности (Percent Identity) accD (%)				
	<i>Descurainia sophia</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Cichorium intybus</i>	-	-
<i>Descurainia sophia</i>	100,00	66,95	65,24	-	-
<i>Artemisia annua</i>	66,94	100	87,23	-	-
<i>Cichorium intybus</i>	65,24	87,23	100,00	-	-

Таблица 5

Проценты идентичности на основании выравнивания концевой участка последовательности белка Photosystem II D1 (psbA)

Растения	Проценты идентичности (Percent Identity) psbA				
	<i>Descurainia sophia</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	<i>Xanthium albinum</i>	<i>Cichorium intybus</i>
<i>Descurainia sophia</i>	100,00	88,89	88,89	88,89	77,78
<i>Artemisia annua</i>	88,89	100,00	100,00	100,00	88,89
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	88,89	100,00	100,00	100,00	88,89
<i>Xanthium albinum</i>	88,89	100,00	100,00	100,00	88,89
<i>Cichorium intybus</i>	77,78	88,89	88,89	88,89	100,00

но, что данные белки растений *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia Sophia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium albinum* действительно сильно различаются, однако это невозможно утверждать без наличия полных последовательностей.

Заключение. Полученные результаты биоинформационного анализа протеома растений Юга России, с использованием разных баз данных, на наличие марганец- и цинк-зависимых белков показали низкую степень изученности, проявляющуюся в отсутствии как самих протеомов, так и аннотации белков. Единственным растением, распространенным на Юге России, которое имело достаточно аннотированный протеом, оказалось *Artemisia annua*. Было обнаружено наличие общего у всех растений Юга России марганец-зависимого белка Photosystem II protein D1 и цинк-зависимого Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta. Множественное выравнивание позволило выявить и описать сильные структурные различия в марганец-зависимом белке Photosystem II protein D1 между *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus*, *Descurainia sophia*, *Tripleurospermum inodorum* и *Xanthium albinum*, а для цинк-зависимого белка Acetyl-CoA carboxylase carboxyl transferase subunit beta – у *Artemisia lercheana*, *Artemisia annua*, *Cichorium intybus* и *Descurainia sophia*, что связано с множеством замен аминокислот, в том числе консервативных и слабоконсервативных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние меди, никеля и кадмия на рост и некоторые физиологические параметры сеянцев *Pinus silvestris* и *Picea abies* (Pinaceae) / И. В. Дроздова, Н. В. Алексеева-Попова, А.И. Беляева, И. Б. Калимова // Растительные ресурсы. – 2014. – Т. 50, № 4. – С. 554–566.

2. Исследование металлзависимых белков доминирующих видов растений и микроорганизмов в аридных агробиоценозах Волгоградской области / В. В. Новочадов, Е. А. Иванцова, П. А. Крылов [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2018. – Т. 20, № 4. – С. 173–182. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.4.16>

3. Симонова, О. А. Эффекты избытка марганца (II) на рост и антиоксидантный статус проростков ячменя / О. А. Симонова, М. В. Симонов, Е. В. Товстик // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 4. – С. 369–378. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.369-378>

4. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.

5. Influence of life form, taxonomy, climate, and soil properties on shoot and root concentrations of 11 elements in herbaceous plants in a temperate desert / M. He, F. A. Dijkstra, K. Zhang [et al.] // Plant and Soil. – 2016. – Vol. 39, № 102. – P. 339–350. – DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2669-0>

6. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation, and resistance mechanisms / R. Millaleo, M. Reyes-Dhaz, A. G. Ivanov [et al.] // J. Soil Sci. Plant Nutr. – 2010. – Vol. 10, № 4. – P. 476–494. – DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>

7. Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses / E. F. Santos, J. M. Kondo Santini, A. P. Paixro [et al.] // Plant Physiol. Biochem. – 2017. – Vol. 113. – P. 6–19. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.01.022>

8. Schmidt, S. B. Manganese Deficiency in Plants: The Impact on Photosystem II / S. B. Schmidt, P. E. Jensen, S. Husted // Trends Plant Sci. – 2016. – Vol. 21, № 7. – P. 622–632. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.03.001>

9. Zinc in plants / M. R. Broadley, P. J. White, J. P. Hammond [et al.] // New Phytol. – 2007. – Vol. 173. – P. 677–702.

REFERENCES

1. Drozdova I.V., Alekseeva-Popova N.V., Beljaeva A.I., Kalimova I.B. Vliyanie medi, nikelya i kadmiya na rost i nekotorye fiziologicheskie parametry seyantsev *Pinus silvestris* i *Picea abies* (Pinaceae) [Effect of Copper, Nickel and Cadmium on Growth and Some Physiological Parameters of Seedlings of *Pinus Sylvestris* and *Picea Abies* (pinaceae)]. *Rastitelnye resursy*, 2014, vol. 50, no. 4, pp. 554–566.

2. Novochadov V.V., Ivantsova E.A., Krylov P.A., et al. Issledovanie metallzavisimykh belkov dominiruiushchikh vidov rastenii i mikroorganizmov v aridnykh agrobiotsenozakh Volgogradskoi oblasti [The Study Metal Binding Protein Dominant Types of Plants and Microorganisms in Agrobiocenosis of the Volgograd Region]. *Vestnik*

Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3, Ekonomika. Ekologiya [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System], 2018, vol. 20, no. 4, pp. 173-182. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.4.16>

3. Simonova O.A., Simonov M.V., Tovstik E.V. Effekty izbytko margantsa (II) na rost i antioksidantnyi status prorostkov yachmenia [The Effect of Manganese (II) excess on Growth and Antioxidant Status of Barley Seedlings]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East], 2020, vol. 21, no. 4, pp. 369-378. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.369-378>

4. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. *Tyazhelye metally i rasteniya* [Heavy Metals and Plants]. Petrozavodsk, Karelian Scientific Center of the RAS, 2014. 194 p.

5. He M., Dijkstra F.A., Zhang K., et al. Influence of Life Form, Taxonomy, Climate, and Soil Properties on Shoot and Root Concentrations of 11 Elements in

Herbaceous Plants in a Temperate Desert. *Plant and Soil*, 2016, vol. 398, no. 102, pp. 339-350. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2669-0>

6. Millaleo R., Reyes-Diaz M., Ivanov A.G., et al. Mn as Essential and Toxic Element for Plants: Transport, Accumulation, and Resistance Mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 2010, vol. 10, no. 4, pp. 476-494. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>

7. Santos E.F., Kondo Santini J.M., Paixro A.P., et al. Physiological Highlights of Manganese Toxicity Symptoms in Soybean Plants: Mn Toxicity Responses. *Plant Physiol. Biochem*, 2017, vol. 113, pp. 6-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.01.022>

8. Schmidt S.B., Jensen P.E., Husted S. Manganese Deficiency in Plants: The Impact on Photosystem II. *Trends Plant Sci*, 2016, vol. 21, no. 7, pp. 622-632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.03.001>

9. Broadley M.R., White P.J., Hammond J.P., et al. Zinc in Plants. *New Phytol*, 2007, vol. 173, pp. 677-702.

Information About the Authors

Krylov Pavel Andreevich, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, krylov.pavel@volsu.ru

Abdulova Aliya Alikovna, Student of Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation. iananash@mail.ru

Permyakov Oleg Valer'evich, graduate student of Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation. bot@volsu.ru

Novochadov Valery Valer'evich, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, novochadov.valeriy@volsu.ru

Информация об авторах

Крылов Павел Андреевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, krylov.pavel@volsu.ru

Абдулова Алия Аликовна, студент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация iananash@mail.ru

Пермяков Олег Валерьевич, аспирант кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, bot@volsu.ru

Новочадов Валерий Валерьевич, доктор медицинских наук, профессор, кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, novochadov.valeriy@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.7>

UBC 504.455; 574.52; 551.435.326

LBC 26.889



PHYTOINDICATION OF THE FORMATION PROCESS OF VOLGOGRAD RESERVOIR'S ABRASION-ACCUMULATIVE SHALLOWS¹

Maria S. Baranova

Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, Volzhskiy, Russian Federation

Anna I. Kochetkova

Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, Volzhskiy, Russian Federation

Elena S. Bryzgalina

Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, Volzhskiy, Russian Federation

Oleg V. Filippov

Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, Volzhskiy, Russian Federation

Abstract. Active formation of abrasion-accumulative shallows in very close to the coastline of the Volgograd reservoir occurs as a result of coasts abrasion and alongshore sediments transport. The overgrowth of reservoirs by higher aquatic vegetation, in addition to the level regime, is determined by the process of coastal abrasion and the formation of coastal shallows. The purpose of this research is detection of phytoindicators of the shallows development process. Data of field researches of the Volgograd reservoir by 2010–2020, archival data 1962–2010, literary sources, satellite images are materials of this paper. Field and analytical research methods were applied in this work. The growth of coastal shallows continues now, because the process of abrasion continues dynamically. Active development of shallows from 1962-2010 with the attenuation of the process at the end of the period contributed to the formation of higher aquatic vegetation thickets in shallow waters and an increase in the degree of overgrowth from 0,9 % to 10,5 %. Water level fluctuation became the limiting factor of overgrowth of shallow waters in 2010–2018. We allocated 3 stages of abrasion-accumulative shallows development depending on the distribution of higher aquatic vegetation communities. These stages are early, mature and fading ones. Active bays separation begins when coastal shallow converts to the fading stage. Dynamic development of formations of submerged hydrophytes and helophytes in the bays entrance gates indicates to this stage. Phytoindicators of the process are submerged hydrophytes such as pierced-leaved pondweed, brilliant-leaved pondweed and combed-leaved pondweed and helophytes such as common reed and narrow-leaved cattail.

Key words: Volgograd reservoir, abrasion-accumulative shallows, overgrowth, phytoindication, development stages of coastal shallows, process of bays separation.

Citation. Baranova M.S., Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S., Filippov O.V. Phytoindication of the Formation Process of Volgograd Reservoir's Abrasion-Accumulative Shallows. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 54-66. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.7>

УДК 504.455; 574.52; 551.435.326
ББК 26.889

ФИТОИНДИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ОТМЕЛЕЙ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ¹

Мария Сергеевна Баранова

Волжский филиал Волгоградского государственного университета,
г. Волжский, Российская Федерация

Анна Игоревна Кочеткова

Волжский филиал Волгоградского государственного университета,
г. Волжский, Российская Федерация

Елена Сергеевна Брызгалина

Волжский филиал Волгоградского государственного университета,
г. Волжский, Российская Федерация

Олег Васильевич Филиппов

Волжский филиал Волгоградского государственного университета,
г. Волжский, Российская Федерация

Аннотация. Следствием размыва берегов и вдольберегового транспорта наносов стало активное формирование абразионно-аккумулятивных отмелей в непосредственной близости от береговой линии Волгоградского водохранилища. Зарастание водохранилищ высшей водной растительностью помимо уровня режима определяется процессом размыва берегов и формирования прибрежных отмелей. Целью нашего исследования стало выявление фитоиндикаторов процесса развития отмелей. Материалами работы послужили данные полевых исследований Волгоградского водохранилища 2010–2020 гг., архивные данные 1962–2010 гг., литературные источники, спутниковые снимки. Полевые методы исследования включают в себя: батиметрическую съемку отмелей, стандартные методы наблюдения за отступанием бровки берега, оконтуривание растительных группировок, геоботаническое описание высшей водной растительности. Применены следующие аналитические методы: картографический, графический, математический, методы работы со спутниковыми снимками и ГИС-технологиями. В исследовании рассчитана ширина прибрежных отмелей, вычислена степень зарастания акватории водоема, определены стадии развития отмелей в зависимости от распространения сообществ высшей водной растительности, выявлены виды-фитоиндикаторы процесса развития отмелей и отделения заливов от основной акватории водоема. Нарастание прибрежных отмелей продолжается так как динамично продолжается процесс размыва. Активное развитие отмелей за 1962–2010 гг. с затуханием процесса в конце периода способствовало формированию на мелководьях зарослей высшей водной растительности и увеличению степени зарастания с 0,9 % до 10,5 %. В 2010–2018 гг. лимитирующим фактором зарастания мелководий стало колебание уровня воды. В зависимости от распространения сообществ высшей водной растительности выделено 3 стадии развития абразионно-аккумулятивной отмели: ранняя, зрелая и затухающая. Активное отделение залива начинается при переходе береговой отмели в зрелую стадию. На это указывает динамичное развитие в устье залива формаций погруженных гидрофитов и гелофитов. Фитоиндикаторами процесса выступают погруженные гидрофиты рдест пронзеннолистный, рдест блестящий и рдест гребенчатый и гелофиты тростник обыкновенный и рогоз узколистный.

Ключевые слова: Волгоградское водохранилище, абразионно-аккумулятивные отмели, зарастание, фитоиндикация, стадии развития прибрежных отмелей, процесс отделения заливов.

Цитирование. Баранова М. С., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., Филиппов О. В. Фитоиндикация процесса формирования абразионно-аккумулятивных отмелей Волгоградского водохранилища // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 54–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.7>

Введение. Процесс разрушения берегов морей и крупных равнинных водохранилищ вместе с производными процессами (вдоль берегового транспорта и седиментации продуктов разрушения) становится на сегодняшний день одним из наиболее актуальных [1, 3, 14, 15, 18, 19]. В результате транспортировки материала с берега в подводную часть водоема происходит формирование прибрежных абразионно-аккумулятивных отмелей (далее – ААО) в непосредственной близости от береговой линии [1; 12].

ААО являются как последствием размыва берегов, так и фактором, влияющим на этот процесс, так как становятся своеобразным барьером, сдерживающим энергию волнения при подступах к береговому уступу [2; 6; 12]. Мерой развития процесса переформирования берега является протяженность выработанной им прибрежной отмели. Предельная ширина отмели приводит к полной диссипации энергии ветровых волн и прекращению размыва берега [11; 12].

Под термином «абразионно-аккумулятивная отмель» в своем исследовании мы будем понимать прибрежную отмель, образованную вследствие аккумуляции продуктов разрушения берегов. По своему генезису ААО относится к аккумулятивным формам. Используя термин «абразионно-аккумулятивные», мы хотим подчеркнуть, что такие формы рельефа сложены продуктами размыва (абразии) берегов.

Переформирование берегов вместе с производными процессами активно развивается и на Волгоградском водохранилище, наиболее динамично – на его озерном участке (плотина Волжской ГЭС – пос. Ровное). С момента наполнения водоема до проектных отметок высот (1961 г.) ширина отмелей устойчиво и достаточно быстро нарастала. Наиболее быстрыми темпами процесс развития ААО идет на левобережье, сложенном менее устойчивым к размыву породами [12].

Мониторинг процесса разрушения берегов Волгоградского водохранилища осуществляется «Волгоградским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – филиалом федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-

Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Волгоградский ЦГМС) с момента наполнения чаши водоема (1960). Начиная с 1997 г., наблюдения за процессом проводились преподавателями направления подготовки «Экология и природопользование» Волжского филиала ВолГУ во время экспедиций по проекту «Волжский плавучий университет». Сеть пунктов многолетних стационарных наблюдений за переформированием берегов водоема (УПБ) в настоящее время состоит из 9 действующих участков, включающих 27 поперечных створов (см. рис. 1).

Большие темпы размыва за весь период существования водохранилища характерны для берегов в пределах расширенных и более глубоких участков водоема (УПБ Бережновка, Новоникольское, Нижний Балыклей). Берега в зонах сужений определяются замедленными темпами отступления (УПБ Бурты, Пролейский и др.) [12]. Среднегодовые темпы размыва в настоящее время составляют на левом берегу 1,25–2,08 м/г, на правом – 0,10–0,42 м/г [2].

Высшая водная растительность (далее – ВВР; макрофиты) выступает одним из главных компонентов аквального ландшафта, поддерживающего геоэкологическое равновесие в нем. Макрофиты выполняют важную средообразующую, трофическую функцию в водных экосистемах. ВВР участвует в процессах формирования качества воды, обеспечивает новообразование органического вещества в процессе фотосинтеза [4; 9; 11; 16; 17; 20]. Заращение Волгоградского водохранилища, помимо уровня режима, определяется процессом размыва берегов и формирования прибрежных отмелей [7].

Заращение, при его чрезмерном развитии, может оказывать негативное воздействие на экосистему водоема. Заросли водных растений оказывают гидравлическое сопротивление потоку, уменьшают скорость течения воды и увеличивают скорость осаждения взвешенных веществ [11]. ВВР формирует около 30 % общей первичной продукции водоема. Однако интенсивное заращение приводит к деградации наиболее ценных рыбопродуктивных мелководных участков [13].

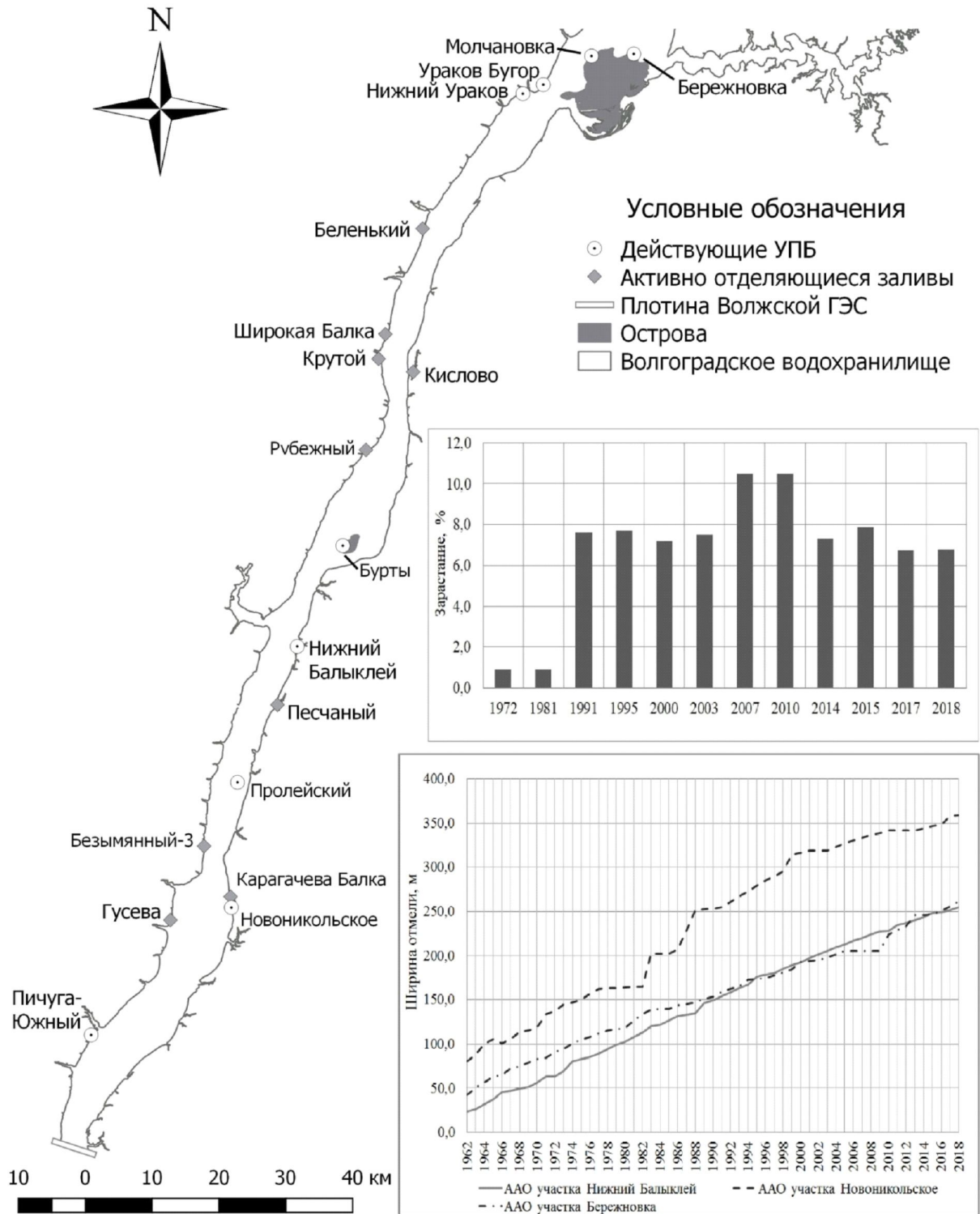


Рис. 1. Обзорная карта Волгоградского водохранилища с действующими УПБ и активно отделяющимися заливами

Целью настоящего исследования стало выявление фитоиндикаторов процесса формирования прибрежных абразионно-аккумулятивных отмелей.

Задачи исследования:

- 1) провести расчет ширины прибрежных отмелей действующих УПБ Волгоградского водохранилища;
- 2) вычислить степень зарастания акватории водоема;
- 3) определить стадии развития отмелей в зависимости от распространения сообществ высшей водной растительности;
- 4) выявить виды-фитоиндикаторы процесса развития отмелей и отделения заливов от основной акватории Волгоградского водохранилища.

Материалы и методы

1. Ширина прибрежных отмелей.

В работе использованы материалы профилирования в пределах береговых отмелей УПБ за 1962–1995 гг. (данные предоставлены в рамках сотрудничества Волгоградским ЦГМС) и 1999–2000, 2009–2010 гг. (данные Волжского филиала ВолГУ). Следует отметить, что профилирование на всех поперечных створах последний раз проводилось в 1994–2000 годы. В 2009–2010 гг. проводилось профилирование только на отдельных створах некоторых УПБ.

В 2013–2016 гг. нами была проведена батиметрическая съемка береговых отмелей шести участков. Материалы съемки также послужили основой для получения поперечных профилей и расчета ширины абразионно-аккумулятивной отмели (L).

Полевые методы исследования включают в себя: гидростатическое нивелирование береговых отмелей УПБ с помощью эхолотного комплекса Lawtence; стандартные методы наблюдения за отступанием бровки берега на участках (ЛЗМ-20, нивелировочные комплекты Nikon Ac-2s и H3); определение GPS-координат уреза водохранилища GPS-приемником Garmin.

Применены следующие аналитические методы исследования: математический для проведения необходимых расчетов, анализа и обобщения полученных результатов; графический для построения профилей и получения

взаимосвязи изучаемых величин.

Значения L были определены по графикам поперечных профилей как расстояние от подошвы берегового уступа до внешнего края отмели. На УПБ Молчановка, Пролейский, Ураков Бугор, Пичуга-Южный во время последнего обследования было проведено профилирование на изученных створах. На всех остальных участках вычисление проведено по данным гидростатического нивелирования береговой отмели.

По графикам поперечных профилей в программе Excel были проведены линии тренда и получены уравнения зависимости ширины отмели от количества лет ее развития. Значения коэффициента детерминации (R^2) составляют не менее 0,95, что говорит об установившейся высокой связи между изучаемыми величинами. Дополнительно по линии тренда и полученным уравнениям зависимости мы вычислили значения L на последующие годы, вплоть до 2020.

2. Зарастание мелководий водохранилища.

Материалами работы послужили данные полевых наблюдений зарастания мелководий 2010–2020 гг. в ходе проекта «Волжский плавающий университет», литературные источники и спутниковые снимки Landsat 4-5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 10 (OLI) 1991–2018 гг. (синтез каналов 5-4-3) [21].

Полевые методы включают в себя оконтуривание и геоботаническое описание высшей водной растительности. Сплошное оконтуривание растительных группировок проводилось с лодки с помощью GPS-приемников Garmin. Полевые исследования были реализованы в июле, в период максимальной физиологической активности высших водных растений. При изучении зарастания отмелей использовались методики В.М. Катанской (1981) [5], В.Г. Папченкова (2001) [10], видовой состав ВВР был определен по методике Л.И. Лисицыной, В.Г. Папченкова, В.И. Артеменко (2009) [8].

Для оценки степени зарастания отмелей использовались аналитические методы исследования: картографический метод, методы работы со спутниковыми снимками и ГИС-технологиями, математические методы и метод анализа литературных источников.

Площади зарастания высшей водной растительностью всего Волгоградского водохранилища и его отдельных участков за период 1991–2018 гг. были получены с использованием картографического метода исследования путем векторизации зарослей на базе программных комплексов ScanEx Image Processor 3.6.9 и ArcGis 10.3. Выделение макрофитов производилось методом ISODATA. Корректность результатов дешифрирования снимков проверялась данными полевого картографирования репрезентативных участков зарастания. Процент зарастания рассчитывался как отношение площади участка водохранилища к соответствующему значению площади зарослей на нем.

Результаты и их обсуждение

1. *Ширина абразионно-аккумулятивных отмелей исследованных участков Волгоградского водохранилища.*

Анализ массива данных с 1962 г. показал, что происходит постепенное нарастание отмелей всех изученных участков, что говорит об активном продолжении процесса переформирования берега (см. табл.). На береговых отмелях участков активного размыва (Бережновка, Нижний Балыклей, Новоникольское) выявлен практически линейный тренд увеличения L, несмотря на некоторое замедление процесса с 1990 г. (см. графики на рис. 1). Наибольшую ширину среди всех изученных к 2020 г. имеют ААО этих участков (250–370 м). Прибрежная отмель расширяется за счет наращивания призмы размыва. Поступившие в результате отступления берега наносы на ней практически не накапливаются.

У всех остальных действующих УПБ наблюдается некоторое замедление нарастания отмелей в процессе их развития: Пичуга-Южный (с 1970 г.), Молчановка (с 1973 г.), Ураков Бугор (с 1990 г.), Пролейский (с 1995 г.), Нижний Ураков (с 2000 г.), Бурты

Ширина абразионно-аккумулятивных отмелей УПБ Волгоградского водохранилища

Название участка, берег	№ профиля	Год последнего обследования	L, м		Среднегодовая скорость нарастания отмели в современный период, м/год
			На момент обследования	Расчет на 2020 г.	
Участки с периодом наблюдения с 1958 г.					
Бережновка, берег острова	60	2013	246	270	4,4
	61	2013	246	273	4,2
	62	2013	246	260	5,4
Молчановка, берег острова	57	1994	86	142	2,9
	58	1994	91	161	3,1
	59	1994	94	195	3,2
Нижний Балыклей, левый	52	2015	248	257	4,6
	53	2015	248	261	4,5
	54	2015	248	260	4,6
Новоникольское, левый	49	2013	342	368	8,0
	50	2013	342	370	8,0
	51	2013	342	369	8,2
Пичуга-Южный, правый	5	2010	32	42	0,9
	6	2010	32	39	1,1
Участки с периодом наблюдения с 1987 г.					
Бурты, берег острова	1	2015	156	159	1,6
	2	2015	156	161	2,2
Пролейский, берег острова	2	2016	155	157	2,3
	3	2016	154	157	2,5
Ураков Бугор, правый	1	2000	17	21	0,4
	2	2000	19	21	0,5
	3	2000	18	21	0,5
Нижний Ураков, правый	1	2013	162	164	2,6
	2	2013	162	165	2,2
	3	2013	162	163	2,7

(с 2010 г.). Однако процесс все еще продолжается невысокими темпами (рис. 2). Эти участки определяются значительно меньшей скоростью разрушения берега, вынесенный материал успевает аккумулироваться в пределах ААО. УПБ Бурты, Пролейский, Нижний Ураков, Молчановка характеризуются средней скоростью отступления берега. Их отмели, согласно вычислениям, тоже имеют значительную ширину к 2020 г. (150–160 м и более). Минимальные значения L имеют правобережные участки Пичуга-Южный и Ураков Бугор (20–30 м), что объясняется особенностями этих УПБ. Значительная высота берегового склона, устойчивые к размыву породы в литологическом составе берега обуславливают относительно малое количество вынесенного материала, который практически не накапливается на отмели.

Расчеты на 2020 г. показали, что значения L по всем профилям одного и того же участка практически не отличаются, что говорит о надежности применяемого метода вычислений. Исключение составил профиль № 62 УПБ Бережновка, где полученные значения L на 10–12 м меньше ширины отмели на соседних профилях. Это связано с погрешностью при проведении последних полевых

обследований этого профиля. На участке Молчановка последние полевые работы были проведены в 1994 г., поэтому на 2020 г. был получен очень грубый тренд, что объясняет большую разницу в полученных значениях. Ширина ААО в период 2001–2020 гг. по той же причине получилась несколько завышенной, учитывая общую тенденцию замедления нарастания отмелей остальных изученных участков (рис. 2).

II. *Зарастание мелководий водохранилища. Стадии развития прибрежных отмелей в зависимости от распространения сообществ ВВР.*

Зарастание Волгоградского водохранилища в целом носит пульсирующий характер и определяется внешними факторами, вызывающими флуктуационные изменения в его ходе. Первая фаза медленного зарастания акватории водохранилища охватывает период с 1972 по 1991 г. (0,9 % от площади водоема). Вторая фаза быстрого импульсивного зарастания характерна для периода с 1991 по 2010 гг. (7,6–10,5 %). По классификации В.Г. Папченкова (2001), водохранилище с 1991 г. по 2010 г. является слабо заросшим [10]. Период 2010–2018 гг. отличается уменьшением площади зарослей макрофитов (см. диаг-

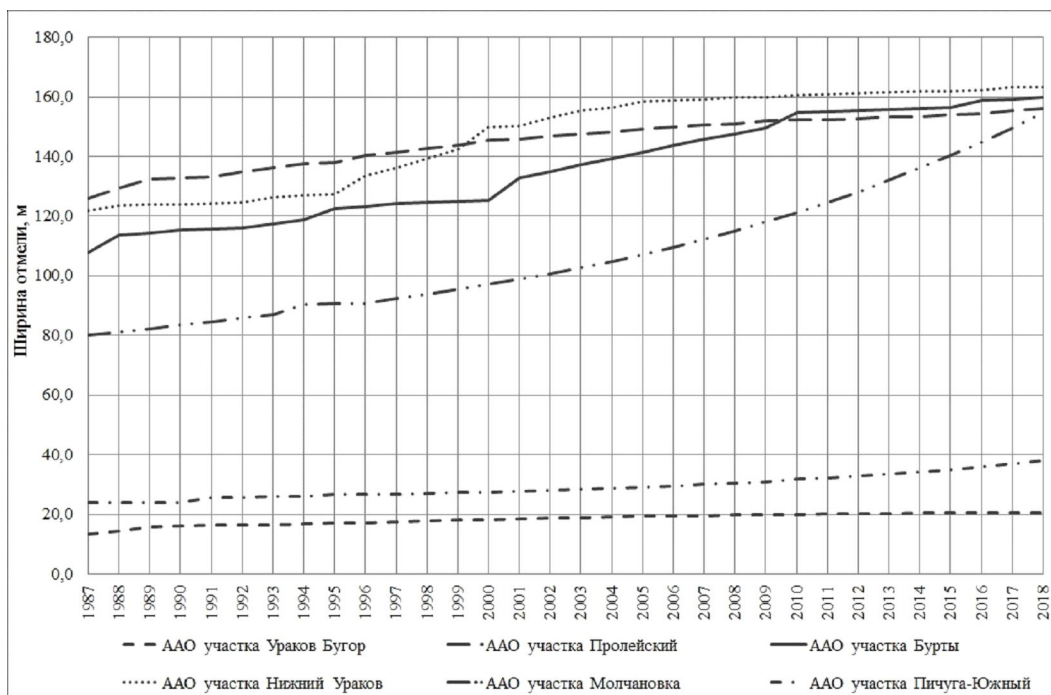


Рис. 2. Развитие абразионно-аккумулятивных отмелей участков со средней и низкой скоростью отступления берега (1987–2020 гг.)

рамма на рис. 1) со степенью зарастания от 10,5 % до 6,8 %.

По графикам на рисунке 1 можно сделать вывод, что при замедлении темпов формирования абразионно-аккумулятивных отмелей происходит их интенсивное зарастание высшей водной растительностью. При достижении гидродинамического равновесия процесса размыва макрофиты закрепляются на отмелях [7; 11]. Первые значительные флуктуации зарастания отмечены в 1991 году. Небольшой скачок степени зарастания наблюдается в 2007–2010 гг., когда произошло замедление прироста отмелей всех действующих участков. Начиная с этого интервала, в процессе зарастания водохранилища наблюдается регресс, определяемый другим показателем – колебаниями уровня воды (рис. 3).

Авторами было выделено 3 стадии развития абразионно-аккумулятивной отмели в зависимости от распространения сообществ высшей водной растительности [6]:

1. Ранняя стадия характеризуется отсутствием развитых формаций ВВР в зоне активного развития процесса размыва берега. На завершение стадии указывает появление пионерных групп рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) у внешнего края

отмели или тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) в зоне уреза [7]. На ранней стадии находятся отмели участков активного размыва берегов. (Новоникольское, Бережновка, Нижний Балыклей) и ААО участка с замедленным темпом размыва берега Ураков Бугор.

2. Зрелая стадия отличается формированием мозаики погруженных гидрофитов на мелководье с тяготением ее фрагментов к внешнему краю отмели и гелофитов в зоне уреза. Среди гидрофитов абсолютно преобладает рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.). Эту формацию изредка дополняют другие виды рдестов, или виды других родов [7]. На зрелую стадию развития перешли ААО участков Молчановка, Нижний Ураков, Пичуга-Южный.

3. Затухающая стадия характеризуется ослаблением геодинамических процессов и ускоренным зарастанием зрелой отмели погруженными и воздушно-водными видами. Пионер пляжей – тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) все активнее вторгается в подводную часть отмели. Здесь же развиваются формации видов рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.) и сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.)

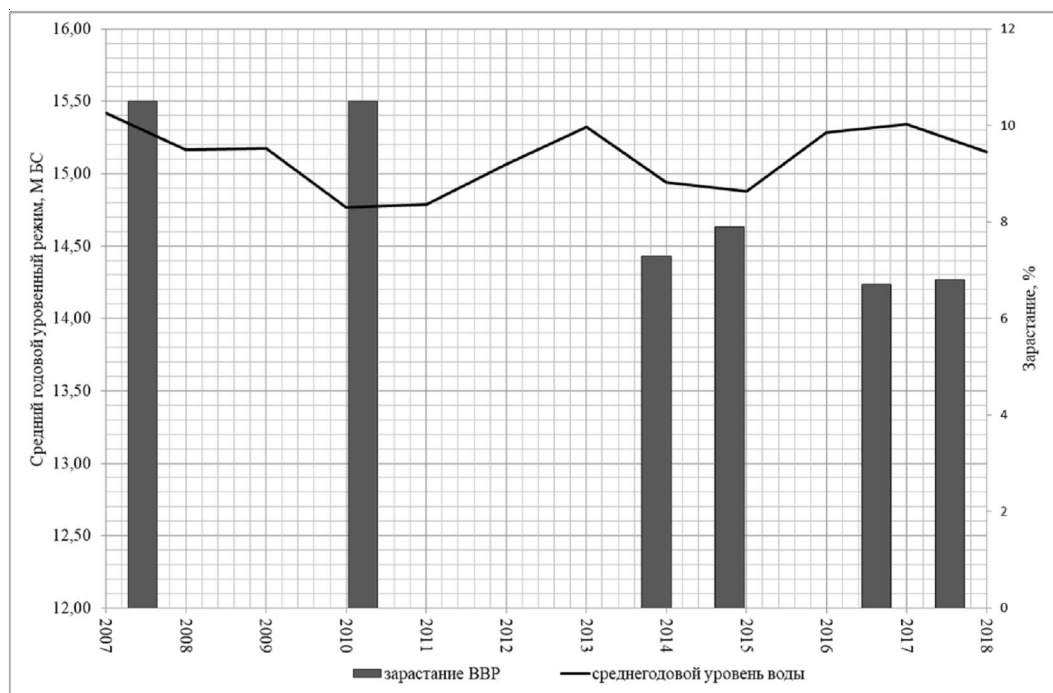


Рис. 3. Зарастание высшей водной растительностью мелководий Волгоградского водохранилища и среднегодовой уровень воды за 2007–2018 гг.

Признаком завершения процесса размыва, по-видимому, следует считать смыкание формаций гелофитов в зоне уреза [7]. В затухающую стадию перешли отмели островных участков Бурты и Пролейский примерно с 2010 года.

III. *Фитоиндикация процесса отделения заливов от основной акватории водоема.*

Следствием вдольберегового транспорта наносов стало полное или частичное отделение заливов Волгоградского водохранилища абразионно-аккумулятивными пересыпями. Началом для каждой пересыпи служит внешний край отмели, окончанием – ее береговой уступ в заливе.

Входные створы заливов в активной и завершающей стадии отделения динамично зарастают воздушно-водной и погруженной растительностью. При активизации процесса нарастания пересыпи в устье залива происходит интенсивное нарастание донного порога, то есть увеличение площади мелководной зоны. На формирующихся мелководьях создаются благоприятные экологические условия для развития высшей водной растительности.

Происходит динамичное зарастание мелководной части входных створов активно отделяющихся заливов и прилегающего участка акватории водохранилища погруженными гидрофитами. В составе гидрофитов абсолютно преобладает рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.). В меньшей степени встречаются рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.) и отдельные ассоциации рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinalis* L.). Например, в устьевых створах заливов Рубежный, Кислово, Гусева и других. Полевыми обследованиями 2020 г. отмечена активизация процесса отделения залива Гусева и появление формаций рдеста пронзеннолистного на мелководье ближе к середине входного створа. В то время как устьевые створы заливов в начальной стадии отделения (Местный Рубежный, Яблоновый) зарастают гидрофитами только на мелководье у уреза.

Зона уреза во входных створах активно отделяющихся заливов динамично зарастает гелофитами. Характерно образование густых зарослей макрофитов у входного створа в залив на глинистом, суглинистом и песчаном субстратах. Данный тип фитоценоза больше распространен на левобережье Волгоградского

водохранилища (Песчаный, Карагачева Балка), реже встречается и на правом берегу (Крутой, Широкая Балка). Преобладают формации тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) с небольшими включениями рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.).

На рисунке 4 приведены схемы зарастания продольных профилей входных створов активно отделяющихся заливов Рубежный и Кислово. На продольных профилях видно, что происходит практически полное зарастание устьевых створов заливов высшей водной растительностью. В условиях интенсивного зарастания входного створа происходит увеличение скорости осаждения взвешенных веществ, что ускоряет процесс занесения и отделения залива.

Выявленные закономерности развития формаций ВВР указывают на зрелую стадию развития абразионно-аккумулятивной отмели. При переходе береговой отмели в зрелую стадию начинается динамичное развитие донного порога и надводной части пересыпи во входном створе залива.

Выводы

1. В настоящее время продолжается нарастание абразионно-аккумулятивных отмелей всех изученных участков берега Волгоградского водохранилища, так как динамично продолжается процесс размыва. Среднегодовая скорость нарастания отмелей на УПБ с высокой скоростью отступления берега составляет 4,2–8,2 м/год, со средней скоростью – 1,6–3,2 м/год, со слабой скоростью – 0,4–1,1 м/год.

2. Активное развитие абразионно-аккумулятивных отмелей за 1962–2010 гг. с затуханием процесса в конце периода способствовало формированию на мелководьях зарослей высшей водной растительности и изменению степени зарастания с 0,9 % до 10,5 %. В 2010–2018 гг. лимитирующим фактором зарастания мелководий с изменением показателя с 10,5 % до 6,8 % является колебание уровня режима.

3. В зависимости от распространения сообществ высшей водной растительности выделено 3 стадии развития абразионно-аккумулятивной отмели. Ранняя стадия характеризуется отсутствием развитых формаций ВВР в

зоне активного развития процесса размыва берега (отмели трех УПБ). Зрелая – формированием мозаики погруженных гидрофитов на мелководье и гелофитов в зоне уреза (отмели четырех УПБ). Затухающая отличается ускоренным зарастанием зрелой отмели погруженными и воздушно-водными видами (отмели двух УПБ).

4. Активное формирование донного порога и надводной части пересыпи во входном створе залива начинается при переходе береговой отмели в зрелую стадию. На это указывает динамичное развитие в устье залива формаций погруженных гидрофитов и гелофитов.

5. В качестве фитоиндикаторов активизации процесса отделения залива и перехода

прибрежной отмели в зрелую стадию выступают погруженные гидрофиты: рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), в меньшей степени, рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.) и рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinalis* L.). Фитоиндикаторами процесса являются и гелофиты: тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) и, в меньшей степени, розог узколистный (*Typha angustifolia* L.).

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научных проектов № 19-44-340011 p_a

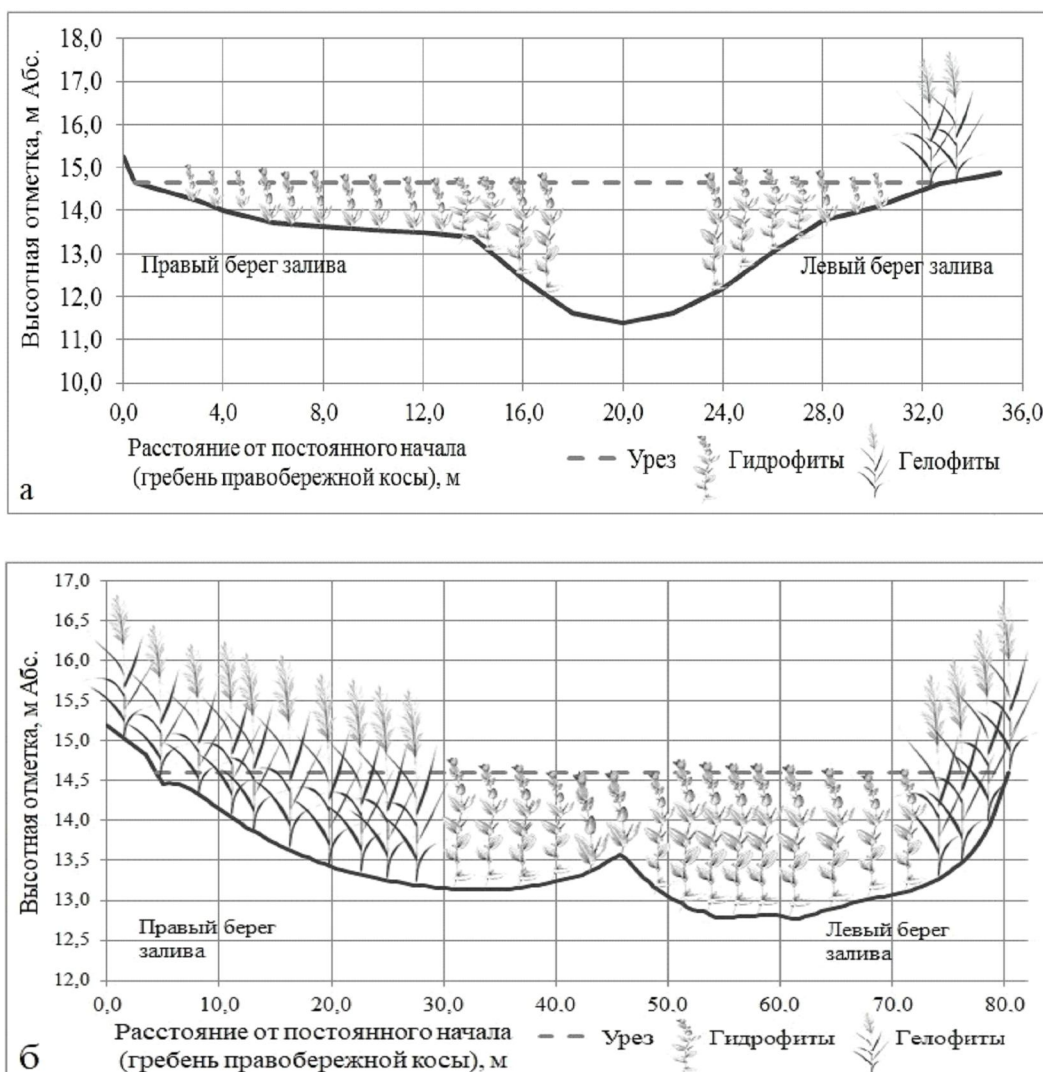


Рис. 4. Схемы зарастания продольных профилей входных створов активно отделяющихся заливов: а – Рубежный (правый берег, 24.07.2019 г.); б – Кислово (левый берег, 30.07.2020 г.)

(исследование зарастания водоема) и № 19-45-343002 r_mol_a (исследование процесса отделения заливов).

The reported study was funded by the Russian Foundation for Basic Research and Administration of the Volgograd region according to the research projects no. 19-44-34001r_a (study of reservoir overgrowth) and no. 19-45-343002 r_mol_a (study of the bays separation process).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского каскада / В. В. Законнов, А. В. Законнова, А. И. Цветков [и др.] // Труды ИБВВ РАН. – 2018. – № 81 (84). – С. 35–46. – DOI: <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10004>
2. ГИС-технологии и спутниковые данные как инструменты мониторинга геодинамических процессов Волгоградского водохранилища / М. С. Баранова, О. В. Филиппов, А. И. Кочеткова [и др.] // Географический вестник. – 2016. – № 2 (37). – С. 148–160. – DOI: <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-2-148-160>
3. Горбунов, А. О. Донные наносы, переносимые течением в районе размыва берега залива Мордвинова (о. Сахалин) / А. О. Горбунов, Д. П. Ковалев, П. Д. Ковалев // Геосистемы переходных зон. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 209–218. – DOI: <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.2.209-218>
4. Зарастание защищенных мелководий верхне-волжских водохранилищ в связи с их морфометрией / С. А. Поддубный, В. Г. Папченков, Е. В. Чемерис [и др.] // Биология внутренних вод. – 2017. – № 1. – С. 65–73. – DOI: <https://doi.org/10.7868/S0320965217010144>
5. Катанская, В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения / В. М. Катанская. – Ленинград : Наука, 1981. – 187 с.
6. Корзинин, Д. В. Динамика берегов Нарвского залива Балтийского моря: современное состояние и тенденции развития / Д. В. Корзинин, И. О. Леонтьев, М. Н. Штремель // Геоморфология. – 2019. – № 4. – С. 40–48. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0435-42812019440-48>
7. Кочеткова, А. И. Водная растительность как биоиндикатор гидрологического режима и геодинамических процессов на Волгоградском водохранилище / А. И. Кочеткова, О. В. Филиппов // Проблемы устойчивого развития и эколого-экон. безопасности региона : материалы докладов IX Регион. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2013. – С. 112–117.
8. Лисицына, Л. И. Флора водоемов Волжского бассейна. Определитель сосудистых растений / Л. И. Лисицына, В. Г. Папченков, В. И. Артеменко. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2009. 219 с.
9. Поддубный, С. А. Методы определения степени зарастания мелководий Рыбинского водохранилища по данным дистанционного зондирования Земли и многолетним гидробиотическим исследованиям / С. А. Поддубный, А. В. Кутузов, А. И. Цветков // «Гидробиотика 2020» : материалы IX Междунар. науч. конф. по водным макрофитам – Борок, 2020. – С.136–137.
10. Папченков, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В. Г. Папченков. – Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. – 214 с.
11. Пространственно-временной анализ зарастания Волгоградского водохранилища / А.И. Кочеткова, О.В. Филиппов, В.Г. Папченков [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 6. – С. 260–266.
12. Филиппов, О. В. Переформирование берегов Волгоградского водохранилища / О. В. Филиппов // Геоморфология. – 2012. – № 2. – С. 34–43.
13. Шашуловский, В. А. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы / В. А. Шашуловский, С. С. Мосияш. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 250 с.
14. A Note on Alongshore Sediment Transport on Weakly Curvilinear Coasts and its Implications / A. Lopez-Ruiz, M. Ortega-Sanchez, A. Baquerizo [et al.] // Coastal Engineering. – 2014. – Vol. 88. – P. 143–153. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.03.001>
15. Divinsky, B. V. Influence of the Climatic Variations in the Wind Waves Parameters on the Alongshore Sediment Transport / B. V. Divinsky, R. D. Kosyan // Oceanologia. – 2020. – Vol. 62, № 2. – P. 190–199. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.11.002>
16. Effects of Vegetations on the Removal of Contaminants in Aquatic Environments: A Review / Ch. Wang, Sh.-sh. Zheng, P. Wang [et al.] // Journal of Hydrodynamics, Series B. – 2014. – Vol. 26, № 4. – P. 497–511. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(14\)60057-3](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(14)60057-3)
17. Kolada, A. The Effect of Lake Morphology on Aquatic Vegetation Development and Changes Under the Influence of Eutrophication / A. Kolada // Ecological Indicators. – 2014. – Vol. 38. – P. 282–293. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.015>
18. Nearshore Sediment Pathways and Potential Sediment Budgets in Embayed Settings Over a Multi-Annual Timescale / N. G. Valiente, G. Masselink, R. J. McCarroll [et al.] // Marine Geology. – 2020. – Vol. 427. – P. 106270. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106270>
19. Short Term Displacements of Marked Pebbles in the Swash Zone: Focus on Particle Shape and Size / E. Grottooli, D. Bertoni, P. Ciavola [et al.] // Marine Geology. – 2015. – Vol. 367. – P. 143–158. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.06.006>
20. Submerged Aquatic Vegetation Cover and Complexity Drive Crustacean Zooplankton Community

Structure in a Large Fluvial Lake: An in Situ Approach / P. Bolduc, A. Bertolo, Ch. Hudon [et al.] // Journal of Great Lakes Research. – 2020. – Vol. 46, № 4. – P. 767–779. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.12.011>

21. U. S. Geological Survey. – Electronic text data. – Mode of access: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (date of access: 24.08.2019). – Title from screen.

REFERENCES

- Zakonov V.V., Zakonova A.V., Tsvetkov A.I., Sherysheva N.G. Gidrodinamicheskie protsessy i ikh rol' v formirovanii donnykh osadkov vodokhranilishch Volzhsko-Kamskogo kaskada [Hydrodynamic Processes and Their Role in the Formation of Bottom Sediments of the Reservoirs of the Volga-Kama Cascade]. *Trudy IBVV RAN* [Transactions of IBIW RAS], 2018, no. 81 (84), pp. 35–46. DOI: <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10004>
- Baranova M.S., Filippov O.V., Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S. GIS-tehnologii i sputnikovye dannye kak instrumenty monitoringa geodinamicheskikh protsessov Volgogradskogo vodokhranilishcha [GIS Technology and Satellite Data As Tools for Monitoring Geodynamic Processes in the Volgograd Reservoir]. *Geographicheskii Vestnik* [Geographical Bulletin], 2016, no. 2 (37), pp. 148–160. DOI: <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-2-148-160>
- Gorbunov A.O., Kovalev D.P., Kovalev P.D. Donnye nanosy, perenosimye techeniem v rajone razmyva berega zaliva Mordvinova (o. Sahalin) [The Sediment Transported by the Flow in the Eroding Area of the Mordvinov Gulf Coast (Sahalin Island)]. *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 2015, vol. 3, no. 2, pp. 209–218. DOI: <http://dx.doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.2.209-218>
- Poddubnyj S.A., Papchenkov V.G., Chemeris E.V., Bobrov A.A. Zarastanie zashchishchennykh melkovodij verkhnevolzhskikh vodokhranilishch v svyazi s ikh morfometriej [Overgrowing of Protected Shallows in the Upper Volga Reservoirs in Relation to Their Morphometry]. *Biologiya vnutrennikh vod* [Biology of Inland Waters], 2017, no. 1, pp. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0320965217010144>
- Katanskaja V.M. *Vysshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR. Metody izucheniya* [Aquatic Vascular Vegetation of Continental Water Reservoirs of the USSR. Study Methods]. Leningrad, Nauka Publ., 1981. 187 p.
- Korzinin D.V., Leont'ev I.O., Shtremel' M.N. Dinamika beregov Narvskogo zaliva Baltijskogo morya: sovremennoe sostoyanie i tendentsyi razvitiya [Coastal Dynamics in the Narva Bay of the Baltic Sea: Present Day State and Development Tendencies]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 2019, no. 4, pp. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0435-42812019440-48>
- Kochetkova A.I., Filippov O.V. Vodnaya rastitel'nost' kak bioindikator gidrologicheskogo rezhima i geodinamicheskikh protsessov na Volgogradskom vodokhranilishche [Aquatic Vegetation As Bioindicator of the Hydrological Regime and Geodynamic Processes in the Volgograd Reservoir]. *Problemy ustojchivogo razvitiya i ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti regiona : materily dokladov IX Region. nauch.-prakt. konf.* [IX Regional Scientific and Practical Conference «Problems of Sustainable Development and Environmental and Economic Security of the Region: Materials of Reports»]. Volgograd, 2013, pp. 112–117.
- Lisicyna L.I., Papchenkov V.G., Artemenko V.I. *Flora vodoemov Volzhskogo bassejna. Opredelitel' sosudistykh rastenij* [Flora of Reservoirs of the Volga Basin. Keys to Vascular Plants]. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2009. 219 p.
- Poddubnyj S.A., Kutuzov A.V., Cvetkov A.I. Metody opredeleniya stepeni zarastaniya melkovodij Rybinskogo vodokhranilishcha po dannym distantsyonnogo zondirovaniya Zemli i mnogoletnim gidrobotanicheskim issledovaniyam [Methods for Determining the Degree of Overgrowing of Shallow Waters of the Rybinsk Reservoir According to Earth Remote Sensing Data and Long-Term Hydrobotanical Researches]. «*Gidrobotanika 2020*» : *materialy IX Mezhdunar. nauch. konf. po vodnym makrofitam* [IX International Scientific Conference on Aquatic Macrophytes “Hydrobotany 2020”], Borok, 2020, pp. 136–137.
- Papchenkov V.G. *Rastitel'nyj pokrov vodoemov i vodotokov Srednego Povolzh'ya* [Vegetation Cover of Reservoirs and Watercourses of the Middle Volga Region]. Jaroslavl', CMPMUBiNT, 2001. 214 p.
- Kochetkova A.I., Filippov O.V., Papchenkov V.G., Zimin M.V. Prostranstvenno-vremennoj analiz zarastaniya Volgogradskogo vodokhranilishcha [The Spatio-Temporal Analysis of the Volgograd Water Reservoir Overgrowing]. *Problemy regional'noj ekologii* [Problems of Regional Ecology], 2013, no. 6, pp. 260–266.
- Philippov O.V. Pereformirovanie beregov Volgogradskogo vodokhranilishcha [Reshaping of the Volgograd Reservoir Coasts]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 2012, no. 2, pp. 34–43.
- Shashulovskij V.A., Mosijash S.S. *Formirovanie biologicheskikh resursov Volgogradskogo vodokhranilishcha v hode suktsessii ego ekosistemy* [The Formation of Biological Resources of the Volgograd Reservoir During the Succession of its Ecosystem]. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2010. 250 p.
- Lopez-Ruiz A., Ortega-Sanchez M., Baquerizo A., Losada M.A. A Note on Alongshore Sediment Transport

on Weakly Curvilinear Coasts and its Implications. *Coastal Engineering*, 2014, vol. 88, pp. 143-153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.03.001>

15. Divinsky B.V., Kosyan R.D. Influence of the Climatic Variations in the Wind Waves Parameters on the Alongshore Sediment Transport. *Oceanologia*, 2020, vol. 62, no. 2, pp. 190-199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.11.002>

16. Wang Ch., Zheng Sh.-sh., Wang P., Qian J. Effects of Vegetations on the Removal of Contaminants in Aquatic Environments: A Review. *Journal of Hydrodynamics, Series B*, 2014, vol. 26, no. 4, pp. 497-511. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(14\)60057-3](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(14)60057-3)

17. Kolada A. The Effect of Lake Morphology on Aquatic Vegetation Development and Changes Under the Influence of Eutrophication. *Ecological Indicators*, 2014, vol. 38, pp. 282-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.015>

18. Valiente N.G., Masselink G., McCarroll R.J. et al. Nearshore Sediment Pathways and Potential Sediment Budgets in Embayed Settings Over a Multi-Annual Timescale. *Marine Geology*, 2020, vol. 427, pp. 106270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106270>

19. Grotoli E., Bertoni D., Ciavola P., Pozzebon A. Short Term Displacements of Marked Pebbles in the Swash Zone: Focus on Particle Shape and Size. *Marine Geology*, 2015, vol. 367, pp. 143-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.06.006>

20. Bolduc P., Bertolo A., Hudon Ch., Pinel-Alloul B. Submerged Aquatic Vegetation Cover and Complexity Drive Crustacean Zooplankton Community Structure in a Large Fluvial Lake: An in Situ Approach. *Journal of Great Lakes Research*, 2020, vol. 46, no. 4, pp. 767-779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.12.011>

21. U. S. Geological Survey. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 24 Aug. 2019).

Information About the Authors

Maria S. Baranova, Assistant of the Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, 40 Let Pobedy St, 11, 404133 Volzhskiy, Russian Federation, maria_baranova2902@rambler.ru

Anna I. Kochetkova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, 40 Let Pobedy St, 11, 404133 Volzhskiy, Russian Federation, aikochetkova@mail.ru

Elena S. Bryzgalina, Senior Lecturer of the Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, 40 Let Pobedy St, 11, 404133 Volzhskiy, Russian Federation, bryzgalina_elena@mail.ru

Oleg V. Filippov, Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch of the Volgograd State University, 40 Let Pobedy St, 11, 404133 Volzhskiy, Russian Federation, ovfilippov@list.ru

Информация об авторах

Мария Сергеевна Баранова, ассистент кафедры математики, информатики и естественных наук, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 лет Победы, 11, 404133 г. Волжский, Российская Федерация, maria_baranova2902@rambler.ru

Анна Игоревна Кочеткова, кандидат биологических наук, доцент кафедры математики, информатики и естественных наук, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 лет Победы, 11, 404133 г. Волжский, Российская Федерация, aikochetkova@mail.ru

Елена Сергеевна Брызгалина, старший преподаватель кафедры математики, информатики и естественных наук, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 лет Победы, 11, 404133 г. Волжский, Российская Федерация, bryzgalina_elena@mail.ru

Олег Васильевич Филиппов, кандидат географических наук, доцент кафедры математики, информатики и естественных наук, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 лет Победы, 11, 404133 г. Волжский, Российская Федерация, ovfilippov@list.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

UDC 55

LBC 26.8

BURNING TRENDS OF THE LOWER DON FLOODPLAIN LANDSCAPES ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA¹

Asel' N. Berdengalieva

Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Volgograd, Russian Federation

Ruslan N. Berdengaliev

Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of the analysis of the natural fire regime in the Don floodplain according to various satellite monitoring information products based on MODIS data with a spatial resolution of 250–1000 m and Landsat resolution of 30 m. and in the steppe and desert zones. At the same time, insufficient attention is paid to the problem of fires in wetlands in Russia. The aim of the research was to determine the trends in the dynamics of fire in the landscapes of the Lower Don floodplain based on the detection data of active burning FIRMS and burnt areas GABAM, FireCCI51 and MCD64A1. The indicated raster data were converted into vector format, after which the burnt areas were obtained both for the entire floodplain and for individual sections - loans. It is established that for the period of research 2001–2020. burnt according to various estimates from 36 to 83% of the territory. There are no significant flammability trends in most of the study area. Only in the Don Delta an increase was noted, and on the Kochetovsky, Salsky and Sukho-Kumshaksky loans, a significant decrease in fire is observed. None of the fire detection information products used can fully cover all burnt areas, either due to gaps or false positives and artifacts. The accuracy of determining the severity can be improved by expert interpretation of satellite images of high spatial resolution. This is a laborious and costly process. The results obtained in the course of this study will form the basis of subsequent work on the visual interpretation of satellite data.

Key words: Don river floodplain, landscape fires, satellite monitoring, remote sensing, GIS.

Citation. Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N. Burning Trends of the Lower Don Floodplain Landscapes According to Remote Sensing Data. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

УДК 55

ББК 26.8

ТРЕНДЫ ГОРИМОСТИ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НИЖНЕГО ДОНА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ¹

Асель Нурлановна Берденгалиева

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация

Руслан Нурланович Берденгалиев

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа режима природных пожаров в пойме Дона по данным различных информационных продуктов спутникового мониторинга, основанных на данных MODIS про-

странственного разрешения 250–1000 м и Landsat разрешения 30 м. Ландшафтные пожары являются существенным фактором динамики состояния растительного покрова как в лесной, так и в степной и пустынной зонах. При этом проблеме пожаров в водно-болотных угодьях России уделяется недостаточно внимания. Целью исследований являлось определение тенденций динамики горимости ландшафтов поймы Нижнего Дона на основе данных детектирования активного горения FIRMS и выгоревших площадей GABAM, FireCCI51 и MCD64A1. Указанные растровые данные были переведены в векторный формат, после чего получены величины выгоревших площадей как для всей поймы, так и для отдельных участков – займищ. Установлено, что за период исследований 2001–2020 гг. выгорело по разным оценкам от 36 до 83 % территории. На большей части территории исследований нет существенных трендов горимости. Только в дельте Дона отмечен рост, а на Кочетовском, Сальском и Сухо-Кумшакском займищах наблюдается значимое снижение горимости. Ни один из использованных информационных продуктов детектирования пожаров не позволяет в полной мере охватить все выгоревшие площади либо из-за пропусков, либо ложных срабатываний и артефактов. Точность определения горимости может быть повешена за счет экспертного дешифрирования спутниковых изображений высокого пространственного разрешения. Это трудоемкий и затратный процесс. Полученные в ходе данного исследования результаты лягут в основу последующей работы по визуальному дешифрированию спутниковых данных.

Ключевые слова: пойма Дона, ландшафтные пожары, спутниковый мониторинг, дистанционное зондирование, ГИС.

Цитирование. Берденгалиева А. Н., Берденгалиев Р. Н. Тренды горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона по данным дистанционного зондирования // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 67–76. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

В последние два десятилетия на юге нашей страны и сопредельных территориях наблюдается активизация ландшафтных пожаров: как в лесной [5], так и в степной и пустынной зонах [7; 14]. Анализу пожарного режима лесных ландшафтов уделяется много внимания исследователей, в то время как пожары на водно-болотных угодьях охвачены значительно хуже [3; 8; 9]. В то же время климатические и гидрологические изменения последних десятилетий вызывают существенные изменения в состоянии пойменных ландшафтов [4]. Околоводная и луговая растительность речных пойм очень быстро восстанавливается после пожаров, поэтому пожары здесь могут происходить практически ежегодно [1]. При этом причинами пожаров чаще всего указывают антропогенный фактор: неосторожное обращение с огнем и умышленные поджоги [3].

Целью исследований является анализ тенденций горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона на основе информационных продуктов детектирования активного горения и выгоревших площадей по данным дистанционного зондирования Земли из космоса.

Материалы и методы исследований. Территория исследований – пойма реки Дон в нижнем течении (ниже Цимлянского гидроузла), разделена на 12 участков – займищ (см. рис. 1) общей площадью 304 тыс. га [4]. В работе проведен анализ трендов горимос-

ти займищ и всей поймы. Горимость определялась как отношение площади пожаров ко всей площади территории за каждый год. Угловые коэффициенты линейных трендов и соответствующие им коэффициенты корреляции определялись в Microsoft Office Excel. Обработка данных дистанционного зондирования Земли производилась в программе QGIS. Площади определялись на эллипсоиде WGS84, картографические материалы представлены в проекции UTM зона 37N.

Исследование основано на многолетнем архиве данных информационных продуктов детектирования активного горения FIRMS [11] и выгоревших площадей MCD64A1 [15], FireCCI51 [12] и GABAM [10] за 2001–2020 годы. Данные продукты достаточно широко применяются в исследованиях ландшафтных пожаров [2; 5; 6; 13].

Данные активного горения (горячие точки, далее – ГТ) основаны на результатах обработки изображений прибора MODIS разрешения 1000 м (спутники Terra и Aqua) и VIIRS разрешения 375 м (спутники Suomi NPP, NOAA 20). Из-за разного пространственного разрешения использовались только данные прибора MODIS, также VIIRS имеет меньшую глубину архива. В атрибутивной информации каждой ГТ содержатся сведения о дате и времени фиксации, на основе которых был определен год и месяц пожара. Пиксели MODIS, которые были отнесе-

ны к ГТ, объединялись в один объект на основе данных о сезоне и годе пожара.

Остальные 3 информационных продукта являются результатами картографирования выгоревших площадей. Данные MCD64A1 и FireCCI51 основаны на материалах MODIS и имеют разрешение 500 и 250 м соответственно. GABAM получен по данным Landsat разрешения 30 м. Первые 2 набора данных представлены растровыми месячными композитами с датой выгорания в значениях пикселей, что позволяет определить период пожара. Данные GABAM являются годовыми компо-

зитами, поэтому для них невозможно определение сезонности пожаров.

Все исходные данные детектирования пожаров были переведены в векторный формат и пересечены электронной картой границ займищ. После чего были рассчитаны площади пожаров в границах займищ. Визуальная оценка точности указанных информационных продуктов по сравнению с цветосинтезированными изображениями Landsat показала, что ни один из них не имеет достаточную точность (см. рис. 2). Данные GABAM характеризуются артефактами (для данной работы артефакты были от-

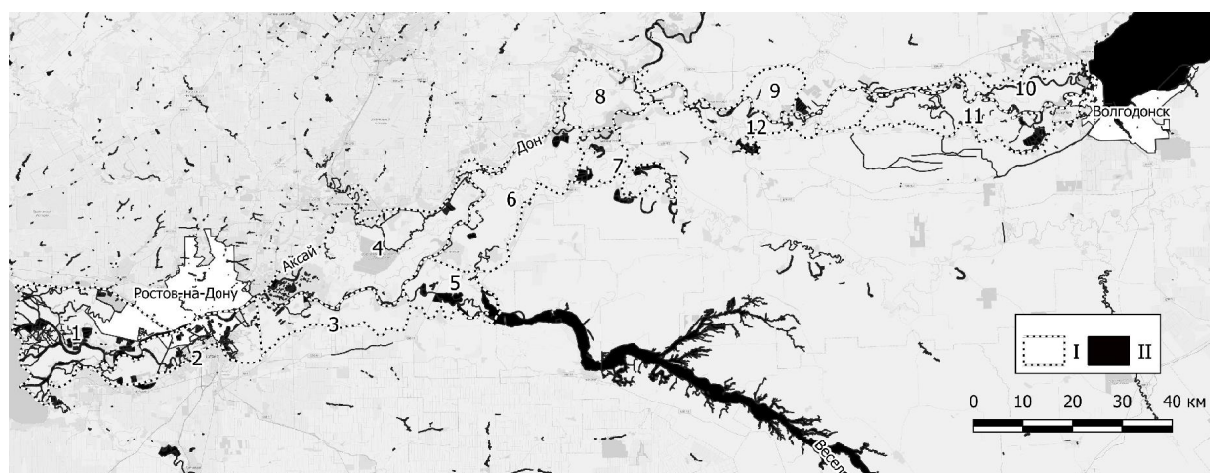


Рис. 1. Район исследований:

I – границы займищ; II – гидросеть; 1–12 – займища (1 – Дельта Дона, 2 – Койсугское, 3 – Ольгинское, 4 – Аксайское, 5 – Манычское, 6 – Сусатско-Подпольненское, 7 – Сальское, 8 – Кочетовское, 9 – Кагальницкое, 10 – Сухо-Кумшакское, 11 – Дубенцовское, 12 – Задано-Кагальницкое)

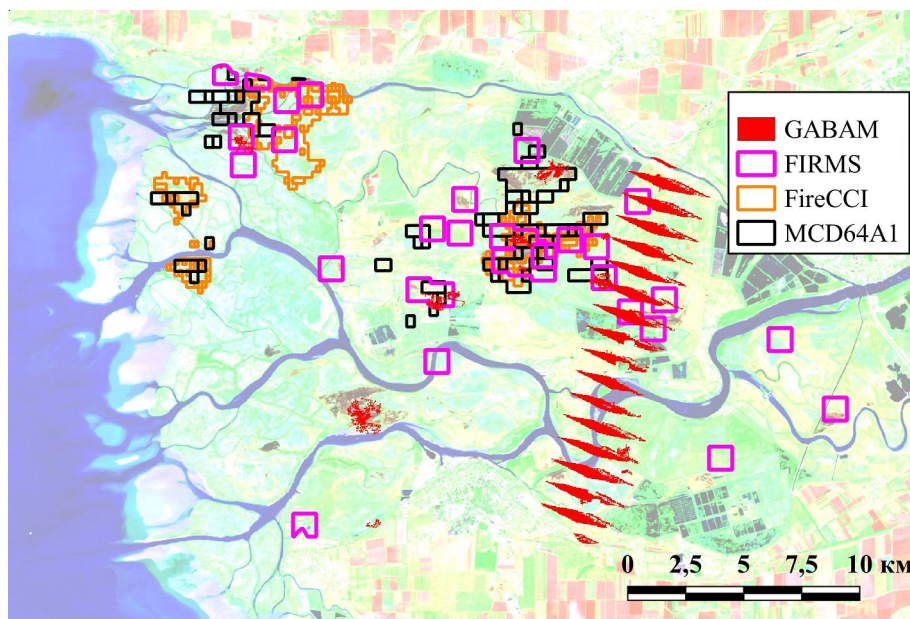


Рис. 2. Сравнение выгоревшей площади по разным данным в дельте Дона на 2001 г. (снимок Landsat 7 ETM+ 20 сентября 2001 г.)

фильтрованы визуально). Для всех данных характерны пропуски и ложные срабатывания. Кроме того, из-за низкого разрешения в границы пожаров попадают и смежные негоревшие территории. По этой причине ни один из продуктов в отдельности не обеспечивает достоверной оценки горимости на региональном уровне, но в совокупности все данные дают представления о тенденциях пожарного режима [1].

Результаты и обсуждение. В результате геоинформационной обработки данных детектирования активного горения и выгоревших площадей получена серия электронных карт пройденной огнем площади за 2001–2020 гг. (см. рис. 3). Всего за этот период пройдено огнем от 31 до 66 % площади района исследований (табл. 1). Поскольку, как было показано выше, ни один из информационных продуктов не позволяет в полной мере охватить всю выгоревшую площадь, было выполнено объединение всех электронных карт. Объединение всех данных по выгоревшим площадям показало 83 % суммарной выгоревшей площади за весь период исследований: от 59 % Сухо-Кумшакского займища до 93 % Ольгинского. На оставшиеся 17 % приходятся водные объекты (например, рыбообразные пруды и русла), населенные пун-

кты и др. Таким образом, можно констатировать, что практически вся территория была пройдена огнем за период исследований.

Среди всех наборов данных у продукта GABAM наименьшие выделенные выгоревшие площади. Продукты выгоревших площадей на основе MODIS MCD64A1 и FireCCI51 имеют сопоставимые результаты, а материалы обработки архива ГТ завышают горимость по сравнению с остальными. Это вызвано самым низким пространственным разрешением продукта детектирования ГТ. В результате к выгоревшим пикселям относятся только частично выгоревшие площади, из-за чего площадь гарей завышается.

Наиболее близкие значения горимости получены по данным MCD64A1, FireCCI51, а также FIRMS (табл. 2). Все эти данные получены на основе данных MODIS разрешения 250–1000 м. Большие детектированные выгоревшие площади по данным MODIS по сравнению с Landsat могут быть связаны с лучшим временным разрешением: данные MODIS получают-ся 4 раза в сутки, а Landsat – 1 раз в 8–16 дней. Таким образом, для анализа горимости поймы Нижнего Дона наиболее подходящими из использованных являются информационные продукты MCD64A1, FireCCI51.

Таблица 1

Пройденные огнем за 2001–2020 гг. площади поймы Нижнего Дона (по разным данным)

№ п/п	Займище (название)	Площадь, тыс. га / %				Всего
		GABAM	FireCCI51	MCD64A1	FIRMS	
1	Дельта Дона	16,2/37	27,7/64	26,3/61	27,9/64	37,6/86
2	Койсугское	11,1/47	13,2/55	12,5/53	17,5/73	20,6/87
3	Ольгинское	6,7/35	10,3/53	11,5/59	15,5/80	18,1/93
4	Аксайское	21,8/42	33,5/64	32,6/62	35,9/69	46,2/88
5	Манычское	6,4/42	5,8/38	6,4/42	9,5/62	13/85
6	Сусатско-Подпольненское	19/52	23,2/63	24,5/67	26,9/73	31,6/86
7	Сальское	4,9/34	5,4/37	4,7/33	8,5/59	10,2/70
8	Кочетовское	2,3/13	6,2/36	4,5/26	7,8/45	11,2/64
9	Кагальническое	3,7/40	4,9/52	4,8/51	7,4/78	8,3/88
10	Сухо-Кумшакское	1,8/10	3,6/21	3,9/22	6,2/36	10,3/59
11	Дубенцовское	8,7/29	12,6/42	12,5/41	20,9/69	24,9/82
12	Задоно-Кагальническое	7,4/31	9,7/41	12,1/51	17/72	20,9/88
<i>Итого</i>		<i>110,1/36</i>	<i>156/51</i>	<i>156,3/51</i>	<i>201/66</i>	<i>252,8/83</i>

Таблица 2

Коэффициенты корреляции горимости пойменных ландшафтов по разным данным

Источник	GABAM	FireCCI51	MCD64A1	FIRMS
GABAM	-	0,41	0,52	0,61
FireCCI51	0,41	-	0,89	0,85
MCD64A1	0,52	0,89	-	0,85
FIRMS	0,61	0,85	0,85	-

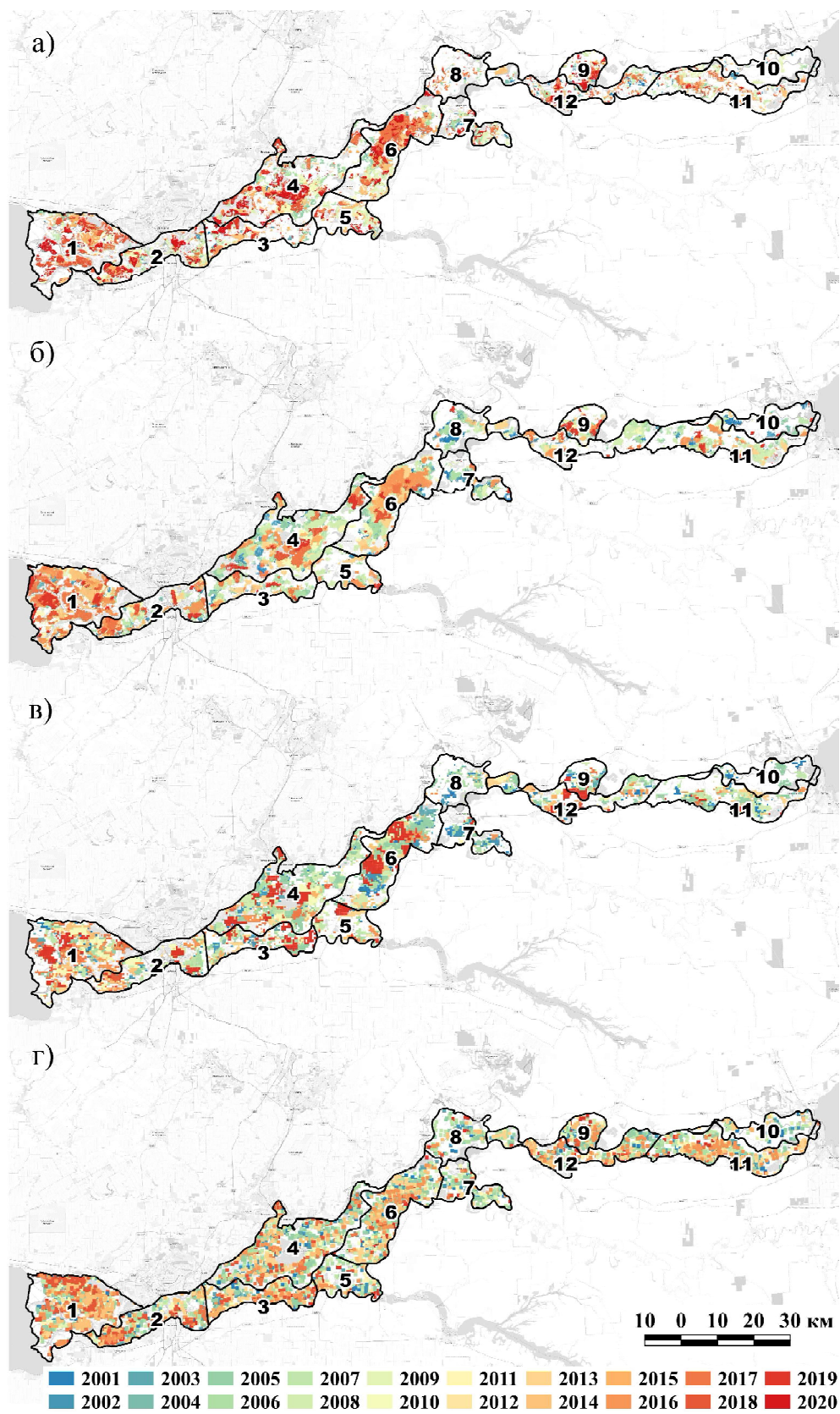


Рис. 3. Пространственно-временные особенности пожарного режима по разным данным:
 а – GABAM; б – FireCCI51; в – MCD64A1; г – FIRMS

В отличие от Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, где 80 % пожаров приходится на весенний период [9], в пойме Нижнего Дона большая часть пожаров отмечена летом и осенью. Это согласуется с полученными ранее результатами на основе анализа архива очагов активного горения MCD14ML [1].

Данные GABAM показывают устойчивый положительный тренд горимости, в то время как по остальным данным тренды отрицательные, но не являются статистически значимыми по критерию Стьюдента (см. рис. 4, табл. 3). Выше было показано, что данные GABAM существенно занижают выгоревшие

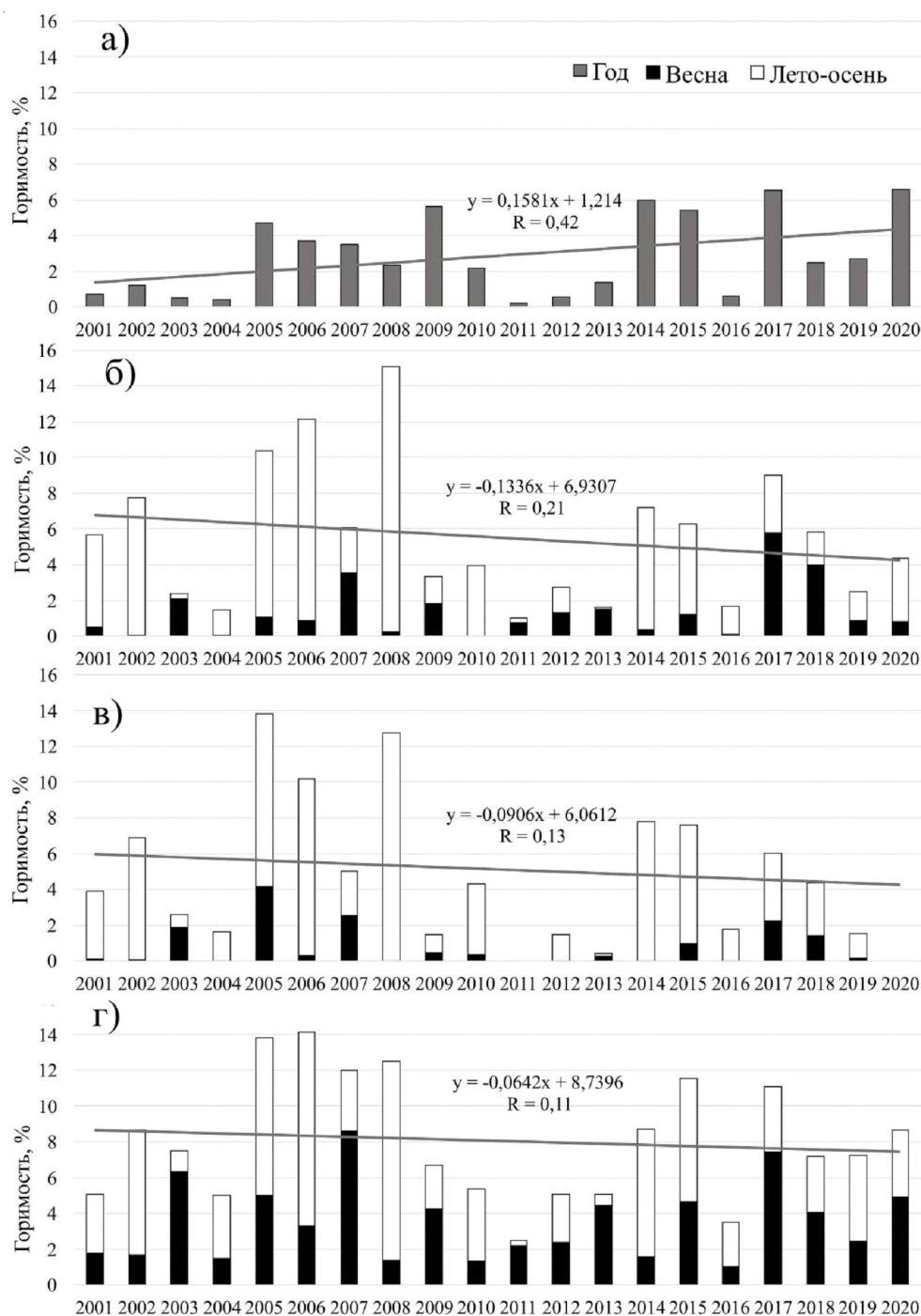


Рис. 4. Динамика горимости по разным данным:
 а – GABAM; б – FireCCI51; в – MCD64A1; г – FIRMS

площади, поэтому выявленный тренд горимости по этим данным не может быть признан адекватным. Таким образом, на всей территории поймы Нижнего Дона нет существенных изменений горимости согласно использованным данным за последние 20 лет. Аналогичная ситуация характерна для Волго-Ахтубинской поймы, где нет значимых трендов горимости. Тем не менее, в дельте Волги отмечен значимый тренд, направленный на рост горимости ландшафтов. Это связано с ухудшением условий половодья, падением уровня Каспия и соответствующим снижением уровней воды как в половодья, так и в межень. На Нижнем Дону статистически значимый тренд горимости характерен только для Сальского, Кочетовского и Сухо-Кумшакского займищ, которые наиболее освоены в сельскохозяйственном отношении, за счет пожаров в весенний период.

Заключение. Установлено, что пирогенный фактор является существенным в пойменных ландшафтах Нижнего Дона. По оценкам, основанным на разных данных детектирования выгоревших площадей, общая выгоревшая площадь составила от 36 до 83 %. Минимальная горимость и отрицательный тренд горимости у наиболее сельскохозяйственно освоенных займищ – Кочетовского и Сухо-Кумшакского.

На большей части поймы Нижнего Дона отмечены тренды, направленные на снижение

горимости, только в дельте Дона наблюдается рост. Это может быть связано с растущим хозяйственным освоением пойменных земель. В результате многолетнего маловодья пойменные земли в нижнем течении Дона не заливались с 1994 года. Итогом это стала распашка и застройка поймы. Только в дельте Дона, где преобладают тростниковые заросли, еще велика доля естественных ландшафтов. Кроме того, из-за обсыхания поймы без периодических заливаний в половодья растительный покров сменяется в сторону менее продуктивных зональных сообществ. Из-за этого требуется длительное накопление мортмассы для возникновения и развития пожаров.

Ни один из информационных продуктов выгоревших площадей не позволяет полностью детектировать все выгоревшие площади. Это связано как с пропусками, так и с ложными определениями гарей и артефактами обработки данных дистанционного зондирования. Решением этой проблемы станет экспертное дешифрирование спутниковых данных более высокого пространственного разрешения. Это намного более трудоемкая работа, которая требует опытного дешифровщика. Используемые в данной работе информационные продукты могут применяться для дополнительной верификации при визуальной интерпретации цветосинтезированных спутниковых изображений.

Таблица 3

Угловые коэффициенты линейных трендов горимости пойменных ландшафтов по разным данным

Займище	GABAM	FireCCI151			MCD64A1			FIRMS		
		Всего	Лето - осень	Весна	Всего	Лето - осень	Весна	Всего	Лето - осень	Весна
1	0,31	0,33	0,19	0,14	0,25	0,02	0,10	0,27	0,09	0,18
2	0,18	0,06	0,20	-0,15	0,07	0,04	-0,07	0,14	0,15	0,00
3	0,14	-0,22	-0,08	-0,15	-0,07	-0,09	-0,22	0,06	0,00	0,06
4	0,20	-0,31	0,07	-0,38	-0,22	-0,01	-0,37	-0,23	-0,02	-0,21
5	0,11	-0,01	0,05	-0,06	0,10	0,01	-0,03	0,04	0,01	0,03
6	0,28	-0,36	0,11	-0,47	-0,22	-0,06	-0,43	-0,17	0,07	-0,24
7	-0,06	-0,42	0,02	-0,44	-0,40	0,01	-0,42	-0,46	0,00	-0,46
8	0,05	-0,45	0,00	-0,45	-0,23	-0,03	-0,20	-0,29	-0,05	-0,24
9	0,29	0,11	-0,03	0,14	-0,14	-0,19	-0,15	-0,11	-0,11	-0,01
10	-0,03	-0,17	-0,01	-0,16	-0,19	-0,07	-0,12	-0,26	-0,09	-0,17
11	0,06	-0,12	0,08	-0,20	-0,17	-0,07	-0,13	-0,03	0,10	-0,13
12	0,07	-0,14	0,00	-0,13	-0,05	0,02	-0,12	0,00	0,07	-0,07
Итого	0,16	-0,13	0,07	-0,21	-0,09	-0,03	-0,19	-0,06	0,03	-0,10

Примечание. Курсивом выделены достоверные значения при $p > 0,95$; номера займищ см. подпись рисунка 1 и таблицы 1.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена по темам НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3, № 122020100405-9 и № 122020100406-6.

The work was carried out on the topics of research of the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3, No. 122020100405-9 and No. 122020100406-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берденгалиева, А. Н. Мониторинг ландшафтных пожаров в пойме Нижнего Дона по данным детектирования активного горения / А. Н. Берденгалиева, Р. Н. Берденгалиев // Грани познания. – 2021. – № 6 (77). – С. 224–228.

2. Бондур, В. Г. Космический мониторинг воздействия природных пожаров на состояние различных типов растительного покрова в федеральных округах Российской Федерации / В. Г. Бондур, М. Н. Цидилина, Е. А. Черепанова // Исследование Земли из космоса. – 2019. – № 3. – С. 13–32. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019313-32>

3. Дымова, Т. В. Основные и сопутствующие факторы воздействия на окружающую природную среду тростниковых пожаров / Т. В. Дымова // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – № 2 (50). – С. 210–214.

4. Жукова, С. В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона / С. В. Жукова // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 7–19.

5. Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, Д. В. Ершов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 5. – С. 222–250.

6. Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ / С. А. Барталев, В. А. Егоров, В. Ю. Ефремов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 2. – С. 9–27.

7. Павлейчик, В. М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) / В. М. Павлейчик // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 3. – С. 15–25.

8. Шинкаренко, С. С. Динамика пожаров в пойменных ландшафтах Нижнего Дона по данным MODIS / С. С. Шинкаренко, А. Н. Берденгалиева,

Н. М. Иванов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 3 (110). – С. 17–23. – DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.110.3.003.17-22>

9. Шинкаренко, С. С. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России / С. С. Шинкаренко, Н. М. Иванов, А. Н. Берденгалиева // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 23–44. – DOI: <https://doi.org/10.24189/nrc.2021.035>

10. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine / T. Long, Z. Zhang, G. He [et al.] // Remote Sensing. – 2019. – № 11. – P. 489. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

11. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor / L. Giglio, T. Loboda, D. P. Roy [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2020. – Vol. 113. – P. 408–420. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.006>

12. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel Product, Version 5.1 / E. Chuvieco, M. L. Pettinari, J. Lizundia-Loiola [et al.] // Centre for Environmental Data Analysis. – 2018. – DOI: <https://doi.org/10.5285/58f00d8814064b79a0c49662ad3af537>

13. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov, E. Klimina, V. Kuptsova [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, № 5. – P. 1197. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14051197>

14. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016–2019) / M. K. Vanderhoof, T. J. Hawbaker, C. Teske [et al.] // Fire. – 2021. – Vol. 4, № 3. – P. 52. – DOI: <https://doi.org/10.3390/fire4030052>

15. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product / L. Giglio, L. Boschetti, P. R. David [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2018. – Vol. 217. – P. 72–85. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>

REFERENCES

1. Berdengaliyeva A.N., Berdengaliyev R.N. Monitoring landshaftnykh pozharov v poyme Nizhnego Dona po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya [Monitoring of Landscape Fires in the Floodplain of the Lower Don According to Active Combustion Detection Data]. *Grani poznaniya* [Facets of Knowledge], 2021, no. 6 (77), pp. 224–228.

2. Bondur V.G., Tsidilina M.N., Cherepanova E.A. Kosmicheskij monitoring vozdejstviya prirodnykh

pozharov na sostoyanie razlichnykh tipov rastitel'nogo pokrova v federal'nykh okrugakh Rossijskoj Federatsyi [Satellite Monitoring of Wildfire Impacts on the Conditions of Various Types of Vegetation Cover in the Federal Districts of the Russian Federation]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Exploring the Earth from Space], 2019, no. 3, pp. 13-32. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019313-32>

3. Dymova T.V. Osnovnye i soputstvuiushchie faktory vozdeistviya na okruzhaiushchuyu prirodnyuyu sredu trostnikovyykh pozharov [Main and Related Factors Impact on the Environment of the Reed Fires]. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education], 2019, no. 2, pp. 210-214.

4. Zhukova S.V. Obespechennost' vodnymi resursami rybnogo khozyajstva Nizhnego Dona [Availability of Water Resources of the Fishing Industry of the Lower Don]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources and Habitat], 2020, vol. 3, no. 1, pp. 7-19.

5. Loupian E.A., Bartalev S.A., Ershov D.V., Kotelnikov R.V., et al. Organizatsyya raboty so sputnikovymi dannymi v informatsyonnoi sisteme distantsyonnogo monitoringa lesnykh pozharov Federalnogo agentstva lesnogo khoziaistva (ISDM-Rosleskhoz) [Satellite Data Processing Management in Forest Fires Remote Monitoring Information System (ISDMRosleskhoz) of the Federal Agency for Forestry]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2015, vol. 12, no. 5, pp. 222-250.

6. Bartalev S.A., Egorov V.A., Efremov V.Yu., et al. Otsenka ploshchadi pozharov na osnove kompleksirovaniya sputnikovyykh dannykh razlichnogo prostranstvennogo razresheniya MODIS i Landsat-TM/ETM+ [Integrated Burnt Area Assessment Based on Combine Use of Multi-Resolution MODIS and Landsat-TM/ETM+ Satellite Data]. *Sovremennyye problemy distantsyonnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2012, vol. 9, no. 2, pp. 9-27.

7. Pavleichik V.M. K voprosu ob aktivizatsyi stepnykh pozharov (na primere Zavolzhsko-Uralskogo regiona) [On the Question of the Activation of Steppe Fires (On the Example of the Trans-Volga-Ural Region)]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*

[Bulletin of VSU, Series: Geography. Geocology], 2016, no. 3, pp. 15-25.

8. Shinkarenko S.S., Berdengalieva A.N., Ivanov N.M. Dinamika pozharov v poimennykh landshtakh Nizhnego Dona po dannym MODIS [Dynamics of Fires in Lower Don Floodplain Landscapes According to MODIS Data]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific Agronomy Journal], 2020, no. 3 (110), pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.110.3.003.17-22>

9. Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengalieva A.N. Prostranstvenno-vremennaya dinamika vygorevshikh ploshchadei na federalnykh OOPT iugo-vostoka Evropeiskoi Rossii [Spatio-Temporal Dynamics of Burnt Areas in Federal Protected Areas of South-East of the European part of Russia]. *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka* [Nature Conservation Research], 2021, vol. 6, no. 3, pp. 23-44. DOI: <https://doi.org/10.24189/ncr.2021.035>

10. Long T., Zhang Z., He G., et al. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2019, no. 11, p. 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

11. Giglio L., Loboda T., Roy D.P., et al. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor. *Remote Sensing of Environment*, 2020, vol. 113, pp. 408-420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.006>

12. Chuvieco E., Pettinari M.L., Lizundia-Loiola J., et al. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel product, version 5.1. *Centre for Environmental Data Analysis*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5285/58f00d8814064b79a0c49662ad3af537>

13. Ostroukhov A., Klimina E., Kuptsova V., Naito D. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt. *Remote Sensing*, 2022, vol. 14, no. 5, p. 1197. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14051197>

14. Vanderhoof M.K., Hawbaker T.J., Teske C., et al. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016-2019). *Fire*, 2021, vol. 4, no. 3, p. 52. DOI: <https://doi.org/10.3390/fire4030052>

15. Giglio L., Boschetti L., David P.R., et al. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product. *Remote Sensing of Environment*, 2018, vol. 217, pp. 72-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>

Information about Authors

Asel' N. Berdengalieva, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, berdengalieva-an@vfanc.ru

Ruslan N. Berdengaliev, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation; Student Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, berdengaliev-r@vfanc.ru

Информация об авторах

Асель Нурлановна Берденгалиева, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, berdengalieva-an@vfanc.ru

Руслан Нурланович Берденгалиев, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; студент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, berdengaliev-r@vfanc.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.9>

UDC 911.52

LBC 26.821.7

“NAPP-PHANTOMS” OF THE SOUTH OF EUROPEAN RUSSIA: PROBLEMS OF FUNCTIONING

Denis A. Solodovnikov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Stanislav S. Shinkarenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Diana A. Semenova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Natalya V. Shilova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Using the example of the protected areas of regional significance of the Volgograd region “Protected landscape “Sviridovsky Lakes”, the problems of the functioning of protected areas in the conditions of degradation of the natural complex are considered. The concept of “NAPP-phantom” is proposed – a protected natural area that is unable to perform environmental tasks due to a radical change in natural conditions and the loss of biota components, for the protection of which the protected area was created. The protected area under consideration is located in the floodplain of the Chir River, the right tributary of the Don. Due to climatic changes in the Don basin in the last two decades, there has been a steady trend towards a decrease in the amount of winter precipitation, and as a consequence – a decrease in the height of floods. Moisture-loving landscapes of floodplains are xerophitized, and many lakes cease to fill with water. The hydrological and hydrogeological conditions of the existence of the Chir floodplain are analyzed. During the entire existence of the protected areas (since 2009), the lakes have been filled with water only twice. The protected landscape is organized to protect clusters of near-water birds, including species listed in the Red Book. But in the absence of lakes, these bird species cannot live here. The return of lakes to their original state of annual filling with water in high water is possible only with a significant change in the amount and intra-annual distribution of precipitation. It can be stated that the protected landscape “Sviridovsky Lakes” has completely lost the function of preserving the rich fauna of near-water birds, including those included in the Red Book. However, the task of using the territory of the NAPP for research and environmental education purposes is feasible. When organizing regular monitoring of protected areas, it can serve as a good example of successional changes in floodplain landscapes of the Don basin under changing climate and hydrological conditions.

Key words: NAPP, intrazonal landscape, Chir River, protected landscape, Sviridovsky lakes.

Citation. Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S., Semenova D.A., Shilova N.V. “NAPP-Phantoms” of the South of European Russia: Problems of Functioning. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 77-85. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.9>

**«ООПТ-ФАНТОМЫ» ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ:
ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ****Денис Анатольевич Солодовников**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Станислав Сергеевич Шинкаренко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Диана Александровна Семенова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Наталья Владимировна Шилова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. На примере ООПТ регионального значения Волгоградской области «Охраняемый ландшафт “Свиридовские озера”») рассмотрены проблемы функционирования ООПТ в условиях деградации природного комплекса. Предложено понятие «ООПТ-фантом» – охраняемая природная территория, не способная выполнять природоохранных задач по причине коренного изменения природных условий и утраты компонентов биоты, ради охраны которых и создавалась ООПТ. Рассматриваемая ООПТ расположена в пойме реки Чир, правого притока Дона. По причине климатических изменений в бассейне Дона в последние два десятилетия существует устойчивый тренд на уменьшение количества зимних осадков, и как следствие – уменьшение высоты половодий. Влаголюбивые ландшафты пойм ксерофитизируются, а многие озера перестают заполняться водой. Проанализированы гидрологические и гидрогеологические условия существования поймы Чира. За все время существования ООПТ (с 2009 года) озера заполнялись водой лишь дважды. Охраняемый ландшафт организован для охраны скоплений околводных птиц, в том числе и видов, внесенных в Красную книгу. Но при отсутствии озер эти виды птиц обитать здесь не могут. Возвращение озер в первоначальное состояние ежегодного заполнения водой в половодье возможно только при существенном изменении количества и внутригодового распределения осадков. Можно констатировать полную утрату охраняемым ландшафтом «Свиридовские озера» функции сохранения богатой фауны околводных птиц, в том числе и включенных в Красную книгу. Однако задача использования территории охраняемого ландшафта в научно-исследовательских и эколого-просветительских целях выполнима. При организации регулярного мониторинга ООПТ может служить хорошим примером сукцессионных изменений пойменных ландшафтов Донского бассейна в условиях меняющегося климата и гидрологических условий.

Ключевые слова: ООПТ, интразональный ландшафт, река Чир, охраняемый ландшафт, Свиридовские озера.

Цитирование. Солодовников Д. А., Шинкаренко С. С., Семенова Д. А., Шилова Н. В. «ООПТ-фантомы» юга Европейской России: проблемы функционирования // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 77–85. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.9>

Особо охраняемые природные территории являются ключевым элементом системы мероприятий по охране ландшафтного и биологического разнообразия [20]. Отечественное законодательство обеспечивает значительную пестроту категорий ООПТ, которые определяются как Федеральным законом № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» от 15.02.1995, так и соответствующими законами субъектов Российской Федерации. В частности, закон Волгоградской

области «Об особо охраняемых природных территориях» № 641-ОД от 07.12.2001 определяет ряд категорий ООПТ, отсутствующих в федеральном законе. К таковым относятся природные достопримечательности, охраняемые ландшафты и территории, представляющие особую ценность для сохранения объектов животного и растительного мира, внесенных в Красную книгу Волгоградской области (ключевые места обитания видов, внесенных в Красную книгу Волгоградской области).

Согласно данным Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области на январь 2022 года в регионе функционировало 18 таких ООПТ [11].

В литературе уже отмечено плачевное состояние двух крупнейших лиманных систем Волгоградского Заволжья – Тажинской и Пришибо-Могутинской [7]. Причина деградации природных комплексов – прогрессирующее засоление почв и грунтов лимана, связанное с мелиорацией территории в прошлом и существенным изменением природного гидрологического режима. Авторами было отмечено, что ООПТ частично утратили природоохранную ценность и перестали быть рефугиумом влаголюбивых видов в полупустыне. Описанная в работе ситуация не является единичной. Опыт исследования авторами ООПТ Юга России показывает, что часть таких территорий по разным причинам к настоящему времени утратила природоохранную ценность. В связи с этим нами предлагается термин «ООПТ-фантом» – природная территория, имеющая статус особо охраняемой, но по причине деградации природных комплексов не способная выполнять цели и задачи, возложенные на нее при организации. Ком-

поненты биоты (характерные экосистемы, редкие виды или массовые скопления животных), ради охраны которых создавалась ООПТ, здесь утрачены, в ряде случаев безвозвратно. (Англоязычный вариант термина – «NAPP-phantom», от «natural area of preferential protection» – «особо охраняемая природная территория».)

Материалы и методы. В настоящей работе авторы хотели рассмотреть состояние охраняемого ландшафта «Свиридовские озера». В отличие от заволжских лиманов, данная ООПТ не подвергалась антропогенным изменениям гидрологического режима. Территория ООПТ состоит из двух участков, расположенных на северо-западной и юго-восточной окраинах хутора Свиридовский Суrowsикинского района Волгоградской области [15]. Основной объект охраны – два старичных озера поймы реки Чир, окружающие их луга и галерейный лес с типичной околородной фауной птиц, включающей виды, занесенные в красные книги России и Волгоградской области. Чир – правый приток Дона, впадает в Цимлянское водохранилище, однако сама река не зарегулирована, а район исследования находится за пределами зоны подпора водохранилища (рис. 1).

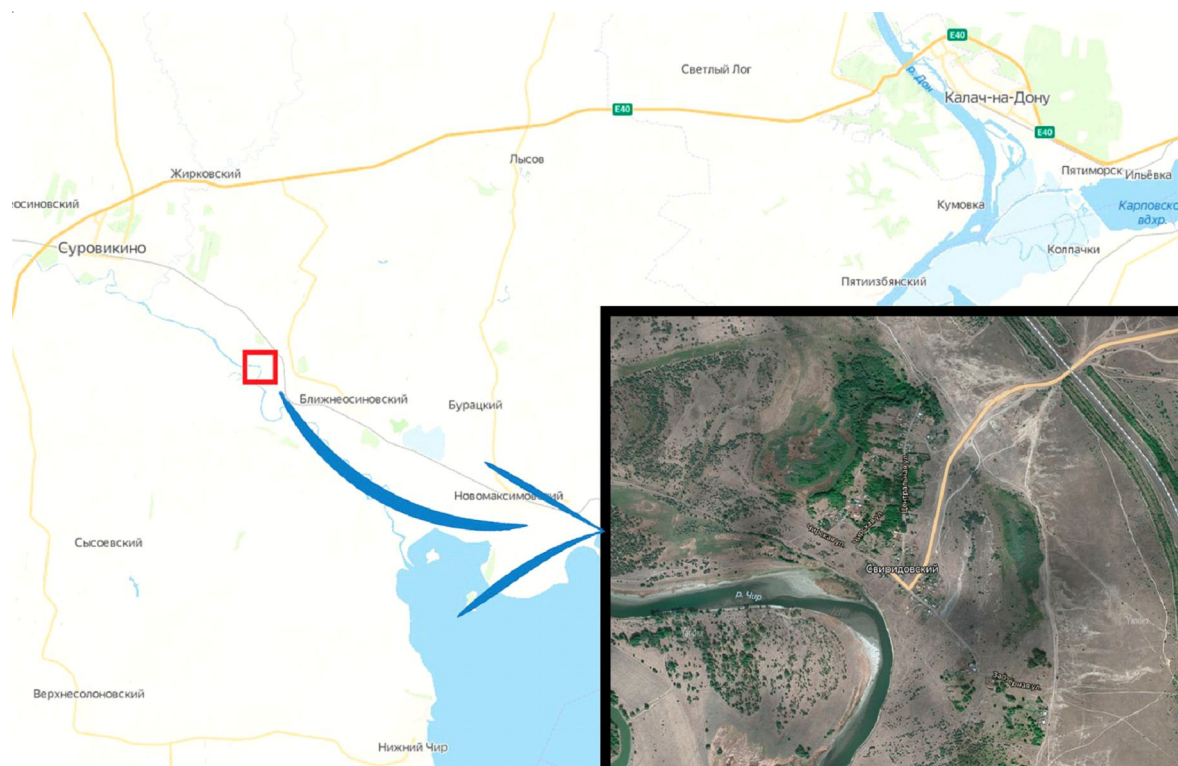


Рис. 1. Обзорная схема расположения ООПТ «Свиридовские озера»

Примечание. За основу взяты данные сервиса Яндекс-карты.

ООПТ организована в ноябре 2009 года, площадь составляет 90 га. Причиной организации ООПТ послужило необычное богатство околородной орнитофауны, выявленное волгоградскими орнитологами в 2000-х годах [12]. Целью организации ООПТ заявлено сохранение уникального природного комплекса – системы озер, имеющих важное средообразующее значение, являющихся местом обитания малочисленных, редких и исчезающих видов животных, занесенных в Красную книгу Волгоградской области.

Пойма Чира и других притоков Дона в течение последних лет являются объектом исследований авторов статьи. Общая проблема донских притоков – снижение уровня половодья в последние десятилетия, связанное с климатическими изменениями в бассейне Дона [4; 5; 17; 18]. По этой причине полное затопление пойм рек, которое в прошлом происходило почти ежегодно и целиком определяло существование пойменных экосистем, в настоящее время происходит довольно редко. Особенно серьезно эта проблема стоит именно для Чира, который полностью протекает в пределах степной зоны с недостаточным увлажнением. Чир – единственная из обследованных рек, которая имеет постоянную гидравлическую связь с грунтовыми водами, круглый год питая горизонты подрусловых грунтовых вод и грунтовых вод прибрежной полосы. Нами проведен специальный анализ архива космоснимков в сочетании с анализом рядов наблюдений на гидрологическом посту «Станица Обливская», который расположен несколько выше по течению. Выход воды на верхнюю пойму возможен при достижении отметки уровня 5.5–6.0 м, что в XXI веке от-

мечалось только в 2003, 2010 и 2018 годах. В растительных сообществах верхней поймы доминирует полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), что говорит об остепнении поймы. Несмотря на затопление в 2018 г., на профиле отсутствуют типичные растения низкой поймы [14].

Полевые наблюдения включали ландшафтное профилирование поймы реки Чир, определение глубины залегания грунтовых вод с использованием георадара «ОКО-2» и контрольного ручного бурения [10], учет численности видов растений и животных, внесенных в красные книги России и Волгоградской области. Для определения условий затопления поймы были обработаны ряды наблюдений по максимальной высоте и расходу половодий по гидропосту «Станица Обливская» с 1988 по 2021 год с использованием программы HydroStatCalc.

Результаты и их обсуждение. Пойма реки Чир не является исключением из общей картины. Процессы ксерофитизации отмечены ранее в поймах рек на обширном пространстве – от Дуная до Сырдарьи [6; 8; 13; 19; 20; 21]. Полное затопление пойм в современных условиях представляет собой сравнительно редкое исключение. Речные поймы Юга России можно считать своеобразным реликтом, не соответствующим современным гидрологическим условиям. Во всяком случае, фундаментальная закономерность соответствия средней высоты прирусловой (самой возвышенной) части поймы среднепогодному уровню половодья, отмеченная еще Н.И. Макаевым [9], нуждается в корректировке. Для реки Чир среднемаксимальный уровень половодья на 1,7–1,8 м ниже отметок поверхности

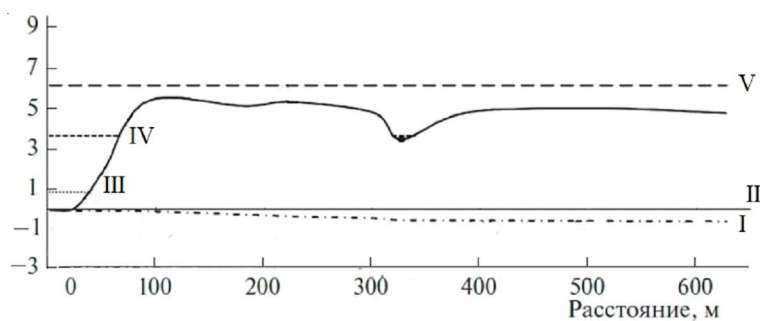


Рис. 2. Гидрогеологический профиль поймы реки Чир и характерные уровни воды за период 1988–2021 гг.:

I – уровень грунтовых вод в межень; *II* – меженный уровень воды в русле; *III* – минимальный уровень половодья (2007 г.); *IV* – среднемаксимальный уровень половодья; *V* – максимальный уровень половодья (2018 г.)

центральной поймы (рис. 2). Остепнение пойменных лугов также является обычным явлением, вызывая целый ряд негативных геоэкологических последствий, например, увеличение частоты ландшафтных пожаров [2]. Ухудшаются и социально-экономические условия жизни сельского населения, что находит выражение в изменении структуры землепользования [3; 16]. На фоне и без того неблагоприятной демографической обстановки в сельской местности это приводит к прогрессирующему запустению территории [1].

Таким образом, в результате уменьшения водности Чира стали довольно редкими (раз в 7–8 лет) и кратковременными половодья с полным затоплением поймы. Это приводит к недостаточному заполнению старичных озер, в частности Свиридовских (рис. 3). В последний раз вода в котловине озера на северной окраине хутора была в 2018 году, озеро на южной окраине пересохло еще раньше. В последние годы вода из русла Чира в озера не поступает, возможна лишь инфильтрация грунтовых вод в самой глубокой части озерных котловин. При этом образуются небольшие водоемы глубиной не более 15–20 см, существующие не более 2 недель. Основной

результат природных процессов в бассейне Дона для Свиридовских озер – то, что они перестали быть озерами.

В Кадастровом деле № 001 «Свиридовские озера. Охраняемый ландшафт регионального значения», сформированном Комитетом природных ресурсов и экологии Волгоградской области, в разделе «Сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения объектах животного и растительного мира» приведен следующий список видов, внесенных в Красную книгу Волгоградской области: малая крачка (*Sterna albifrons*), желтая цапля (*Ardeola ralloides*), кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*), скопа (*Pandion haliaetus*), белоглазая чернеть (*Aythya nyroca*) и большой кроншнеп (*Numenius arquata*).

Авторами в ходе исследования территории в 2021 году ни один из видов списка не отмечен. Все виды, приведенные в кадастровом деле № 001, за исключением большого кроншнепа, – типичные околородные птицы, чья жизнь неразрывно связана с водоемами. Обитание их в настоящее время на Свиридовских озерах полностью исключено. Большой кроншнеп – крупный и осторожный степной кулик, маловероятно его обитание в непосред-



Рис. 3. Состояние Южного Свиридовского озера, 30 апреля 2021 года

ственной близости от хутора, на территории, используемой в качестве сенокосов и пастбищ.

Выводы. Возвращение Свиридовских озер в первоначальное состояние ежегодного заполнения водой в половодье возможно только при существенном изменении количества и внутригодового распределения осадков. Половодье Чира обеспечивается таянием снега в бассейне реки. Соответственно, наполняемость пойменных озер прямо зависит от количества зимних осадков. Летние и осенние дожди на этот процесс повлиять не могут. Однако в последние десятилетия отчетливо выражен тренд повышения зимних температур, сокращение зимы как сезона года по времени и уменьшения доли снега в общем объеме осадков. Поэтому половодье с полным затоплением поймы наблюдается редко, раз в 8–10 лет. Ситуация усугубляется гидрогеологическими особенностями поймы Чира. Зеркало грунтовых воды здесь расположено ниже уровня воды в русле и пойменных озерах. Поэтому грунтовые воды не подпитывают поверхностные водоемы. Напротив, вода из них инфильтруется в подземные горизонты.

Можно констатировать полную утрату охраняемым ландшафтом «Свиридовские озера» функции сохранения богатой фауны околоводных птиц, в том числе и включенных в Красную книгу. Однако задача использования территории охраняемого ландшафта в научно-исследовательских и эколого-просветительских целях выполнима. При организации регулярного мониторинга ООПТ может служить хорошим примером сукцессионных изменений пойменных ландшафтов Донского бассейна в условиях меняющегося климата и гидрологических условий.

С 2009 года (то есть за все время существования озер в ранге ООПТ) озера наполнялись водой лишь дважды – в 2010 и 2018 годах. Такая ситуация типична для десятков озер долины Чира. Следует обратить большее внимание на другие пойменные озера Чира, например, безымянное старичное озеро в 1,2 км юго-западнее хутора Свиридовский, на противоположном берегу реки. Это озеро имеет более благоприятную конфигурацию пойменных протоков, заполняется водой ежегодно и представляет хорошо сохранившиеся типичные пойменные ландшафты.

Режим охраны, установленный для охраняемого ландшафта «Свиридовские озера», позволяет эффективно защищать ООПТ от антропогенных воздействий. Однако он не может исправить негативные климатические тенденции в бассейне Дона. На решение этой масштабной проблемы направлено Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2012-р от 21.07.2021. Данный документ содержит План мероприятий («дорожную карту») по оздоровлению и развитию водохозяйственного комплекса реки Дон. Третий раздел Плана содержит мероприятия по расчистке и восстановлению водности притоков. Реализация этих мероприятий позволит увеличить затопляемость пойм донских притоков. В этом случае охраняемый ландшафт восстановит свою природоохранную ценность.

На региональном уровне необходимо детальное изучение условий обводнения Свиридовских озер, в частности, геодезическая съемка русел протоков, по которым вода поступает в половодья в котловины озер. Данная работа определит участки расчистки этих русел и объем необходимых земляных работ. Реализация этих мероприятий создаст условия для более регулярного обводнения озер.

Периодический мониторинг состояния ООПТ регионального значения, организуемый Комитетами природных ресурсов субъектов РФ, безусловно выявит немало ООПТ-фантомов, подобных Свиридовским озерам и мелiorированным лиманам Заволжья. Существуя юридически, такие ООПТ природоохранных функций выполнять не могут. Однако не исключена их ценность как объектов мониторинга деградационных изменений в экосистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучина, Н. А. Ожидаемые демографические тенденции развития Волгоградской области / Н. А. Анучина, Н. В. Шилова // Естественные и технические науки. – 2018. – № 12 (126). – С. 151–153.
2. Берденгалиева, А. Н. Дешифрирование лесных пожаров в условиях речных пойм / А. Н. Берденгалиева, С. С. Шинкаренко // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 4 (111). – С. 43–48.

3. Вишняков, Н. В. Изменения в структуре землепользования как следствие демографических трансформаций сельских территорий Волгоградской области / Н. В. Вишняков, Д. А. Семенова // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11, № 3. – С. 165–173.

4. Влияние маловодья 2007–2015 гг. в бассейне р. Дон на состояние водных экосистем / М. Б. Киреева, В. П. Илич, А. В. Гончаров [и др.] // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. – 2018. – № 5. – С. 3–13.

5. Джамалов, Р. Г. Современные изменения водного режима рек в бассейне Дона / Р. Г. Джамалов, Н. Л. Фролова, М. Б. Киреева // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40, № 6. – С. 544–556.

6. Динамика площадей водоемов западного ильменно-бугрового района дельты Волги / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева, А. А. Выприцкий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 4. – С. 285–290. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290>

7. Исследование и оценка состояния территорий Волгоградского Заволжья, представляющих особую ценность для сохранения объектов животного и растительного мира региона / Н. М. Хаванская, В. А. Аляев, Н. В. Вишняков [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 15–30. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.4.2>

8. Кузьмина, Ж. А. Основные тенденции в динамике пойменных экосистем и ландшафтов низовьев Сырдарьи в современных изменяющихся условиях / Ж. А. Кузьмина, С. С. Шинкаренко, Д. А. Солодовников // Аридные экосистемы. – 2019. – Т. 25, № 4 (81). – С. 16–29. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S207909611904005X>

9. Маккавеев, Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н. И. Маккавеев. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 346 с.

10. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм / Д. А. Солодовников, Н. М. Хаванская [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 3. – С. 106–114. – DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-3-106-114>

11. Официальный сайт Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/other/protected/6051/> (дата обращения: 12.02.2022).

12. Рябинина, Н. О. История и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий в зоне степей юго-востока Русской равнины / Н. О. Рябинина // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2017. – № 2 (45). – С. 61–72.

13. Солодовников, Д. А. Методологические основы моделирования динамики грунтовых вод реч-

ных пойм на примере Волго-Ахтубинской поймы / Д. А. Солодовников // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 67–74. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.8>

14. Солодовников, Д. А. Гидрологические и гидрогеологические закономерности формирования речных пойм в бассейне Среднего Дона в современных условиях / Д. А. Солодовников, С. С. Шинкаренко // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 6. – С. 719–728. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0321059620060139>

15. Хаванская, Н. М. Роль природных парков в развитии внутреннего туризма Волгоградской области / Н. М. Хаванская // Вопросы степеведения. – 2019. – № 15. – С. 328–331.

16. Хаванская, Н. М. Геоинформационный анализ потенциала человеческих ресурсов аграрных территорий Волгоградской области / Н. М. Хаванская, В. А. Аляев, Д. А. Семенова // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2020. – Т. 22, № 2. – С. 109–118. – DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2020.2.10>

17. Шинкаренко, С. С. Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г. / С. С. Шинкаренко, Д. А. Солодовников, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 248–254. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254>

18. Ali, S. M. The simulation of floodplain flows: implications for floodplain management and river restoration strategies. New Jersey, 2004.

19. Distribution of selected invasive neophytes in floodplainforests in the protected landscape area Dunajský Luhy (Slovakia) / Z. Paukova, M. Hauptvogel, K. Dreskova, P. Littera // 19th International Scientific Geoconference SGEM 2019. – 2019. – P. 285–292.

20. Sergaliev, N. K. Territorial cores of the steppe vegetation recovery in West Kazakhstan region / N. K. Sergaliev, K. M. Akhmedenov, R. K. Amenova // Life Science Journal. – 2013. – Т. 10, № Spl. Issue 12. – P. 754–760.

21. Timchenko V. M. Ecological and hydrological calculations associated with the melioration of floodplain lakes of the Lower Dnieper / V. M. Timchenko, V. L. Gil'man // Hydrobiological Journal. – 1992. – Vol. 28, № 4. – P. 75–78.

REFERENCES

1. Anuchina N.A., Shilova N.V. Ozhidayemye demograficheskie tendentsii razvitiya Volgogradskoy oblasti [Expected Demographic Trends in the Development of the Volgograd Region]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2018, vol. 12, no. 126, pp. 151–153.

2. Berdengalieva A.N., Shinkarenko S.S. Deshifrirovaniye nelesnykh pozharov v usloviyakh rechnykh pojm [Non-Forest Fires in River Floodplains Identification]. *Nauchno-Agronomicheskii zhurnal* [Agronomy Scientific Journal], 2020, no. 4 (111), pp. 43-48.
3. Vishnjakov N.V., Semenova D.A. Izmeneniya v strukture zemlepol'zovaniya kak sledstvie demograficheskikh transformatsiy sel'skikh territorij Volgogradskoj oblasti [Changes in Land Use as Consequence of Demographic Transformations of Rural Territories of the Volgograd Region]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2016, vol. 11, no. 3, pp. 165-173.
4. Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima rek v bassejne Dona [Current Changes in River Water Regime in the Don River Basin]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 2013, vol. 40, no. 6, pp. 573-584.
5. Kireeva M.B., Ilich V.P., Goncharov A.V., et al. Vliyanie malovod'ya 2007–2015 gg. v bassejne r. Don na sostoyaniye vodnykh ekosistem [Influence of 2007-2015 Extreme Low-flow Period in the Don River Basin on Water Ecosystems]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography], 2018, no. 5, pp. 3-13.
6. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Vyprickii A.A. Dinamika ploshchadej vodoyomov zapadnogo il'menobugrovogo rajona del'ty Volgi [Dynamics of Water Bodies Areas in the Western Ilmen Lake Region of the Volga Delta]. *Sovremennye problemy distantsionnogo Zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 4, pp. 285-290. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290>
7. Khavanskaya N.M., Alyaev V.A., Vishnyakov N.V., et al. Issledovanie i otsenka sostoyaniya territorij Volgogradskogo Zavolzh'ya, predstavlyayushchikh osobuyu tsennost' dlya sokhraneniya ob'ektov zhivotnogo i rastitel'nogo mira regiona [Research and Assessment of the State of the Territories of the Volgograd Zavolzh Region, Presenting a Special Value for the Preservation of Facilities of the Animal and Plant World of the Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 15-30. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.4.2>.
8. Kuzmina Zh.V., Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A. Osnovnye tendentsyi v dinamike pojmnnykh ekosistem i landshaftov nizov'ev Syrdar'i v sovremennykh izmenyayushchikhsya usloviyakh [Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Ecosystems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River Under Modern Changing Conditions]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2019, vol. 25, no. 4(81), pp. 16-29. DOI: <https://doi.org/10.1134/S207909611904005X>
9. Makkaveev N.I. Ruslo reki i eroziya v ee bassejne [Riverbed and Erosion in Its Basin]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1955. 346 p.
10. Solodovnikov D.A., Khavanskaya N.M., Vishnyakov N.V., Ivancova E.A. Metodicheskie osnovy geofizicheskogo monitoringa gruntovykh vod rechnykh pojm [Methodical Basis of Geophysical Monitoring of Ground Water River Floodland]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2017, vol. 12, no. 3, pp. 106-114. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-3-106-114>
11. *Ofitsyal'nyj sayt komiteta prirodnykh resursov, lesnogo hozyajstva i ekologii Volgogradskoj oblasti* [Official Website of the Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd Region]. URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/other/protected/6051/> (date of access 12 February 2022).
12. Ryabinina N.O. Istoriya i perspektivy razvitiya seti osobo okhranyaemykh prirodnykh territorij v zone stepej yugo-vostoka Russkoj ravniny [History and Prospects of Development of the Network of Specially Protected Natural Territories in the Steppe Zone of the South-east of the Russian Plain]. *Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society], 2017, no. 2 (45), pp. 61-72.
13. Solodovnikov D.A. Metodologicheskie osnovy modelirovaniya dinamiki gruntovykh vod rechnykh pojm na primere Volgo-Akhtubinskoj pojmy [Methodological Foundation of Ground-water Dynamic Modeling in River Floodplains on the Example of the Volga-Akhtuba Flood Plain]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 67-74. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.8>
14. Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S. Gidrologicheskie i gidrogeologicheskie zakonomernosti formirovaniya rechnykh pojm v bassejne Srednego Dona v sovremennykh usloviyakh [Present-day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 2020, vol. 47, no. 6, pp. 719-728. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0321059620060139>
15. Khavanskaya N.M. Rol' prirodnykh parkov v razvitií vnutrennego turizma Volgogradskoj oblasti [The Role of Natural Parks in the Domestic Tourism Development of Volgograd Region]. *Voprosy stepovedeniya* [Problems of Steppe Science], 2019, no. 15, pp. 328-331.
16. Khavanskaya N.M., Alyaev V.A., Semenova D.A. Geoinformatsyonnyj analiz potentsyala

chelovecheskikh resursov agrarnykh territorij Volgogradskoj oblasti [Geoinformation Analysis of the Potential of Human Resources of Agricultural Territories of Volgograd Region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika* [Journal of Volgograd State University. Economics], 2020, vol. 22, no. 2, pp. 109-118. DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2020.2.10>.

17. Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A., Bartalev S.A. Gidrologicheskaya situatsiya na vodokhranilishchakh yuga evropeyskoy chasti Rossii v 2020 g. [The Hydrological Situation in the Reservoirs in the South of the European Part of Russia in 2020]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 1, pp. 248-254. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254>

18. Ali S.M. *The Simulation of Floodplain Flows: Implications for Floodplain Management and River Restoration Strategies*. New Jersey, 2004.

19. Paukova Z., Hauptvogel M., Dreskova K., Littera P. Distribution of Selected Invasive Neophytes in Floodplainforests in the Protected Landscape Area Dunajské Luhy (Slovakia). *19th International Scientific Geoconference SGEM 2019*, 2019, pp. 285-292.

20. Sergaliev N.K., Akhmedenov K.M., Amenova R.K. Territorial Cores of the Steppe Vegetation Recovery in West Kazakhstan Region. *Life Science Journal*, 2013, vol. 10, no. spl. issue 12, pp. 754-760.

21. Timchenko V.M., Gil'man V.L. Ecological and Hydrological Calculations Associated With the Melioration of Floodplain Lakes of the Lower Dnieper, *Hydrobiological Journal*, 1992, Vol. 28, no. 4, pp. 75-78.

Information About the Authors

Solodovnikov Denis Anatolyevich, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Head of Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, solodovnikov@volsu.ru

Shinkarenko Stanislav Sergeevich, Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, shinkarenko@volsu.ru

Semenova Diana Alexandrovna, Senior Lecturer, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, semenova@volsu.ru

Shilova Natalya Vladimirovna, Senior Lecturer, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, shilova@volsu.ru

Информация об авторах

Солодовников Денис Анатольевич, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, solodovnikov@volsu.ru

Шинкаренко Станислав Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, shinkarenko@volsu.ru

Семенова Диана Александровна, старший преподаватель кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, semenova@volsu.ru

Шилова Наталья Владимировна, старший преподаватель кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, shilova@volsu.ru



Журнал «Природные системы и ресурсы» издается для широкого ознакомления научной общественности с результатами современных исследований по экологии, геоэкологии, природопользованию, географии, геоинформатике, а также по биотехнологии и биоинженерии.

Авторами журнала могут быть преподаватели, научные сотрудники и аспиранты высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений России, а также другие отечественные и зарубежные исследователи.

Уважаемые читатели!

Подписка на II полугодие 2022 года осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и журналы». Т. 1. Подписной индекс 29087.

Стоимость подписки на II полугодие 2022 года 1051 руб. 58 коп.

Распространение журнала осуществляется по адресной системе.

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В РЕДКОЛЛЕГИЮ ЖУРНАЛА
«ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ»**

1. Материалы представляются на бумажном и электронном носителях по адресу: 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100, Волгоградский государственный университет – главному редактору Рулеву Александру Сергеевичу или высылаются по электронной почте на адрес: vestnik11@volsu.ru.

Обязательно наличие сопроводительного письма, в котором должны содержаться следующие пункты: гарантия оригинальности статьи, отсутствия в ней недостоверных данных и плагиата; обязательство не подавать данный материал в другой журнал; информация о наличии/отсутствии потенциального конфликта интересов с членами редколлегии; данные о финансировании исследования (с пометкой об их конфиденциальности или необходимости опубликования); согласие с принципами, изложенными в разделе «Издательская этика» журнала (<https://ns.jvolsu.com/index.php/publishing-ethics-ru>).

Для российских авторов (аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук) необходимо дополнительно представить рекомендацию, подписанную научным руководителем и заверенную печатью учреждения.

2. Правила оформления статей.

Объем статьи не должен превышать 1 п. л.

Каждая статья должна включать следующие элементы издательского оформления:

- 1) Индексы УДК и ББК.
- 2) Заглавие. Подзаголовочные данные (на русском и английском языках).
- 3) Имя, отчество, фамилия автора; ученое звание, ученая степень; контактная информация (место работы/учебы и должность автора, полный почтовый адрес организации, телефон, e-mail) на русском и английском языках.
- 4) Аннотация на русском языке и авторское резюме (Abstract) на английском языке.
- 5) 5–8 ключевых слов или словосочетаний (на русском и английском языках).
- 6) Текст статьи.
- 7) Список литературы на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.1-2003, и References – список литературы на английском языке (латинским шрифтом), оформленный в соответствии с требованиями редакции. При необходимости – примечания, приложения.

2.1. Требования к авторским оригиналам на бумажном и электронном носителях.

- 1) Поля по 2 см с каждой стороны.
- 2) Нумерация страницы по центру внизу.
- 3) Шрифт Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.
- 4) Файл должен быть создан в программе «Microsoft Word» и сохранен с расширением *.rtf; имя файла должно быть набрано латиницей и отражать фамилию автора.

2.2. Оформление библиографических ссылок и примечаний.

- 1) Библиографические ссылки на пристатейный список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера источника и через запятую номеров соответствующих страниц.
- 2) Пристатейный список литературы, озаглавленный как «Список литературы», составляется в алфавитном пронумерованном порядке. Он должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1–2003 с указанием обязательных сведений библиографического описания.

3. После получения материалов рукопись направляется на рецензирование. Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией после рецензирования. Редакция оставляет за собой право отклонить или отправить представленные статьи на доработку на основании соответствующих заключений рецензентов. После получения положительной рецензии редакция уведомляет авторов о том, что статья принята к опубликованию, а также направляет замечания рецензентов и редакторов, в соответствии с которыми необходимо исправить или дополнить статью. В случае отказа в публикации статьи редакция представляет автору мотивированный отказ.

Полнотекстовые версии опубликованных статей и их метаданные (аннотации, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, список литературы) будут размещены в свободном доступе в Интернете на официальном сайте издания, на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU и других реферативных баз данных.

4. Более подробно с требованиями к статьям можно ознакомиться на страничке Издательства на сайте Волгоградского государственного университета: <https://www.volsu.ru> – и сайте журнала: <https://ns.jvolsu.com>.

ISSN 2713-1572



9 772713 157005



39 >