

ISSN 2713-1572



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И РЕСУРСЫ**

2024

Том 14. № 4

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

**NATURAL SYSTEMS
AND RESOURCES**

2024

Volume 14. No. 4



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

2024. Vol. 14. No. 4

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)
Prof., Dr. *L.A. Anisimov* (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. Vorobyev* (Tomsk); Prof.,
Acad. of RAS *I.F. Gorlov* (Volgograd); Assoc. Prof.,
Dr. *P.M. Dzhambetova* (Grozny); Prof., Dr. *S.I. Kolesnikov*
(Rostov-on-Don); Prof., Dr., Acad. of RAS *I.P. Kruzhilin*
(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. Tiutiuna* (Astrakhan
Oblast, Solyonoye Zaymishche); 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)

Editor of English texts is *D.A. Novak*

Making up by *E.S. Reshetnikova*

Technical editing: *N.M. Vishnyakova, E.S. Reshetnikova*

Passed for printing on Nov. 15, 2024.

Date of publication: Dec. 31, 2024.

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

Conventional printed sheets 5.5. Published pages 5.9.

Number of copies 500 (1st printing 1–27 copies).

Order 130. «C» 45.

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

2024. Т. 14. № 4

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 геол.-минер. наук, проф. *Л.А. Анисимов* (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. Танюкевич* (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., академик 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., академик РАН *И.П. Кружилин* (г. Волгоград) проф., академик РАН *К.Н. Кулик* (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, доц., академик РАН *М.Г. Мустафаев* (г. Баку, Азербайджан); д-р с.-х. наук, проф., академик 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., академик РАН *А.А. Чибилев* (г. Оренбург); д-р геогр. наук, проф. *Г.Ю. Ямских* (г. Красноярск)

Редактор английских текстов *Д.А. Новак*

Верстка *Е.С. Решетниковой*

Техническое редактирование *Н.М. Вишняковой, Е.С. Решетниковой*

Подписано в печать 15.11.2024 г.

Дата выхода в свет: 31.12.2024 г.

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

Усл. печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 5,9

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–27 экз.). Заказ 130. «С» 45.

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

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ, ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ

- Иванцова Е.А., Нгуен М.Т.* Видовой состав и структура сообществ дендрофильных филлофагов в зеленых насаждениях г. Волгограда 5
- Берденгалиев Р.Н., Берденгалиева А.Н.* Идентификация пожароопасных участков в пойменных ландшафтах Нижнего Дона по данным детектирования активного горения из космоса 17
- Дорошенко В.В.* Оценка динамичности экосистем под влиянием пыльных бурь (на примере востока Ставропольского края) 28

ЭКОЛОГИЯ

- Шикун В.В., Иванцова Е.А.* Особенности развития и суточной кормовой активности кровососущих мошек семейства Simuliidae в Волгоградской области 35

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Хаванская Н.М., Шапрова А.А.* Моделирование геоморфологических условий речного бассейна на примере р. Бузулук 42
- Агафонникова Е.О., Хоперсков А.В.* О связи между уровнем и расходом воды на примере данных гидропоста нижнего бьефа Угличской ГЭС [На англ. яз.] 51

CONTENTS

FORESTRY, SILVICULTURE, FOREST CROPS, AGROFORESTRY, LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

- Ivantsova E.A., Nguen Minh Chi.* Species Composition and Structure of Dendrophil Phyllophagus Communities in Green Plants of Volgograd 5
- Berdengaliev R.N., Berdengalieva A.N.* Identification of Fire Hazard Areas in the Floodplain Landscapes of the Lower Don Based on Active Burn Detection Data From Space 17
- Doroshenko V.V.* Assessment of Ecosystem Dynamism Under the Influence of Dust Storms (Using the Example of the East of the Stavropol Region) 28

ECOLOGY

- Shikunov V.V., Ivantsova E.A.* Features of the Development and Daily Feeding Activity of Blood-Sucking Midges of the Family Simuliidae in the Volgograd Region 35

GEOECOLOGY

- Khavanskaya N.M., Shaprova A.A.* Modeling Geomorphological Conditions of a River Basin on the Example of the Buzuluk River 42
- Agafonnikova E.O., Khoperskov A.V.* On the Relationship Between the Water Level and Water Discharge in the Downstream of the Uglich Water Power Station 51



**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО,
ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ,
АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ**

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.1>

UDC 502.5:595.7(470.45)

LBC 26.887.2(2Рос-4Вор)



**SPECIES COMPOSITION AND STRUCTURE
OF DENDROPHIL PHYLLOPHAGUS COMMUNITIES
IN GREEN PLANTS OF VOLGOGRAD**

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Minh Chi Nguyen

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation;
Mien Trung University of Civil Engineering, Tuy Hoa, Vietnam

Abstract. This paper presents the data of long-term studies on the species composition of phytophages of the main tree species of Volgograd, which is very important for the development of measures to regulate the number and economic importance of pests, which is implemented on the basis of information on the taxonomic composition of harmful fauna and the identification of the most numerous and harmful species. As our studies have shown, such species as elm, poplar, robinia, pine are of leading importance in the formation of the main urban landscape elements. It has been established that the taxonomic composition of herbivorous insects of the main tree species in urban plantings includes 102 species of insects from 83 genera, 29 families and 6 orders, as well as 6 species of mites from 3 genera. The richest and most diverse in composition is the population of phyllophages living on elm – 58 species, the poorest taxonomic composition is distinguished by the pine community – 12 species. An analysis of the structure of phyllophagous communities of various tree species showed noticeable differences in the ratio of insect orders.

Key words: dendrophilous phyllophages, species composition, communities, green plants, Volgograd.

Citation. Ivantsova E.A., Nguen Minh Chi. Species Composition and Structure of Dendrophil Phyllophagus Communities in Green Plants of Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 5-16. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.1>

УДК 502.5:595.7(470.45)
ББК 26.887.2(2Рос-4Вор)

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ДЕНДРОФИЛЬНЫХ ФИЛЛОФАГОВ В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ г. ВОЛГОГРАДА

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Минь Тьи Нгуен

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация;
Строительный университет Мьентрунга, г. Туйхоа, Вьетнам

Аннотация. В данной работе представлены данные многолетних исследований по изучению видового состава филофагов основных древесных пород г. Волгограда, что весьма актуально для разработки мероприятий по регулированию численности и хозяйственного значения вредителей, что реализуемо на основе сведений о таксономическом составе вредной фауны и выявлении наиболее многочисленных и вредоносных видов. Как показали наши исследования, ведущее значение в формировании основных городских ландшафтных элементов имеют такие породы, как вяз, тополь, робиния, сосна. Установлено, что таксономический состав растительоядных насекомых основных древесных пород в городских насаждениях включает 102 вида насекомых из 83 родов, 29 семейств и 6 отрядов, а также 6 видов клещей из 3 родов. Наиболее богато и разнообразно по составу население филофагов, обитающих на вязе – 58 видов, наиболее бедным таксономическим составом отличается сообщество сосны – 12 видов. Анализ структуры сообществ филофагов различных древесных пород показал заметные отличия в соотношении отрядов насекомых.

Ключевые слова: дендрофильные филофаги, видовой состав, сообщества, зеленые насаждения, Волгоград.

Цитирование. Иванцова Е. А., Нгуен М. Т. Видовой состав и структура сообществ дендрофильных филофагов в зеленых насаждениях г. Волгограда // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 5–16. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.1>

Волгоград – крупнейший промышленный город с высоким уровнем техногенного прессы. Через город проходят две напряженные автомагистрали. Вдоль них сформировалась зона устойчивого загрязнения шириной 100 м. Для улучшения условий городской среды важным элементом выступает создание разветвленной сети городского озеленения территории путем создания скверов, парков, аллей, которые должны выполнять важные функции: санитарные, гигиенические, эстетические и пр. [28].

Исследования проводились в озеленительных насаждениях урбанизированной территории Волгограда, расположенного на юго-востоке европейской части Российской Федерации. Данная территория находится на стыке сухостепной и полупустынной природных зон, отличающихся по почвенно-климатическим условиям [23]. Основным типом нетрансформированных почв на территории Волгограда является светло-каштановый.

В формировании ландшафта Волгограда большую роль играет Ергенинская гряда, разделяющая город на две неравные части. На склонах Ергенинской возвышенности под влиянием интенсивных эрозионных процессов образовалась широкая сеть оврагов и балок. На городской территории имеют место очень глубокие балки (Григорова, Капустная, Отрадная) и долины речек Ельшанка, Сухая и Мокрая Мечетки, Царица. Для данных природных образований характерны крутые склоны, значительная глубина, а долины малых рек довольно широкие и низкие.

Несмотря на жесткие природные условия, на территории Волгограда присутствуют естественные лесные биоценозы, приуроченные к байракам и речным долинам. В них произрастают следующие древесные растения: дуб черешчатый (*Quercus robur*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*), берест (*Ulmus caprihifolia*), карагана (*Caragana*), яблоня (*Malus*), клен

татарский (*Acer tataricum*), клены ясенелистный (*Acer negundo*) и татарский (*Acer tataricum*), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*), терн (*Prunus*), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), ива белая (*Salix alba*), груша (*Pyrus*), шиповник (*Rosa*), смородина золотая (*Ribes aureum*) и др [23].

В посадках Волгограда, как указывают М.Н. Белицкая [4–6], Ю.С. Ельникова [15], Р.В. Овсянкин, Е.А. Иванцова [31] широко используются интродуцированные виды деревьев и кустарников. Быстрый рост и декоративность таких растений, а также отсутствие необходимости в особом уходе обуславливают широкое их использование в зеленом строительстве. Такие насаждения способствуют увеличению экологической емкости территорий, но, при этом они нуждаются в регулярной поддержке со стороны человека [17; 21; 22; 26; 28; 30; 32].

Как показали наши исследования, ведущее значение в формировании основных городских ландшафтных элементов имеют такие породы, как вяз, тополь, робиния, сосна. Широкое использование вяза перистоветвистого в озеленении территории Волгограда (ранее Царицын – Сталинград) началось еще в 30-е гг. прошлого столетия [6]; в настоящее время в различных насаждениях города на долю ильмовых приходится более 70 % [27]. Тополь и робиния стали использоваться для озеленения в 40-50-х гг. XX века. При этом тополь высаживают в городских насаждениях разных категорий. Робинии отдают предпочтение при обустройстве скверов, бульваров, внутриквартальных участков и при создании уличных насаждений. Сосна стала применяться при создании разного рода декоративных зеленых объектов с 70–80-х гг. прошлого века. При этом в посадках присутствуют обычно единичные экземпляры или группы деревьев этой хвойной породы по 3–7 штук в композиции. В то же время в границах города и по его периметру встречаются массивные насаждения по 5–7 га (микрорайон Горная Поляна, древостой близ мемориального комплекса Лысая Гора, на склонах Ергенинской возвышенности и др.) [30; 31].

В настоящее время возраст большинства деревьев в разных посадках превышает 50–60 лет. Более 60 % деревьев в посадках

сильно ослаблены [18; 27; 33]. Наличие в посадках ослабленных деревьев создает благоприятные условия для привлечения и размножения вредителей и болезней [19; 20; 29]. Это подтверждают данные наших наблюдений по результатам оценки санитарного состояния основных древесных пород. Поэтому представляет интерес изучение особенностей состава и связей населения членистоногих с основными древесными породами в городских насаждениях.

Известно, что урбанизация сопровождается кардинальным изменением первоначальных местных экосистем. Они разрушаются под влиянием человека и в дальнейшем становятся частью вновь созданных ландшафтных комплексов. Городские фауны формируются из существующих аборигенных видов и видов-мигрантов [28]. Как отмечают в своих исследованиях М.Н. Белицкая, И.Р. Грибуст и др. [5; 6], Д.А. Белов [7], И.А. Богачева, Г.А. Замшина, Н.В. Николаева [8], Ю.С. Ельникова [15], Н.И. Еремеева [16], Б. Клауснитцер [24], И.А. Леонтьева, И.А. Яковлева [25], Е.В. Юркина, Е.М. Ефремова [36] и др., процессы урбанизации приводят к образованию специфического энтомокомплекса, порой существенно отличающегося от природных сообществ.

Вредители древесных пород – большая и очень разнообразная часть городской энтомофауны. Они классифицируются по наносимому ущербу древесного вида. Это вредители листвы, стволовые вредители, вредители корней, вредители плодов и т. д. Их пищевые предпочтения определяют местообитание и степень вреда дереву или кустарнику. Многие насекомые при озеленении городских территорий проникают в регионы с посадочным материалом, легко осваивают новые участки и территории, приспосабливаются и становятся постоянными обитателями городских посадок.

Комплексы дендрофильных членистоногих весьма многочисленны и разнообразны. Число на территории России достоверно выявленных видов достигает, по данным Е.В. Аксененко, И.И. Корнева, А.В. Будаева, А.М. Кондратьевой [1], Ю.И. Алпацкой [2], В.В. Аникина [3], М.Н. Белицкой, З.А. Федотовой, Е.Э. Нефедьевой [4], А.А. Богунова [10],

Д.Д. Буй, Л.Н. Щербаковой, М.Ю. Мандельштамма, Д.Л. Мусолина, А.В. Селиховкина [11], И.А. Леонтьевой, И.А. Яковлевой [25], А.В. Селиховкина [34], и др. около 1100.

Специальное изучение вредителей ассимиляционного аппарата древесных пород, составляющих основу озеленительных насаждений урбанизированной территории Волгограда до последнего времени практически не проводилось. Общий видовой состав дендрофагов в городских насаждениях, в том числе в посадках санитарно-защитной зоны изучали Ю.С. Ельникова [15], П.М. Богодухов [9], М.Н. Белицкая, И.Р. Грибуст, О.С. Филимонова [6], Р.В. Овсянкин, Е.А. Иванцова [30–33], А.А. Тихонова, Е.А. Иванцова [35]. В исследованиях П.М. Богодухова [9] проведена оценка состояния энтомонаселения техногенно преобразованной территории, впервые была предпринята попытка оценить состояние энтомофауны на загрязнённой территории с применением принципа Ле-Шателье-Брауна и предложен сокращённый метод анализа по трём индикативным семействам. Вредные членистоногие, в работах М.Н. Белицкой, И.Р. Грибуст, Е.Э. Нефедьевой [5], М.Н. Белицкой, И.Р. Грибуст, О.С. Филимоновой [6] и др., рассматривались как индикаторы состояния биоценозов. В них анализировались фаунистический состав, количественное обилие и экологическая структура и биологические особенности филофагов на территории Волгограда и области с указанием возможности прогнозирования предстоящих изменений количественного обилия важнейших вредителей и санитарного состояния защитных насаждений.

Материалы и методы исследования

В задачи наших исследований входило изучение состава и структуры вредителей ассимиляционного аппарата основных древесных пород в насаждениях города [18]. Эколого-фаунистические исследования и обработку данных выполняли с использованием общепринятых методов и методик [12–14]. Предусматривалось также использование данных других исследователей. Сбор и учет вредителей листвы и хвои осуществлялся в процессе проведения посто-

янных и рекогносцировочных обследований посадок [18].

На ветвях нижней части кроны длиной 1,0 м подсчитывали количество вредителей разных видов, наносимые ими повреждения листьев, собирали поврежденные листья с минами и галлами и пр. Дополнительно проводился ручной сбор имаго вредителей и кошение энтомологическим сачком в кронах деревьев. Учет видового обилия филофагов проводили дважды за сезон в конце апреля – III декада мая (ранневесенний комплекс) и II декада августа – I декада сентября (летне-осенний комплекс) 2020–2023 годов. Проводили ручной сбор, энтомологическое кошение, осмотр листвы и изучение повреждений, вызванных филофагами. Особенно важно это для выявления инвазивных видов вредителей, а также открытоживущих филофагов, повреждения которых зачастую более заметны, нежели они сами. Возможность идентифицировать их до вида дает ценную информацию по пространственной и временной изменчивости плотности популяции [27]. Оценка состояния энтомофауны предусматривала установление таких показателей, как: таксономический состав и плотность; виды, составляющие основу населения; малочисленные насекомые; связь между древесной породой и разными трофическими группами членистоногих; выделение в составе сообществ видов, отличающихся по хозяйственному значению. Установление видового состава филофагов осуществлялось путем определения имаго, по видоспецифичным повреждениям ассимиляционного аппарата древесных пород. При этом использовались общеизвестные определители и атласы насекомых [12, 13].

Результаты и обсуждение

Результаты анализа собранного нами полевого материала и имеющиеся литературные данные позволили определить таксономическое разнообразие и распространенность вредителей ассимиляционного аппарата в основных городских древесных насаждениях. Многолетними исследованиями установлено, что на обследованных древесных растениях обитают 108 видов филофагов (см. таблицу).

Видовой состав наиболее распространенных видов членистоногих основных древесных пород г. Волгограда

Систематическая единица	Древесные породы			
	Вяз	Тополь	Робиния	Сосна
Класс Insecta				
<i>Omp Homoptera</i>				
<i>Сем. Cicadellidae</i>				
<i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	
<i>Omp Hemiptera</i>				
<i>Сем. Psyllidae</i>				
<i>Psyllopsis fraxinicola</i> (Foerster, 1848)	+	+		
<i>Psylla ulmi</i> (Förster, 1848)	+	+		
<i>Сем. Pemphigidae</i>				
<i>Pemphigus lactucarius</i> (Passerini, 1856)		+		
<i>Pemphigus populinigrae</i> (Schrank, 1801)		+		
<i>Pemphigus (Pemphiginus) populi</i> (Courchet, 1879)		+		
<i>Pemphigus (Pemphigus) spyrothecae</i> (Passerini, 1860)		+		
<i>Thecabius (Thecabius) affinis</i> (Kaltenbach, 1843)		+		
<i>Сем. Aphididae</i>				
<i>Aphis (Aphis) gossypii</i> subsp. <i>gossypii</i> (Glover, 1877)			+	
<i>Aphis (Aphis) craccivora</i> subsp. <i>craccivora</i> (Koch, 1854)			+	
<i>Aphis (Aphis) fabae</i> subsp. <i>fabae</i> (Scopoli, 1763)			+	
<i>Acyrtosiphon Acyrtosiphon caraganae</i> (Cholodkovsky, 1907)			+	
<i>Colopha compressa</i> (Koch., 1856)	+			
<i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann, 1802)	+			
<i>Tinocallis (Eotinocallis) platani</i> (Kaltenbach, 1843)	+			
<i>Kaltenbachiella pallida</i> (Haliday, 1838)	+			
<i>Tetraneura ulmi</i> (Linnaeus, 1758)				
<i>Eriosoma ulmi</i> (Linnaeus, 1758)	+			
<i>Omp Coleoptera</i>				
<i>Сем. Chrysomelidae</i>				
<i>Xanthogaleruca luteola</i> (Muller 1776)	+			
<i>Omp Lepidoptera</i>				
<i>Сем. Gracillariidae</i>				
<i>Phyllonorycter corylifoliella</i> (Hübner, 1796)	+			
<i>Phyllonorycter populifoliella</i> (Treitschke, 1833)		+		
<i>Phyllonorycter robiniella</i> (Clemens, 1859)			+	
<i>Parectopa robiniella</i> (Clemens, 1863)			+	
<i>Phyllonorycter ulmifoliella</i> (Hübner, 1817)	+			
<i>Phyllocnistis unipunctella</i> (Stephens, 1834)		+		
<i>Сем. Nepticulidae</i>				
<i>Stigmella luteella</i> (Stainton, 1857)	+			
<i>Stigmella lemniscella</i> (Zeller, 1839)	+			
<i>Stigmella ulmivora</i> (Fologne, 1860)	+			
<i>Stigmella viscerella</i> (Stainton, 1853)	+			
<i>Сем. Lasiocampidae</i>				
<i>Malacosoma neustria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		
<i>Сем. Geometridae</i>				
<i>Operophtera brumata</i> (Linnaeus, 1758)	+			
<i>Abraxas (Calospilos) sylvata</i> (Scopoli, 1763)	+			
<i>Erannis defoliaria</i> (Clerck, 1759)	+			
<i>Lycia hirtaria</i> subsp. <i>hirtaria</i> (Clerck, 1760)	+	+		
<i>Biston strataria</i> subsp. <i>strataria</i> (Hufnagel, 1767)		+		
<i>Bupalus piniaria</i> (Linnaeus, 1758)				+
<i>Сем. Lymantriidae</i>				
<i>Orgyia (Orgyia) antiqua</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		
<i>Euproctis (Euproctis) chrysorrhoea</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	
<i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus, 1758)	+			

Системагическая единица	Древесные породы			
	Вяз	Тополь	Робиния	Сосна
<i>Сем. Noctuidae</i>				
<i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		
<i>Panolis flammea</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)				+
<i>Amphipyra pyramidea</i> (Linnaeus, 1758)				+
<i>Dicranura ulmi</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	+			
<i>Cerura vinula</i> (Linnaeus, 1758)		+		
<i>Сем. Pyralidae</i>				
<i>Etiella zinckenella</i> (Treitschke, 1832)			+	
<i>Сем. Arctiidae</i>				
<i>Hyphantria cunea</i> (Drury, 1773)		+		
Отряд Hymenoptera				
<i>Сем. Diprionidae</i>				
<i>Diprion pini</i> (Linnaeus, 1758)				+
<i>Microdiprion pallipes</i> (Fallen, 1808)				+
<i>Neodiprion sertifer</i> (Geoffroy, 1785)				+
<i>Сем. Argidae</i>				
<i>Aprocerus leucopoda</i> (Takeuchi, 1939)	+			
<i>Сем. Pamphiliidae</i>				
<i>Acantholyda erythrocephala</i> (Linnaeus, 1758)				
<i>Itycorsia posticalis</i> (Matsumura, 1912)				
<i>Сем. Tenthredinidae</i>				
<i>Fenusella nana</i> Klug, 1816	+			
<i>Nematus tibialis</i> (Newman, 1837)			+	
<i>Fenusa ulmi</i> (Sundevall, 1844)	+			+
<i>Cladius ulmi</i> (Linnaeus, 1758)	+			+
Отряд Diptera				
<i>Сем. Agromyzidae</i>				
<i>Paraphytomyza populi</i> (Kaltenbach, 1864)		+		
<i>Сем. Cecidomyiidae</i>				
<i>Janetiella lemei</i> (Kieffer, 1904)	+			
<i>Janetiella nervicola</i> (Kieffer, 1909)	+			
<i>Obolodiplosis robiniae</i> (Haldeman, 1847)			+	
Класс Arachnida				
Отряд Acariformes				
<i>Сем. Eriophyidae</i>				
<i>Aceria ulmi</i> (Garman, 1883)	+			

Как показали наши исследования, наиболее богат в видовом отношении класс Insecta, который представлен 102 видами насекомых, относящихся к 83 родам 29 семействам и 7 отрядам. Фаунистический состав клещей чрезвычайно беден – 6 видов из 3 родов семейства Eriophyidae отряда Acariformes [18]. Наиболее богато и разнообразно по составу население филлофагов, обитающих на вязе – 58 видов. Заметно ниже видовое обилие сообщества тополя – 41 вид. Население вредителей листвы акации ограничено 23 видами и наиболее бедным таксономическим составом отличается сообщество сосны – 12 видов.

Анализ структуры сообществ членистоногих разных древесных пород показал заметные отличия в соотношении отрядов насекомых.

Особенно ярко проявляется разница между сообществами лиственных пород и сосной. Отличается количество отрядов и кардинально их доля в сообществах филлофагов, меняется состав доминантных групп.

В сообществах большинства лиственных пород доминирующее положение занимает отряд чешуекрылые Lepidoptera, на долю которого приходится до 41,6 % от общего состава сообществ. Среди членистоногих, населяющих лиственные породы, наиболее выражено участие данного отряда в группе обитателей тополя (41,6 %). В сообществе вяза доля чешуекрылых несколько ниже (39,7 %). Особенно низко участие представителей указанного отряда в сообществе робинии (20,0 %).

Отряд полужесткокрылые Hemiptera формирует основную часть видовой обилия населения в сообществах робинии – 30,0 %. Более низкая представленность данного отряда характерна для населения тополя и вяза, где этот показатель ниже на 12,9 % и 14,5 % соответственно.

Подобный вариант участия в структуре сообществ членистоногих, но в несколько меньшей степени, характерен для отряда жесткокрылые Coleoptera.

Вариабельность долевого участия отряда равнокрылые Homoptera в структуре населения членистоногих разных лиственных пород слабо выражена и колеблется практически на одном уровне 12,1–15,0 %.

Несколько иная ситуация характерна для отрядов перепончатокрылые Hymenoptera и двукрылые Diptera. В сообществах робинии и вяза участие представителей каждого отряда равнодолевое. Для филлофагов робинии эти показатели соответствуют 10,0 %. А в сообществе вяза представленность двукрылых и перепончатокрылых колеблется на уровне 6,9 %. Однако, среди членистоногих, обитающих на тополе, доля представителей отряда перепончатокрылых (2,4 %) более чем в четыре раза ниже такового в сравнении с двукрылыми.

Виды отряда растительноядные клещи Acariformes зарегистрированы лишь среди филлофагов вяза и тополя. Причем участие клещей в сообществе вяза выражено в наибольшей степени (8,6 %). Для населения тополя характерен более бедный состав клещей, их доля почти в четыре раза ниже.

Состав населения членистоногих сосны отличается от обитателей лиственных пород. Здесь доминирующее положение занимают представители трех отрядов насекомых, среди которых на долю представителей отряда Hymenoptera приходится 50,0 % от видовой обилия сообщества, на долю Lepidoptera – 41,7 %. Особенно низким участием в структуре населения филлофагов сосны отличается отряд Coleoptera – 8,3 % от общего таксономического состава сообщества филлофагов.

Заключение

Энтомофауна урбанизированных территорий нуждается в постоянном и системати-

ческом наблюдении и изучении. Это связано, прежде всего, с меняющимися под влиянием множества факторов городскими условиями. Существенное влияние на снижение хозяйственного и экологического значения зеленых насаждений оказывают вредные насекомые и растительноядные клещи. Это требует разработки мероприятий по регулированию численности и хозяйственного значения вредителей, что реализуемо на основе сведений о таксономическом составе вредной фауны, выявлении наиболее многочисленных и вредоносных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоогеографический анализ комплекса инвазионных насекомых фауны Воронежской области / Е. В. Аксененко [и др.] // Синтез науки и образования в решении экологических проблем современности : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2022. – С. 58–65.
2. Алпацкая, Ю. И. Санитарное состояние насаждений и динамика очагов вредителей в Шолоховском лесничестве Ростовской области / Ю. И. Алпацкая // Лесохозяйственная информация. – 2016. – № 1. – С. 35–41.
3. Аникин, В. В. Эколого-биотопическое распределение молей-чехлоносок (Lepidoptera, Coleophoridae) в различных типах ландшафтов России / В. В. Аникин // Поволжский экологический журнал. – 2003. – № 3. – С. 209–215.
4. Белицкая, М. Н. Галлообразующие вредители древесных растений насаждений аридной зоны / М. Н. Белицкая, З. А. Федотова, Е. Э. Нефедьева // Парадигма. – 2016. – № 2. – С. 207–212.
5. Белицкая, М. Н. Оценка воздействия экологических факторов на биоразнообразие насекомых и жизнеспособность защитных лесонасаждений / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст, Е. Э. Нефедьева // Вестник НГАУ. – 2017. – № 2 (43). – С. 41–51.
6. Белицкая, М. Н. Особенности состояния ильмовых в защитных насаждениях засушливой зоны Нижнего Поволжья / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст, О. С. Филимонова // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 2. – С. 54–62.
7. Белов, Д. А. Состояние насаждений на бульварном кольце г. Москвы / Д. А. Белов, Н. К. Белова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 152–161.
8. Богачева, И. А. Массовые и многочисленные насекомые-филлофаги деревьев и кустарников Екатеринбурга / И. А. Богачева, Г. А. Замшина,

Н. В. Николаева // Фауна Урала и Сибири. – 2018. – № 1. – С. 46–73.

9. Богодухов, П. М. Особенности структуры энтомофауны в условиях промышленного загрязнения : дис. ... канд. биол. наук / Богодухов Павел Михайлович. – Казань, 2013. – 135 с.

10. Богунова, А. А. Трофические связи гусениц листоверток (Lepidoptera, Tortricidae) Нижнего Приамурья / А. А. Богунова // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – М., 2010. – Вып. XXI. – С. 91–98.

11. Листоядные чешуекрылые насекомые (Lepidoptera) в Санкт-Петербурге: новые угрозы для насаждений / Д. Д. Буй [и др.] // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы Всерос. V науч.-техн. конф.-вебинара. – СПб. : Санкт-Петербург. гос. лесотехн. ун-т им. С.М. Кирова, 2020. – С. 47–49.

12. Воронцов, А. И. Наставление по надзору, учету и прогнозу хвое-листогрызущих насекомых в Европейской части РСФСР / А. И. Воронцов [и др.]. – М., 1988. – 86 с.

13. Гусев, В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников / В. И. Гусев. – М. : Лес. пром-сть, 1984. – 472 с.

14. Дунаев, Е. А. Методы эколого-энтомологических исследований / Е. А. Дунаев. – М. : МосгорСЮН, 1997. – 44 с.

15. Ельникова, Ю. С. Эколого-фаунистическая характеристика насекомых-дендрофагов в насаждениях урбанизированных территорий г. Волгограда : дис. ... канд. биол. наук / Ельникова Юлия Сергеевна. – Орел, 2012. – 202 с.

16. Еремеева, Н. И. Формирование мезофауны членистоногих в условиях урбанизации / Н. И. Еремеева // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 9 (122). – С. 186–191.

17. Иванцова, Е. А. Агроэкологическое значение защитных лесных насаждений в Нижнем Поволжье / Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. 2014. – № 4 (10). – С. 40–47.

18. Иванцова, Е. А. Видовое разнообразие членистоногих филлофагов в насаждениях урбанизированных территорий / Е. А. Иванцова, М. Т. Нгуен // Экология и природопользование : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар : КубГАУ, 2023. – С. 266–272.

19. Иванцова, Е. А. Защита растений от вредителей / Е. А. Иванцова. – Волгоград : Изд-во ВГСХА, 2011. – 373 с.

20. Иванцова, Е. А. Изменчивость численности насекомых-филлофагов в городских насаждениях различных экологических категорий / Е. А. Иванцова, М. Т. Нгуен, Т. Ш. Нгуен // Вестник ИРГСХА. – 2023. – № 115. – С. 6–16.

21. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия компонентов антропогенно-трансформированных экосистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.

22. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития / Е. А. Иванцова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

23. Иванцова, Е. А. Экологическая оценка разнообразия филлофагов в насаждениях разных категорий г. Волгограда / Е. А. Иванцова, М. Т. Нгуен // Географические исследования в контексте социально-экономического развития регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Грозный, 2023. – С. 164–168.

24. Клауснитцер, Б. Экология городской фауны / Б. Клауснитцер. – М. : Мир, 1990. – 248 с.

25. Леонтьева, И. А. Обзор фауны галлообразующих членистоногих городских зеленых насаждений г. Елабуги / И. А. Леонтьева, И. А. Яковлева // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 180–187.

26. Нгуен, М. Т. Влияние экологических факторов на изменение численности филлофагов в городских насаждениях / М. Т. Нгуен, Е. А. Иванцова // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2023. – Т. 8, № 3 (33). – С. 60–66.

27. Нгуен, М. Т. Оценка состояния дендрофильной энтомофауны урбанизированных территорий (на примере г. Волгограда) / М. Т. Нгуен, Е. А. Иванцова // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 5–17. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.1.1>

28. Нгуен, М. Т. Фауна дендрофильных филлофагов в зеленых насаждениях урбоэкосистем / М. Т. Нгуен, Е. А. Иванцова, Т. Ш. Нгуен // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 5–14. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.2.2>

29. Нгуен, М. Т. Филлофаги древесных растений в рекреационно-озеленительных насаждениях Волгограда / М. Т. Нгуен, Е. А. Иванцова // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 5–11. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.1>

30. Овсянкин, Р. В. Воздействие антропогенной нагрузки на насаждения в функциональных зонах урбанизированной среды г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 350–356.

31. Овсянкин, Р. В. Компьютерное картографирование сохранности зеленых насаждений в городс-

ких ландшафтах / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 134–140.

32. Овсянкин, Р. В. Состояние зеленых насаждений в промышленной зоне г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 119–127.

33. Овсянкин, Р. В. Состояние древесных насаждений южной промзоны г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 544–547.

34. Селиховкин, А. В. Ответные реакции насекомых-дендрофагов на промышленное загрязнение воздуха / А. В. Селиховкин // Биосфера. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 47–76.

35. Тихонова, А. А. Оценка жизненного состояния древесной растительности санитарно-защитной зоны АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады» в Волгограде / А. А. Тихонова, Е. А. Иванцова // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 22–27.

36. Юркина Е. В. Разнообразие и характеристика экологических ниш беспозвоночных животных в условиях крупных городов северных территорий России (на примере г. Сыктывкара) / Е. В. Юркина, Е. М. Ефремова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2013. – № 6. – С. 53–62.

REFERENCES

1. Aksyonenko E.V., Kornev I.I., Budaeva A.V., Kondrat'eva A.M. Zoogeograficheskij analiz kompleksa invazionnyh nasekomyh fauny Voronezhskoj oblasti [Zoogeographic Analysis of the Complex of Invasive Insects of the Fauna of the Voronezh Region]. *Sintez nauki i obrazovaniya v reshenii ekologicheskikh problem sovremennosti: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh*, 2022, pp. 58–65.

2. Alpackaya, Yu.I. Sanitarnoe sostoyanie nasazhdenij i dinamika ochagov vreditel'ev v Sholohovskom lesnichestve Rostovskoj oblasti [Sanitary Condition of Plantings and Dynamics of Pest Foci in the Sholokhov Forestry of the Rostov Region]. *Lesohozyajstvennaya informaciya* [Forestry Information], 2016, no. 1, pp. 35–41.

3. Anikin V.V. Ecologo-biotopicheskoe raspredelenie molej-chehlonosok (Lepidoptera, Coleophoridae) v razlichnyh tipah landshaftov Rossii [Ecological and Biotopic Distribution of Case-Bearing

Moths (Lepidoptera, Coleophoridae) in Various Types of Landscapes of Russia]. *Povoljskiy ekologicheskij jurnal* [Volga Region Ecological Journal], 2003, no. 3, pp. 209–215.

4. Belickaya M.N., Fedotova Z.A., Nefed'eva E.E. Galloobrazuyushchie vrediteli drevesnyh rastenij nasazhdenij aridnoj zony [Gallo-Forming Pests of Woody Plants of Arid Zone Plantations]. *Paradigma* [Paradigm], 2016, no. 2, pp. 207–212.

5. Belickaya M.N., Gribust I.R., Nefed'eva E.E. Ocenka vozdeystviya ekologicheskikh faktorov na bioraznoobrazie nasekomyh i jiznesposobnost' zashchitnyh lesonasazhdenij [Assessment of the Impact of Environmental Factors on Insect Biodiversity and the Viability of Protective Plantations]. *Vestnik NGAY* [Bulletin of the NGAU], 2017, no. 2 (43), pp. 41–51.

6. Belickaya M.N., Gribust I.R., Filimonova O.S. Osobennosti sostoyaniya il'movyh v zashchitnyh nasazhdeniyah zasushlivoy zony Nijnego Povolj'ya [Features of the State of Elm Trees in Protective Plantations of the Arid Zone of the Lower Volga Region] *AgroEcoInfo* [AgroEcoInfo], 2021, no. 2, pp. 54–62.

7. Belov D.A., Belova N.K. Sostoyanie nasazhdenij na bul'varnom kol'ce g. Moskvy [The State of Plantings on the Boulevard Ring of Moscow Bulletin of the Moscow]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik* [State University of Forests. Forest Bulletin], 2015, Vol. 19, no. 1, pp. 152–161.

8. Bogacheva I.A., Zamshina G.A., Nikolaeva N.V. Massovye i mnogochislennye nasekomye-fillofagi derev'ev i kustarnikov Ekaterinburga [Massive and Numerous Insects-Phyllophages of Trees and Shrubs of Yekaterinburg]. *Fauna Urala i Sibiri* [Fauna of the Urals and Siberia], 2018, no. 1, pp. 46–73.

9. Bogoduhov P.M. Osobennosti struktury entomofauny v usloviyah promyshl'nogo zagryazneniya: dis. ... kand. biol. nauk [Features of the Structure of Entomofauna in Conditions of Industrial Pollution. Cand. biol. sci. abs. diss.], Kazan', 2013. 135 p.

10. Bogunova A.A. Troficheskie svyazi gusenic (Lepidoptera, Tortricidae) Nijnego Priamur'ya [Trophic Relationships of Leafhopper Caterpillars (Lepidoptera, Tortricidae) The Lower Amur Region]. *Chteniya pamyati Alekseya Ivanovicha Kurencova* [Readings in Memory of Alexey Ivanovich Kurentsov]. Moscow, 2010, iss. XXI, pp. 91–98.

11. Buj D.D., Shcherbakova L.N., Mandel'shtam M.Yu., Musolin D.L., Selihovkin A.V. Listoyadnye cheshuekrylye nasekomye (Lepidoptera) v Sankt-Peterburge: novye ugrozy dlya nasazhdenij

[Deciduous Lepidoptera insects (Lepidoptera) in St. Petersburg: New Threats to Plantings]. *Les Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: materialy Vseros. V nauch.-tekhn. konf.-vebinara* [Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education: Materials of the All-Russian V Scientific and Technical Conference-Webinar]. Saint Petersburg, 2020, pp. 47-49.

12. Voroncov A.I., Golubev A.V. *Nastavlenie po nadzoru, uchetu i prognozu hvoe-listogryzushchih nasekomykh v Evropeyskoy chasti RSFSR* [Manual on Supervision, Accounting and Forecasting of Coniferous Leaf-Eating Insects in the European Part of the RSFSR], 1988. 86 p.

13. Gusev V.I. *Opredelitel' povrejdeniy lesnyh, dekorativnyh i plodovyh derev'ev i kustarnikov* [Damage Detector for Forest, Ornamental and Fruit Trees and Shrubs]. *Lesnaya promyshlennost'* [Forestry Industry], 1984. 472 p.

14. Dunaev E.A. *Metody ekologo-entomologicheskikh issledovaniy* [Methods of Ecological and Entomological Research]. *MosgorSUN* [Moscow City Council], 1997. 44 p.

15. El'nikova U.S. *Ekologo-faunisticheskaya harakteristika nasekomyh-dendrofagov v nasajdeniyah urbanizirovannyh territoriy g. Volgograda: dis. ... kand. biol. nauk* [Ecological and Faunal Characteristics of Dendrophage Insects in the Plantations of Urbanized Territories of Volgograd. Cand. biol. sci. diss.]. Orel, 2012. 202 p.

16. Ereemeeva N.I. *Formirovanie mezofauny chlenistonogih v usloviyah urbanizatsii* [Formation of Arthropod Mesofauna in Conditions of Urbanization]. *Izvestiya UFU. Tehnicheskie nauki* [News of the Southern Federal University. Technical sciences], 2011, no. 9 (122), pp. 186-191.

17. Ivantsova E.A. *Agroecologicheskoe znachenie zashchitnyh lesnyh nasajdeniy v Nijnem Povolj'e* [Agroecological Significance of Protective Forest Plantations in the Lower Volga Region] *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11, Estestvennye nauki* [Bulletin of the Volgograd State University. Episode 11, Natural Sciences], 2014, no. 4 (10), pp. 40-47.

18. Ivantsova E.A., Nguen M.T. *Vidovoe raznoobrazie chlenistonogih fillofagov v nasajdeniyah urbanizirovannyh territoriy* [Species Diversity of Arthropods of Phyllophages in Plantations of Urbanized Territories]. *Ekologiya i prirodopol'zovanie: materialy II Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Ecology and Nature Management: Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference]. Krasnodar, KubGAU, 2023, pp. 266-272.

19. Ivantsova E.A. *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey* [Protection of Plants from Pests]. Volgograd, Izd-vo VGSHA, 2011. 373 p.

20. Ivantsova E.A., Nguen M.T. *Izmenchivost' chislennosti nasekomyh-fillofagov v gorodskih nasajdeniyah razlichnyh ekologicheskikh kategoriy* [Variability in the Number of Phyllophagous Insects in Urban Plantations of Various Ecological Categories]. *Vestnik IrGSHA* [Bulletin of the IrGSHA], 2023, no. 115, pp. 6-16.

21. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. *Harakter vzaimodejstviya komponentov antropogennotransformirovannyh ekosistem yuga Rossii* [The Nature of the Interaction of Components of Anthropogenically Transformed Ecosystems of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.

22. Ivantsova E.A., Postnova M.V., Sagalaev V.A., Matveeva A.A., Holodenko A.V. *Ekologicheskaya ocenka gorodskih aglomeratsiy na osnove indikatorov ustojchivogo razvitiya* [Ecological Assessment of Urban Agglomerations Based on Indicators of Sustainable Development]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3, Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of Volgograd State University. Series 3: Economics. Ecology], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 143-156. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

23. Ivantsova E.A., Nguen M.T. *Ekologicheskaya ocenka raznoobraziya fillofagov v nasazhdeniyah raznyh kategoriy g. Volgograda* [Ecological Assessment of the Diversity of Phyllophages in Plantings of Different Categories in Volgograd]. *Geograficheskie issledovaniya v kontekste social'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Geographical Research in the Context of Socio-Economic Development of Regions. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Groznyj, 2023, pp. 164-168.

24. Klausnitser, B. *Ekologiya gorodskoj fauny* [Ecology of Urban Fauna]. Moscow, Mir Publ., 1990. 248 p.

25. Leont'eva I.A., Yakovleva I.A. *Obzor fauny galloobrazuyushchih chlenistonogih gorodskih zelenykh nasazhdenij g. Elabugi* [Overview of the Fauna of the Gallo-Forming Arthropods of the Urban Green Spaces of Yelabuga]. *Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya* [The Successes of Modern Science and Education], 2017, vol. 8, no. 4, pp. 180-187.

26. Nguen M.T., Ivantsova E.A. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na izmenenie chislennosti fillofagov v gorodskih nasajdeniyah* [The Influence of Environmental Factors on the Change in the Number of Phyllophages in Urban Plantations]. *Groznenskiy estestvennonauchniy bulletin'* [Grozny Natural Science Bulletin], 2023, vol. 8, no. 3 (33), pp. 60-66.

27. Nguen M.T., Ivantsova E.A. Ocenka sostoyaniya dendrofil'noy entomofauny urbanizirovannykh territoriy (na primere g. Volgograda) [Assessment of the State of the Dendrophilic Entomofauna of Urbanized Territories (On the Example of Volgograd)]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 5-17.
28. Nguen M.T., Ivantsova E.A., Nguen T.Sh. Fauna dendrofil'nykh fillofagov v zelenykh nasajdeniyah urboecosistem [Fauna of Dendrophilous Phyllophages in Green Spaces of Urban Ecosystems]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 5-14. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.2.2>
29. Nguen M.T., Ivantsova E.A., Fillofagi drevestnykh rasteniy v rekreacionno-ozelenitel'nykh nasajdeniyah Volgograda [Phyllophages of Woody Plants in Recreational and Landscaping Plantations of Volgograd]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.1>
30. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Vozdejstvie antropogennoj nagruzki na nasazhdeniya v funkcion'al'nykh zonah urbanizirovannoy sredy g. Volgograda [The Impact of Anthropogenic Load on Plantings in the Functional Zones of the Urbanized Environment of Volgograd]. *Ekologicheskaya bezopasnost' i ohrana okruzhayushchej sredy v regionah Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in the Regions of Russia: Theory and Practice: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 350-356.
31. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Komp'uternoe kartografirovanie sohrannosti zelenykh nasajdeniy v gorodskih landshaftah [Computer Mapping of the Preservation of Green Spaces in Urban Landscapes]. *Izvestiya Nizhevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 134-140.
32. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie zelenykh nasajdeniy v promyshlennoy zone g. Volgograda [The State of Green Spaces in the Industrial Zone of Volgograd]. *Izvestiya Nizhevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 119-127.
33. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie drevestnykh nasajdeniy ujnoy promzony g. Volgograda [The State of Tree Plantations in the Southern Industrial Zone of Volgograd]. *Geopolitika i ecogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions], 2014, vol. 10, no. 2, pp. 544-547.
34. Selihovkin A.V. Otvetnye reakcii nasekomyh-dendrofagov na promyshlennoe zagryaznenie vozduha [Responses of Dendrophage Insects to Industrial Air Pollution]. *Biosfera* [Biosphere], 2013, vol. 5, no. 1, pp. 47-76.
35. Tihonova A.A., Ivantsova E.A. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya drevesnoj rastitel'nosti sanitarno-zashchitnoj zony AO «FNPC «Titan-Barrikady» v Volgograde [Assessment of the Living Condition of Woody Vegetation of the Sanitary Protection Zone of JSC «FNPC «Titan-Barricades» in Volgograd]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorij* [Ecology of Urbanized Territories], 2020, no. 3, pp. 22-27.
36. Yurkina E.V., Efremova E.M. Raznoobrazie i harakteristika ekologicheskikh nish bespozvonochnykh zhivotnykh v usloviyah krupnykh gorodov severnykh territorij Rossii (na primere g. Syktyvkara) [Diversity and Characteristics of Ecological Niches of Invertebrates in the Conditions of Large Cities of the Northern Territories of Russia (On the Example of Syktyvkar)]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik* [Bulletin of the Moscow State University of Forests. Forest Bulletin], 2013, no. 6, pp. 53-62.

Information About the Authors

Elena A. Ivantsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova@volsu.ru

Minh Chi Nguyen, Postgraduate Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation; Postgraduate Student, Mien Trung University of Civil Engineering, Province Phu Yen, Nguyen Du, 24, 56000 Tuy Hoa, Vietnam, saothang1086@gmail.com

Информация об авторах

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

Мин Тьн Нгуен, аспирант кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; аспирант, Строительный университет Мьентрунга, провинция Пхууен, Нгуен Ду, 24, 56000 г. Туйхоа, Вьетнам, saothang1086@gmail.com



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.2>

UDC 91

LBC 26.17

IDENTIFICATION OF FIRE HAZARD AREAS IN THE FLOODPLAIN LANDSCAPES OF THE LOWER DON BASED ON ACTIVE BURN DETECTION DATA FROM SPACE

Ruslan N. Berdengaliev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Asel' N. Berdengalieva

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Wildfires are a significant exogenous factor in the state of floodplain ecosystem landscapes, the importance of which increases in modern changing hydrological and climatic conditions. A decrease in the water content of the flood in the lower reaches of the Don River leads to the degradation of meadow communities in the floodplain and the drying up of its delta, which causes an increased fire hazard. The article presents the results of a study of the fire regime of floodplain and delta landscapes of the Lower Don based on an analysis of the long-term dynamics of the number and density of active combustion sites according to the MODIS satellite system. Using a long-term archive of detection of active combustion sites for 2001–2023, we were able to determine seasonal and long-term patterns in the dynamics of their number, identify the most fire-hazardous areas with a fire frequency of at least 25%, and also highlight municipal districts with an increase in flammability – the Azov and Myasnikovsky districts, where the Don Delta is located. In general, the trends of the Lower Don floodplain flammability are aimed at reducing it mainly due to fires in the summer-autumn period, but the number of recorded fires in March increases. As a result of geoinformation processing and the use of spatial analysis methods, settlements were identified in the vicinity of which the largest area of fire-hazardous areas is concentrated. The largest number of such areas are in the Volga delta. Most of them are located at a distance of 2–5 km from the nearest settlement. This indicates both the threat to these settlements from fires and the significant role of the anthropogenic factor in the occurrence of fires. It is necessary to optimize and strengthen fire prevention measures in the vicinity of the identified settlements with the largest areas of fire-hazardous areas. The information obtained as a result of the study can be used for further development of fire prevention measures.

Key words: landscape fires, Lower Don, remote sensing data, geoinformation technologies, floodplain ecosystems.

Citation. Berdengaliev R.N., Berdengalieva A.N. Identification of Fire Hazard Areas in the Floodplain Landscapes of the Lower Don Based on Active Burn Detection Data From Space. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 17-27. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.2>

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ
В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ДОНА
ПО ДАННЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ИЗ КОСМОСА****Руслан Нурланович Берденгалиев**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Асель Нурлановна Берденгалиева

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Природные пожары являются существенным экзогенным фактором состояния ландшафтов пойменных экосистем, значимость которого увеличивается в современных меняющихся гидрологических и климатических условиях. Снижение водности половодья в нижнем течении реки Дон приводит к деградации луговых сообществ в пойме и обсыханию его дельты, из-за чего формируется повышенная пожарная опасность. В статье приводятся результаты исследования пожарного режима пойменных и дельтовых ландшафтов Нижнего Дона на основе анализа многолетней динамики количества и плотности очагов активного горения по данным спутниковой системы MODIS. Использование многолетнего архива детектирования очагов активного горения за 2001–2023 гг., позволили определить сезонные и многолетние закономерности динамики их количества, идентифицировать наиболее пожароопасные участки с повторяемостью пожаров не менее 25 %, а также выделить муниципальные районы с ростом горимости – Азовский и Мясниковский районы, в которых расположена дельта Дона. В целом тенденции горимости поймы Нижнего Дона направлена на ее снижение в основном за счет пожаров летне-осеннего периода, но число фиксируемых возгораний в марте увеличивается. В результате геоинформационной обработки и применения методов пространственного анализа выявлены населенные пункты, в окрестностях которых сосредоточена наибольшая площадь пожароопасных участков. Наибольшее количество таких участков находятся в дельте Волги. Большая часть из них расположена на удалении 2–5 км от ближайшего населенного пункта. Это свидетельствует как об угрозе этим населенным пунктам от пожаров, так и о значительной роли антропогенного фактора в возникновении пожаров. Необходимы оптимизация и усиление мер противопожарной профилактики в окрестностях выявленных населенных пунктов с наибольшими площадями пожароопасных участков. Полученная в результате исследования информация может быть использована для дальнейшей разработки противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, Нижний Дон, данные дистанционного зондирования, геоинформационные технологии, пойменные экосистемы.

Цитирование. Берденгалиев Р. Н., Берденгалиева А. Н. Идентификация пожароопасных участков в пойменных ландшафтах Нижнего Дона по данным детектирования активного горения из космоса // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 17–27. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nrs.jvolsu.2024.4.2>

Введение

Пойменные ландшафты являются особенно чувствительными к последствиям изменений климата, например, засухам, колебаниям уровней грунтовых вод, поверхностного и подземного стока [20; 23]. В настоящее время бассейн реки Дон находится в условиях аридизации климата, характеризующейся дефицитом водных ресурсов, высокой степенью испарения, что приводит к сокращению стока

особенно в период половодья [1]. Значительные площади в низовьях Дона занимают пруды рыбоводных хозяйств и рисовые чеки, очень велика доля неиспользуемых сельскохозяйственных земель, которые были обвалованы и соответственно выведены из пойменного режима [9]. Преобразованные во второй половине XX в. ландшафты дельты и поймы Дона чувствительны к климатическим и антропогенным изменениям в условиях значительного хозяйственного освоения поймен-

ных земель Нижнего Дона и негативных гидрологических изменений [1; 25]. В таких условиях воздействие природных пожаров на ландшафт становится особенно негативным. Поэтому требуется анализ пожарного режима территории: выявление пройденной огнем площади, определение тенденций горимости и частоты пожаров. Идентификация наиболее пожароопасных территорий позволит оптимизировать меры противопожарной профилактики [18]. Поскольку пожары кроме разрушения местообитаний растений и животных, угрозе здоровья и жизни населения, служат источником выбросов парниковых газов и других продуктов горения в атмосферу [17; 24], то противодействие им должно быть одним из приоритетов природоохранной политики.

В современных исследованиях окружающей среды и влияния на ее состояние природных пожаров широко используются данные дистанционного зондирования, которые позволяют оперативно получить данные на большие территории [2; 3; 6; 10–13; 15]. Использование геоинформационных технологий позволяет хранить, обрабатывать и анализировать значительные архивы данных спутниковой съемки различного пространственного, временного и спектрального разрешения [8; 16]. На основе полученного геоинформационного анализа разрабатываются обзорные карты природных ландшафтов, так и тематические и прогнозные цифровые карты, позволяющие проводить анализ и разрабатывать меры по

защите территории от негативного воздействия ландшафтных пожаров и их предупреждения. В связи с этим комплексная геоинформационная оценка влияния пожаров на ландшафты на основе данных дистанционного зондирования становится приоритетной в определении их пространственного распределения [19]. Преимуществом дистанционных методов является оперативность, экономическая эффективность, обусловленная снижением затрат на мониторинг, а также наличие однородных многолетних рядов данных, которые позволяют выполнять ретроспективный анализ [8].

Цель работы заключается в определении пожароопасных участков и проведении геоинформационного анализа близости участков с максимальной частотой пожаров к населенным пунктам.

Объект, материалы и методика исследований

Объектом исследования выбраны пойменные ландшафты Нижнего Дона от Азовского моря до Цимлянского водохранилища в Ростовской области (рис. 1). Эта территория характеризуется наибольшей горимостью в регионе [14], в то же время имеются только отдельные исследования пожаров в пойме и дельте Дона, которые не дают полного представления о пожарном режиме. Пойменные ландшафты представлены преимущественно лугами, также велика площадь тростниковых

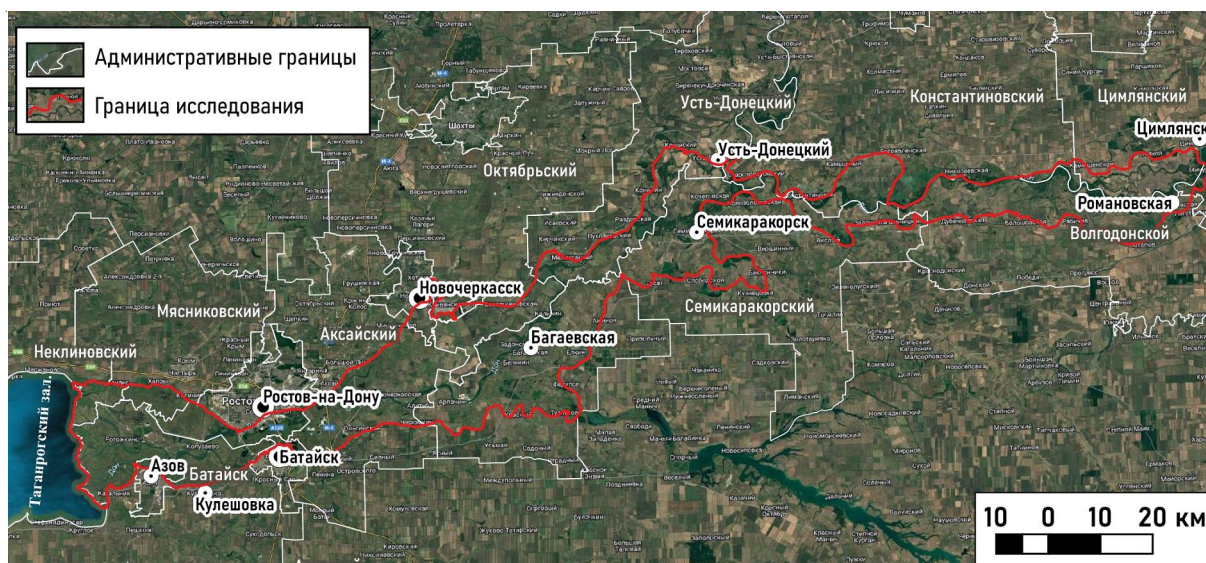


Рис. 1. Территория исследования

и рогозовых сообществ, используемых и заброшенных обвалованных сельскохозяйственных земель.

Исследование основывается на многолетнем архиве детектирования очагов активного горения (hotspots, тепловых аномалий, «термоточек», «горячих точек», ГТ) по данным спутниковой системы MODIS (спутники Terra и Aqua) пространственного разрешения около 1 км MCD14ML [26] за 2001–2023 годы. Атрибутивная информация каждого точечного объекта указанного информационного продукта тематической обработки спутниковых данных MODIS содержит сведения о дате, времени пожара, яркости и энергии горения. Расчет количества очагов активного горения на 100 км² площади территории в нелесных ландшафтах, к которым можно отнести и большую часть поймы Дона в его нижнем течении, а также дельту, примерно соответствует показателю горимости: отношению величины выгоревшей площади к общей площади территории, выраженного в процентах. Таким образом, многолетний архив данных детектирования тепловых аномалий служит источником для анализа пожарного режима территории, включая тенденции изменения горимости и определение частоты пожаров [5].

На первом этапе были определены очаги активного горения, которые попадают в границы поймы Дона (рис. 1). Далее для каждой тепловой аномалии методами пространственного соединения были добавлены данные о муниципальном образовании, на территории которого она зафиксирована. На основе атрибутивной информации о дате возгорания очаги активного горения сгруппированы по годам, месяцам и сезонам. Вокруг каждой точечной тепловой аномалии создавалась буферная зона размером 1 × 1 км, которая соответствует исходному пикселю спутникового изображения MODIS теплового диапазона (31 и 32 каналы [22], которым соответствует спектральный диапазон 11 и 12 мкм соответственно). Полученные объекты объединялись в результирующие полигоны, которые соответствовали выгоревшей площади на определенные даты или периоды.

К наиболее пожароопасным относились участки, на которых было зафиксировано более пяти пожаров (повторяемость более 25 %

или не реже одного пожара каждые четыре года) за период исследований на основе пересечения ежегодных карт пожаров по данным MCD14ML за 2001–2023 годы. Далее для каждого выделенного таким образом пожароопасного участка определялось расстояние до ближайшего населенного пункта на основе инструментов пространственной статистики «v.distance» [7]. Для каждого населенного пункта рассчитаны площади прилегающих наиболее часто горимых территорий с учетом расстояния до них. Это дает возможность выявить населенные пункты с максимальной угрозой ландшафтных пожаров в их окрестностях, а также определить какие из них оптимальны для размещения противопожарных подразделений в период наибольшей пожарной опасности. Геоинформационная обработка данных выполнена в программе QGIS, статистический анализ в ПО MS Excel.

Результаты и обсуждение

Многолетний архив детектирования тепловых аномалий в пойменных ландшафтах Нижнего Дона за 2001–2023 гг. содержит 6 521 объект. Около 57 % всех очагов активного горения зафиксировано в весенний период (преимущественно апрель и март), остальные 43 % – в летне-осенний (преимущественно август и сентябрь). Тем не менее указанное распределение пожаров по сезону неравномерно, так как присутствуют отдельные годы, когда доминируют весенние очаги горения. Например, 2003, 2007, 2009, 2013, 2017, 2018, 2020, 2022 гг., что составляет 35 % или 8 из 23 лет. Тенденции динамики горимости характеризуются отрицательным трендом количества регистрируемых тепловых аномалий (см. рис. 2). При этом снижение происходит в первую очередь за счет пожаров летне-осеннего периода: в среднем снижение в этот период составляет 5,6 тепловых аномалий в год против 0,26 тепловых аномалий в год весной. В марте отмечается рост горимости в среднем на 2,0 тепловых аномалий в год, в апреле же отмечается снижение числа очагов активного горения на аналогичную по модулю величину. В мае, июне и октябре отмечается минимальное число тепловых аномалий за вегетационный период, значимых его изменений за 2001–2023 гг. не выявлено.

Кроме сезонной неоднородности динамика горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона характеризуется и значительной пространственной изменчивостью (см. рис. 3а). Так максимальной величиной среднегодовой горимости, выраженной в количестве тепловых аномалий на 100 км² территории, характеризуются Мясниковский и Азовский районы Ростовской области, в которых расположена дельта Дона. Также значительна горимость в Багаевском и Волгодонском районах. В первом случае это может быть связано с поймой впадающей в Дон реки Маныч, а во втором – развитой широкой поймой Дона с высокой степенью транспортной доступности и хозяйственного освоения. При этом из четырех указанных районов только Азовский характеризуется ростом горимости в период исследований.

Пересечение ежегодных карт пожаров по данным детектирования активного горения

MCD14ML позволило определить количество пожаров в каждом пикселе для пойменных ландшафтов Нижнего Дона (см. рис. 3б). Всего пройденная огнем площадь по данным детектирования активного горения составила около 240 тыс. га или 79 % площади исследованных пойменных ландшафтов. Только треть всех выгоревших площадей была пройдена огнем один раз за 2001–2023, остальные две трети горело два и более раз. Выявлено 13,5 тыс. га пожароопасных участков, которые подвергались воздействию огня многократно – от 6 до 12 раз в течении 23 лет, то есть каждые 2–4 года. Наибольшая площадь таких участков сосредоточена в дельте Дона в Азовском районе – 2,8 тыс. га. Также значительное количество самых пожароопасных участков (рис. 3б и 4) находится в Волгодонском, Багаевском, Мясниковском, Неклиновском районах и в г. Ростова-Дону: более тысячи гектаров в каждом.

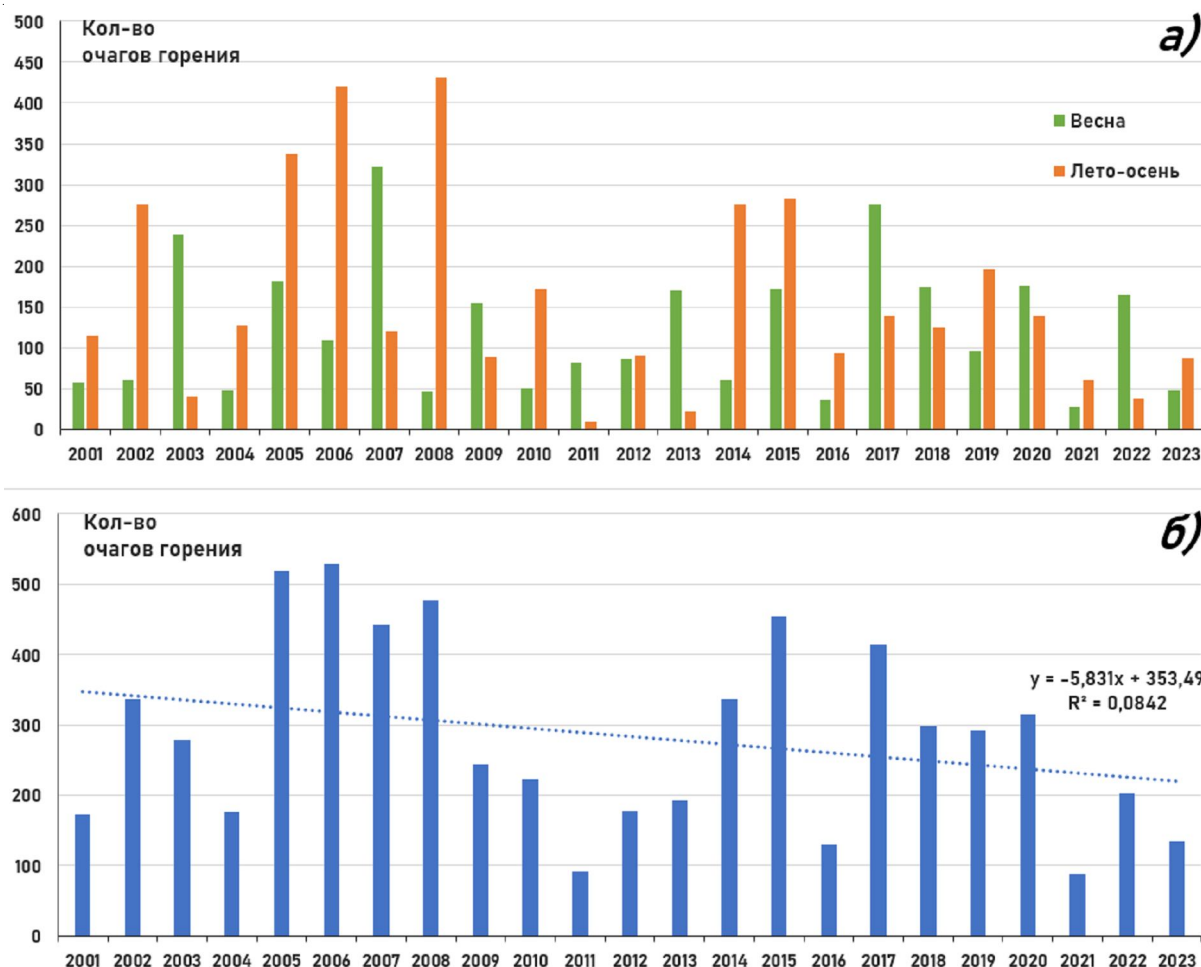


Рис. 2. Динамика горимости:
а – сезонная; б – годовая

В результате геоинформационной обработки и применения методов пространственного анализа выявлены населенные пункты, в окрестностях которых сосредоточена наибольшая площадь пожароопасных участков (см. рис. 4). Значительная часть таких населенных пунктов расположена в дельте Волги, например, х. Полушкин, Лагутник, Городище, с. Синявское, в окрестностях каждого расположено не менее 50 га пожароопасных участков с частотой пожаров 25 % и более. Всего выявлено 29 населенных пунктов, рядом с которыми находится более 200 га пожароопасных территорий. При этом около 80 % площади участков с высокой частотой пожаров находится на расстоянии более 2 км, но только 10 % из них удалены более чем на 5 км. Таким образом, имеется существенная опасность для данных населенных пунктов при воз-

никновении ландшафтных пожаров в их окрестностях. Также факт близкого расположения участков повышенной пожарной опасности к населенным пунктам может свидетельствовать о существенном влиянии антропогенных причин возникновения пожаров: сельскохозяйственных палов, целенаправленного выжигания тростниковой и другой околводной растительности, неосторожное обращение с огнем [23]. По этим причинам в периоды максимальной горимости в марте, апреле, августе и сентябре целесообразно размещение противопожарных отрядов в данных населенных пунктах. Также в их окрестностях требуется усиление мер противопожарной профилактики: создание и расширение минерализованных полос, противопожарных прокосов растительности, просветительская работа с местным населением и туристами. Снижение стока в

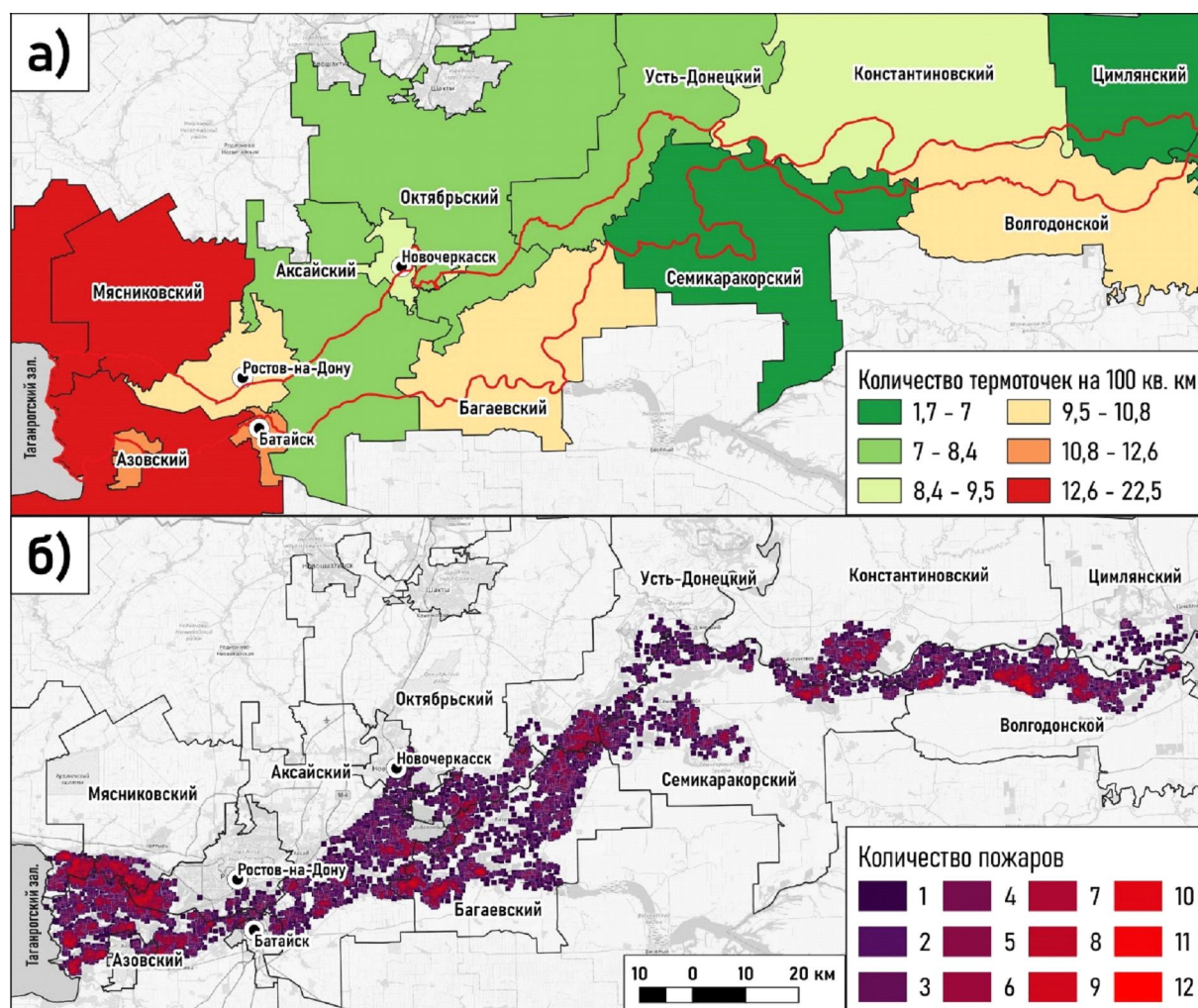


Рис. 3. Среднегодовое количество очагов горения в пойменных ландшафтах Нижнего Дона за 2001–2023 гг.: а – количество термоточек в муниципальных районах; б – количество фиксаций тепловых аномалий

реке Дон будет способствовать обсыханию его поймы и особенно дельты [4; 20], из-за чего может увеличиваться горимость в ранневесенний период из-за поджогов тростников и другой высокопродуктивной растительности. Об этом свидетельствует рост горимости в марте в Азовском районе на территории дельты Волги. Луговые пойменные сообщества, наоборот, деградируют при снижении частоты и длительности половодий [27], из-за чего их горимость уменьшается вследствие ухудшения условий для накопления достаточной мортмассы растительности.

Заключение

Природные пожары являются существенным фактором динамики состояния пойменных и дельтовых ландшафтов Нижнего Дона: почти 80 % площади поймы и дельты Дона было пройдено огнем за период 2001–2023 гг. При этом преобладают пожары летне-осеннего периода, которые характеризуются тенденцией снижения горимости. В весенний период не отмечено значимого тренда горимости, установлено ее увеличение в марте и снижение на аналогичную по модулю величину в апреле.

Выявлены наиболее пожароопасные участки с частотой пожаров 25 % и более. Наибольшее количество таких участков находится в дельте Волги. Большая часть из них расположена на удалении 2–5 км от ближайшего населенного пункта. Это свидетельствует как об угрозе этим населенным пунктам от пожаров, так и о значительной роли антропогенного фактора в возникновении пожаров. Необходимы оптимизация и усиление мер противопожарной профилактики в окрестностях выявленных населенных пунктов с наибольшими площадями пожароопасных участков.

Анализ пожарного режима территории является важнейшей предпосылкой для прогнозирования развития пойменных экосистем в условиях изменения климата и землепользования. Введение дополнительных мер противопожарной профилактики и борьбы с возгораниями способствуют не только снижению угрозы жизни и здоровью населения, но будут способствовать снижению выбросов парниковых газов при пожарах, что соответствует целям устойчивого развития и современной климатической повестке. Полученная в результате исследования информация может быть использована для дальнейшей разработки противопожарных мероприятий.

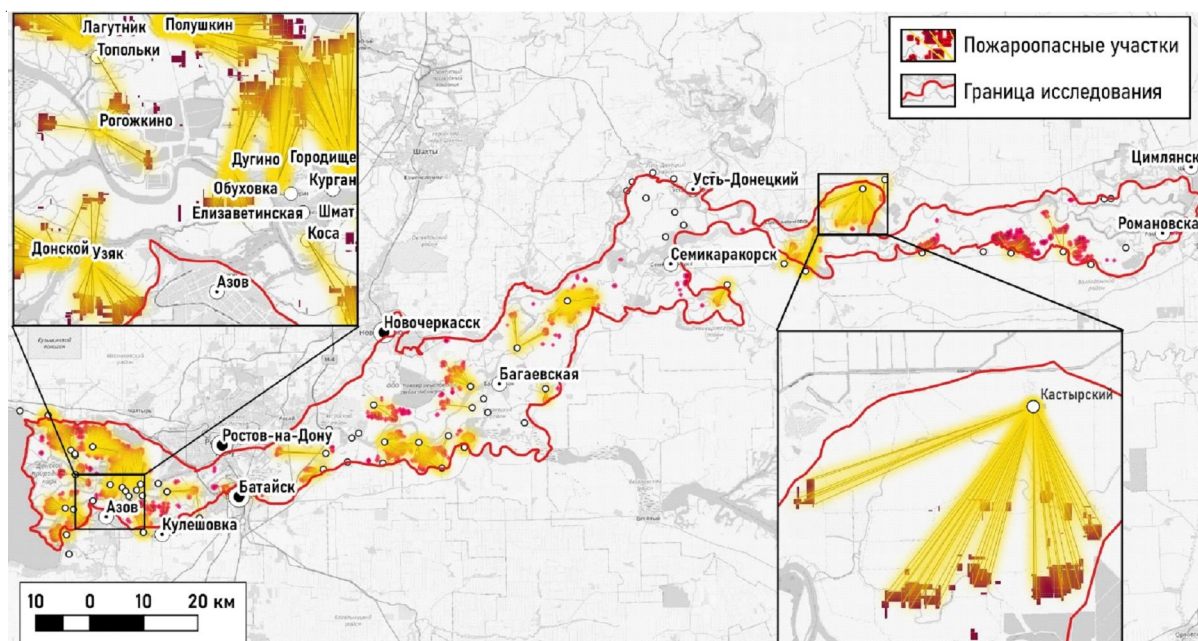


Рис. 4. Расстояния от пожароопасных участков до ближайших населенных пунктов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные аспекты изучения периодически пересыхающих акваторий в контексте углеродного цикла (на примере бассейна Нижнего Дона) / К.С. Григоренко [и др.] // *Океанологические исследования*. – 2022. – Т. 50, № 4. – С. 73–100.
2. Аль-Чаабави, М. Р. А. Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова, В. Г. Юферев // *Природные системы и ресурсы*. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 38–44. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>
3. Аль-Чаабави, М. Р. А. Определение состояния земель сельскохозяйственного назначения в провинции Майсан (Ирак) на основе пространственных данных / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова // *Успехи современного естествознания*. – 2022. – № 8. – С. 7–12.
4. Берденгалиев, Р. Н. Влияние климатических факторов на динамику ландшафтных пожаров в пойме Нижнего Дона / Р. Н. Берденгалиев, Ш. Матвеев // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2022. – № 11-1 (74). – С. 81–83.
5. Берденгалиева, А. Н. Анализ горимости пойменных ландшафтов нижней Волги по данным информационных продуктов спутникового детектирования активного горения и выгоревших площадей / А. Н. Берденгалиева // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 346–358.
6. 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.
7. Васильченко, А. А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. А. Васильченко // *Научно-агрономический журнал*. – 2022. – № 4 (119). – С. 12–18.
8. Геоинформационное картографирование опустынивания аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов Российской Федерации на основе данных дистанционного зондирования и полевых исследований: Тестовая модель методики / В. Г. Юферев [и др.]. – Волгоград : Федер. науч. центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2024. – 272 с.
9. 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.
10. Иванцова, Е. А. Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2024. – № 2 (74). – С. 60–67.
11. 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.
12. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия антропогенно-трансформированных экосистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.
13. Комарова, И. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования / И. А. Комарова, Е. А. Иванцова // *Успехи современного естествознания*. – 2020. – № 9. – С. 7–12.
14. Матвеев, Ш. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга возгораний на территории Ростовской области / Ш. Матвеев, Р. Н. Берденгалиев // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2024. – № 9-3 (96). – С. 265–267.
15. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России / В. В. Новочадов [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – № 1 (53). – С. 151–158.
16. Опыт разработки геоинформационной системы пойменных земель Донского бассейна / Д. А. Солодовников [и др.] // *Юг России: экология, развитие*. – 2022. – Т. 17, № 1 (62). – С. 151–161.
17. Павлейчик, В. М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) / В. М. Павлейчик // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. – 2016. – № 3. – С. 15–25.
18. Рябинина, Н. О. Современное состояние и динамика степных геосистем юго-востока Русской равнины (на примере природных парков Волгоградской области) / Н. О. Рябинина, С. Н. Канищев, С. С. Шинкаренко // *Юг России: экология, развитие*. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 116–127.
19. Украинский, П. А. Динамика спектральных свойств зарастающих травяных гарей / П. А. Украинский // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 229–238.

20. Шинкаренко, С. С. Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г / С. С. Шинкаренко, Д. А. Солодовников, С. А. Бартаев // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 248–254.

21. 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: 10.24189/ncr.2021.035

22. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor / L. Giglio [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2009. – Vol. 113, No. 2. – P. 408–420.

23. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park / A.V. Kholodenko [et al.] // *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov, October 20–24, 2021*. – L. : IOP Publishing Ltd, 2022. – Art. 012138.

24. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov [et al.] // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14, No. 5.

25. Solodovnikov, D. A. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin / D.A. Solodovnikov, S.S. Shinkarenko // *Water Resources*. – 2020. – Vol. 47, No. 6. – P. 977–986.

26. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product / L. Giglio [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2018. – Vol. 217. – P. 72–85.

27. The Effects of River Control and Climatic and Hydrological Changes on the State of Floodplain and Delta Ecosystems of the Lower Don / Zh. V. Kuzmina [et al.] // *Arid Ecosystems*. – 2022. – Vol. 12, No. 4. – P. 361–373.

REFERENCES

1. Grigorenko K.S., Sorokina V.V., Sheverdiaev I.V. et al. Aktualnye aspekty izucheniia periodicheskii peresykhaiushchikh akvatorii v kontekste uglerodnogo tsikla (na primere basseina Nizhnego Dona) [Actual Aspects of the Study of Periodically Drying out Water Areas in the Context of the Carbon Cycle (On the Example of the Lower Don Basin)]. *Okeanologicheskie issledovaniia* [Oceanological Research], 2022, vol. 50, no. 4. pp. 73–100.

2. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A., Uferev V.G. Geoinformacionnyi analiz sostoyaniya

sel'skokozyaystvennykh zemel' na uge Iraka [Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Lands 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>

3. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A. Opredelenie sostoyaniya zemel' sel'skokozyaystvennogo naznacheniya v provincii Maysan (Irak) na osnove prostranstvennykh dannykh [Determination of the State of Agricultural Lands in the Province of Maysan (Iraq) Based on Spatial Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2022, no. 8, pp. 7–12.

4. Berdengaliev R.N., Matveev Sh. Vliianie klimaticheskikh faktorov na dinamiku landshaftnykh pozharov v poime Nizhnego Dona [The Influence of Climatic Factors on the Dynamics of Landscape Fires in the Floodplain of the Lower Don]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2022, no 11-1 (74). pp. 81–83.

5. Berdengaliev A.N. Analiz gorimosti poimennykh landshaftov nizhnei Volgi po dannym informatsionnykh produktov sputnikovogo detektirovaniia aktivnogo gorenii i vygorevshikh ploshchadei [Analysis of the Lower Volga Floodplain Landscapes Burning According to Active Fire and Burnt Areas Satellite Data]. *InterKarto. InterGIS* [InterCarto. InterGIS], 2022, vol. 28, no. 1, pp. 346–358.

6. Bondur V.G., Tsidilina M.N., Cherepanova E.A. Kosmicheskii monitoring vozdeistviia prirodnykh pozharov na sostoianie razlichnykh tipov rastitelnogo pokrova v federalnykh okrugakh Rossiiskoi Federatsii [Space Monitoring of the Impact of Wildfires on the State 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.

7. Vasilchenko A.A. Prostranstvennyi analiz infrastruktury oroshaemykh polei Volgo-Akhtubinskoi poimy na territorii Volgogradskoi oblasti [Spatial Analysis of the Infrastructure of Irrigated Fields of the Volga-Akhtuba Floodplain in the Volgograd Region]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 4 (119), pp. 12–18.

8. Yuferev V. G., Kulik K. N., Pugacheva A. M., et al. *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye opustynivaniia aridnykh, subaridnykh i sukhikh subgumidnykh regionov Rossiiskoi Federatsii na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniia i polevykh issledovaniy* [Geoinformation Mapping of Desertification in Arid, Subarid and Dry Subhumid Regions of the Russian Federation Based on Remote Sensing and Field Research Data: A Test Model of the

Methodology]. Volgograd, FNTs agroekologii RAN, 2024. 272 p.

9. 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.

10. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Geoinformacionnyy analiz i ocenka sovremennogo sostoyaniya oroshaemykh zemel' territorii Sarpinskoy nizmennosti [Geoinformation Analysis and Assessment of the Current State of Irrigated Lands in the Sarpin Lowland]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2024, no. 2 (74), pp. 60-67.

11. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispolzovanie geoinformacionnykh tehnologiy 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 professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2021, no. 2 (62), pp. 357-366.

12. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Kharakter vzaimodeystviya antropogenno-transformirovannykh ekosistem uga Rossii [The Nature of the Interaction of Anthropogenic-Transformed Ecosystems in the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.

13. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Lesomeliorativnaya ocenka agrolandshaftov Sarpinskoy nizmennosti po dannym diatancionnogo zondirovaniya [Forest Reclamation Assessment of Agricultural Landscapes of the Sarpinsk Lowland According to Remote Sensing Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2020, no. 9, pp. 7-12.

14. Matveev Sh., Berdengaliev R.N. Ispolzovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniia dlia monitoringa vozgoranii na territorii Rostovskoi oblasti [Using Remote Sensing Data to Monitor Fires in the Rostov Region]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2024, no. 9-3(96), pp. 265-267.

15. Novochadov V.V., Rulev A.S., Uferev V.G., Ivantsova E.A. Distancionnye issledovaniya i

kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannykh territoriy uga 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* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 1 (53), pp. 151-158.

16. Solodovnikov D.A., et al. Opyt razrabotki geoinformacionnoj sistemy pojmenykh zemel' Donskogo bassejna [Experience in Developing a Geographic Information System for Floodplain Lands of the Don Basin]. *Jug Rossii: jekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2022, vol. 17, no. 1 (62), pp. 151-161.

17. Pavleichik V.M. K voprosu ob aktivizatsiyi 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. Geoecology], 2016, no. 3, pp. 15-25.

18. Ryabinina N.O., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Sovremennoe sostoyanie i dinamika stepnykh geosistem yugo-vostoka Russkoy ravniny (na primere prirodnykh parkov Volgogradskoy oblasti) [The Current State and Dynamics of Geosystems in the South-East of the Russian Plain (By the Example of the Natural Parks in Volgograd Region)]. *Yug Rossii: ekologiya, i razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2018, vol. 13, no. 1, pp. 116-127.

19. Ukrainskii P.A. Dinamika spektralnykh svoystv zarastaiushchikh travianykh garei [Dynamics of Spectral Properties of Overgrown Herbaceous Harems]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2013, vol. 10, no 4, pp. 229-238.

20. Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A., Bartalev S.A. Gidrologicheskaya situatsiya na vodokhranilishchakh yuga yevropeyskoy chasti Rossii v 2020 g. [The Hydrological Situation in the Reservoirs in the South of the European Part of Russia in 2020]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 1, pp. 248-254.

21. Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengaliev A.N. Prostranstvenno-vremennaya dinamika vygorevshikh ploshchadei na federalnykh OOPT yugo-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: 10.24189/ncr.2021.035

22. Giglio L., Loboda T., Roy D.P., et al. An ActiveFire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor. *Remote Sensing of Environment*, 2020, vol. 113, no. 2, pp. 408-420.

23. Kholodenko A.V., Istomin S.A., Kirillov S.N., et al. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference (Saratov, October 20–24, 2021)*, vol. 979. Saratov, Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilov, 2022, art. 012138.

24. 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.

25. Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin. *Water Resources*, 2020, vol. 47, no. 6, pp. 977-986.

26. 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.

27. Kuzmina Zh.V., Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A., Markov M.L. The Effects of River Control and Climatic and Hydrological Changes on the State of Floodplain and Delta Ecosystems of the Lower Don. *Arid Ecosystems*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 361-373.

Information About the Authors

Ruslan N. Berdengaliev, Master's Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kgb-191_282459@volsu.ru

Asel' N. Berdengalieva, Postgraduate Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, nza-211_992884@volsu.ru

Информация об авторах

Руслан Нурланович Берденгалиев, магистрант кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kgb-191_282459@volsu.ru

Асель Нурлановна Берденгалиева, аспирант кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, nza-211_992884@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

UDC 528.873

LBC 26.8

ASSESSMENT OF ECOSYSTEM DYNAMISM UNDER THE INFLUENCE OF DUST STORMS (USING THE EXAMPLE OF THE EAST OF THE STAVROPOL REGION)¹

Valeria V. Doroshenko

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This article presents the results of an assessment of the dynamism of ecosystems in the eastern regions of the Stavropol Region (Levokumsky, Neftekumsky, Kursky, Stepnovsky district). The relevance of the study is due to changes in the regime of dust storms in the territory of the Caspian lowland and a sharp increase in the area of open sands. The studied area belongs to the historical region of arid Kizlyar pastures and has been subjected to anthropogenic loads for many decades; degradation of pastures requires careful monitoring of changes in their condition. The assessment of ecosystem dynamism was based on the results of visual decoding of Earth remote sensing data and interpolation of the dynamics of open sand areas based on a regular grid with a side of 2 km. According to the percentage of dynamism, ecosystems were divided into types from stable to dynamic. Schemes of ecosystem dynamism have been constructed for two periods – relatively stable (from 2000 to 2016) and dynamic (from 2017 to 2023). During the period of relative stability, most of the territory remained stable or relatively stable, whereas in the dynamic period, almost the entire territory of Levokumsky and Neftekumsky districts belonged to the medium dynamic and dynamic type. The data obtained can be used in planning measures to combat desertification in the affected areas.

Key words: desertification, dust storms, monitoring, Stavropol Region, remote sensing, GIS technologies.

Citation. Doroshenko V.V. Assessment of Ecosystem Dynamism Under the Influence of Dust Storms (Using the Example of the East of the Stavropol Region). *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 28-34. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

УДК 528.873

БК 26.8

ОЦЕНКА ДИНАМИЧНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОКА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)¹

Валерия Витальевна Дорошенко

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

© Дорошенко В.В., 2024

Аннотация. В настоящей статье приводятся результаты оценки динамичности экосистем на территории восточных районов Ставропольского края (Левокумского, Невтекумского, Курского, Степновского района). Актуальность исследования обусловлена изменениями в режиме пыльных бурь на территории Прикаспийской низменности и резким увеличением площадей открытых песков. Исследуемая территория относится к историческому региону аридных Кизлярских пастбищ и много десятилетий подвергается антропогенным нагрузкам; деградация пастбищ требует тщательного мониторинга изменения их состояния. Оценка динамичности экосистем проводилась на основе результатов визуального дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли и интерполяции динамики площадей открытых песков на основе регулярной сетки со стороной 2 км. По процентному значению динамичности экосистемы были разделены на типы от стабильных

до динамичных. Построены схемы динамичности экосистем для двух периодов – относительно устойчивого (с 2000 по 2016 г.) и динамичного (с 2017 по 2023 г.). В период относительной устойчивости большая часть территории оставалась стабильной или относительно устойчивой, тогда как в динамичный период практически вся территория Левокумского и Нефтекумского района относились к средне динамичному и динамичному типу. Полученные данные могут использоваться при планировании мер по борьбе с опустыниванием в пострадавших районах.

Ключевые слова: опустынивание, пыльные бури, мониторинг, Ставропольский край, дистанционное зондирование, ГИС-технологии.

Цитирование. Дорошенко В. В. Оценка динамичности экосистем под влиянием пыльных бурь (на примере востока Ставропольского края) // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 28–34. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

Введение

Особенностью Прикаспийской низменности, в том числе, восточных районов Ставропольского края (Левокумского, Нефтекумского, Курского, Степновского района), является аридизация климата, являющаяся устойчивой тенденцией повышения среднегодовых температур и снижения годового количества осадков. На фоне таких климатических изменений и высокой антропогенной нагрузки (данная территория является частью Кизлярских пастбищ, в течение многих десятилетий используемых для выпаса малого рогатого скота) с 2017 г. проявляется учащение и интенсификация пыльных бурь [11]. Увеличивающиеся в результате дефляции площади открытых песков представляют угрозу для продовольственной безопасности в регионе в связи со снижением поголовья, а также для транспортной доступности отдаленных населенных пунктов и скотоводческих точек [4; 10].

Выявление наиболее динамичных областей необходимо для планирования маршрутов полевых обследований, выбора периодичности картографирования при дистанционном мониторинге, а также при планировании мероприятий по борьбе с опустыниванием [1; 2; 6–9; 13; 15].

Материалы и методы

Выбор периодичности повторного картографирования основывается на методике Б.В. Виноградова [3]. Согласно классификации Б.В. Виноградова, по скорости экодинамических смен экосистемы подразделяются на типы в соответствии с соотношением ежегодных изменений площадей; для каждого типа установлена оптимальная периодичность повторных наблюдений (см. таблицу).

Так, для стабильных экосистем (изменения менее 0,5 % общей площади в год) требуется повторное картографирование раз в 8–10 лет, тогда как для динамических экосистем (изменения более 3 % общей площади в год) требуется инвентаризация изменений каждый год. Карты динамичности площадей песков составляются для периода 2000–2023 гг. (с учетом переломного периода в 2017 г.).

Описанные в таблице значительные периоды повторяемости картографирования связаны с тем, что ежегодное получение данных с использованием аэрофотосъемки в XX в. было затруднительным и дорогостоящим. Современные методики подразумевают использование материалов космической съемки с повторяемостью 7–14 дней. Также одним из ключевых отличий является сплошной

Динамичность экосистем и оптимальная повторяемость наблюдений

Типы экосистем	Ежегодные изменения площади, %	Периодичность повторных наблюдений, лет
Стабильные	<0,5	8–10
Относительно устойчивые (умеренно динамичные)	1	6–8
Средне динамичные	2	3–5
Динамичные	>3	1–2

Примечание. Источник: [1].

сбор прямых данных на всю исследуемую территорию, без применения выборочного способа [14].

Учет всех факторов количественной динамики экосистем дистанционными методами невозможен, в связи с чем картографирование проводилось только для простых экосистем – площадей территорий, занятых открытыми песками, на основе регулярной сетки со стороной 2 км. Открытые пески дешифрировались визуальным способом с использованием спутниковых снимков «Landsat» и «Sentinel», предоставляющих мультиспектральные растровые данные достаточного пространственного разрешения и контрастности для выявления открытых песков и областей их зарастания [12; 14]. Для создания изолинейной карты применялась интерполяция данных ячеек регулярной сетки.

Климатические данные, необходимые для определения повторяемости пыльных бурь и среднегодовых сумм осадков, были получены с помощью сервиса «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>).

Результаты и обсуждение

Большая часть (2,9 тыс. из 5,3 тыс. объектов) выявленных массивов открытых песков имеет площадь менее 1 га и располагается на востоке Степновского и в Курском районах – в области проведения большого количества лесомелиоративных работ на Терских песках. Данные очаги дефляции являются стабильными, мало изменяются как в течение года, так и за весь период исследования, в связи с чем площадь открытых песков на территории этих районов изменялась слабо (до 20 % за 30 лет) [4; 10].

С помощью архива климатических данных определена динамика пыльных бурь в динамичный период. Всего за 2017–2022 гг. метеостанциями зарегистрировано 84 пыльные бури общей продолжительностью 146 дней, из них 40 дней пришлось на весенний, 65 – на летний и 41 день – на осенний период. Чаще всего за исследуемый период пыльные бури случались в августе и сентябре (31 и 30 дней соответственно), эти месяцы почти в каждый год отмечались по наибольшей общей продолжительности пыльных бурь;

реже всего – в ноябре (2 дня). Преобладающим направлением ветра было восточное (в более чем 80 % дней), изредка отмечались северное, северо-западное, северо-восточное, западное, южное и юго-восточное направления [5].

Схема динамичности экосистем (см. рисунок) представляет собой отображение среднегодового процента изменения площади песков, рассчитанное по формуле:

$$\Delta St = \left(\frac{S_2 - S_1}{S} \times 100 \right) / t,$$

где S – общая площадь исследуемой территории; S_1 – площадь открытых песков в предыдущий год; S_2 – площадь открытых песков в текущий год исследования; t – количество лет в исследуемом периоде.

Так, по результатам картографирования и интерполяции полученных результатов можно выделить два периода динамичности открытых песков на северо-востоке Ставропольского края – период относительной устойчивости (2000–2016 гг.) и динамичный период (2017–2023 гг.), связанный в том числе с активным возобновлением растительности на эоловых песках (см. рис. 1). Изменения растительного покрова в результате чрезмерной пастбищной нагрузки и воздействия пыльных бурь можно отнести к катастрофическим сменам (сукцессиям). Происходят посткатастрофические смены – вторичные демулационные сукцессии [3].

На юго-востоке пески за весь рассматриваемый период остаются стабильными и относительно устойчивыми, за исключением граничащего с Республикой Дагестан участка (восток Курского района) средней динамичности в 2020–2023 годах.

В 2023 г. климатические условия резко отличались от 2020–2022 гг., в том числе годовое количество осадков. В связи с этим высокая динамичность на территории Левкумского и Нефтекумского районов обеспечена не увеличением, а резким сокращением площадей открытых песков за счет разрастания псаммофитов – преимущественно, однолетников: солянка сорная (*Salsola tragus* L.), кумарчик (*Agriophyllum pungens* (Vahl) Link ex A. Dietr.), паслен рогатый (*Solanum*

cornutum Lam.). Данная растительность является сорной в пастбищном отношении и, в связи с осенним отмиранием, не может полноценно закреплять пески. В связи с развивающимся на территории исследования семенным опустыниванием, естественное восстановление пастбищных фитоценозов невозможно без мероприятий по обогащению видового состава путем посева или подсева семян кормовых и многолетних трав, собранных на территории заказников и других участков сохранившейся исконной степи [11].

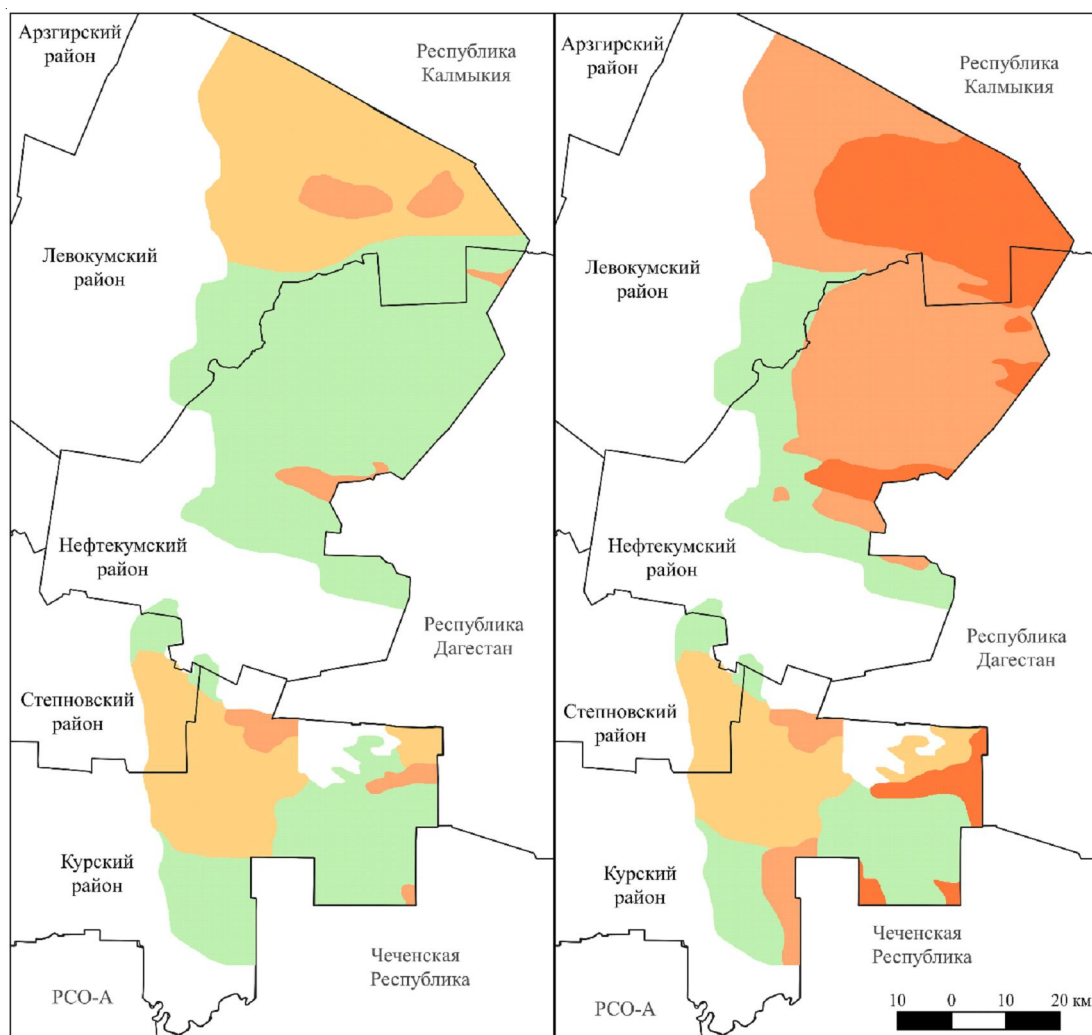
Заключение

Оперативная оценка динамичности экосистем даже по одному параметру позволяет в сжатые сроки установить оптимальную

периодичность мониторинга и выявить требующие применения мер по борьбе с опустыниванием участки, что особенно важно в условиях возрастающей аридизации климата на территории юга Европейской части России.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР FNFE-2024-0009 «Опустынивание территорий аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов, картографирование современного состояния и динамики опустынивания земель, моделирование и прогнозирование процессов опустынивания, для планирования восстановления деградированных земель с применением геоинформационных техно-



Типы экосистем: ■ Стабильные ■ Относительно устойчивые ■ Средне динамичные ■ Динамичные

Динамичность экосистем в 2000–2016 гг. (слева) и 2017–2023 гг. (справа)

логий и аэрокосмических методов в условиях усиливающихся засух, песчаных и пыльных бурь».

The work was carried out within the framework of the state task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences Research No. FNFE-2024-0009 “Desertification of territories of arid, subarid and dry subhumid regions, map-ping of the current state and dynamics of land desertification, modeling and forecasting of desertification processes, for planning the restoration of degraded lands using geoinformation technologies and aerospace methods in conditions of increasing droughts, sand and dust storms”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Аль-Чаабави, М. Р. А. Определение состояния земель сельскохозяйственного назначения в провинции Майсан (Ирак) на основе пространственных данных / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 8. – С. 7–12.

3. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М. : ГЕОС, 1998. – 418 с.

4. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ динамики площадей очагов опустынивания в восточной части Ставропольского края / В. В. Дорошенко // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 59–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

5. Дорошенко, В. В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017–2022 гг. / В. В. Дорошенко // Вопросы степеведения. – 2023. – № 3. – С. 41–48.

6. Иванцова, Е. А. Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 2 (74). – С. 60–67.

7. 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.

8. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия антропогенно-трансформированных экос-

мистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.

9. Комарова, И. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования / И. А. Комарова, Е. А. Иванцова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 9. – С. 7–12.

10. Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград : Изд-во ВНИАЛМИ, 2004. – 248 с.

11. Лапенко, Н. Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края / Н. Г. Лапенко, Ф. В. Ершченко, И. Г. Сторчак // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 2 (193). – С. 9–19.

12. Мелихова, А. В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий / А. В. Мелихова // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 3 (122). – С. 40–45.

13. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России / В. В. Новочадов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 151–158.

14. Юферев, В. Г. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии / В. Г. Юферев, А. И. Беляев, К. П. Синельникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4 (68). – С. 465–473.

15. Forman, R. T. T. Landscape Ecology / R. T. T. Forman, M. Godron. – N. Y. : Wiley, 1986.

REFERENCES

1. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A., Uferev V.G. Geoinformacionniy analiz sostoyaniya sel'skohozyaystvennyh zemel' na uge Iraka [Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Lands 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>

2. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A. Opredelenie sostoyaniya zemel' sel'skohozyaystvennogo naznacheniya v provincii Maysan (Irak) na osnove prostranstvennyh dannyh [Determination of the State of Agricultural Lands in the Province of Maysan (Iraq) Based on Spatial Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*

[The Successes of Modern Natural Science], 2022, no. 8, pp. 7-12.

3. Vinogradov B.V. *Osnovy' landshaftnoj e'kologii* [Fundamentals of Landscape Ecology]. Moscow, GEOS Publ., 1998. 418 p.

4. Doroshenko V.V. Geoinformacionny'j analiz dinamiki ploshhadej ochagov opusty'nivaniya v vostochnoj chasti Stavropol'skogo kraja [Geoinformation Analysis of the Dynamics of the Areas of Desertification Foci in the Eastern Part of the Stavropol Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

5. Doroshenko V.V. Py'l'ny'e buri na vostoke Stavropol'skogo kraja v 2017–2022 gg. [Dust Storms in the East of the Stavropol Territory in 2017–2022]. *Voprosy' stepevedeniya* [Questions of Steppe Studies], 2023, no. 3, pp. 41-48.

6. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Geoinformacionnyy analiz i ocenka sovremennogo sostoyaniya oroshaemykh zemel' territorii Sarpinskoy nizmennosti [Geoinformation Analysis and Assessment of the Current State of Irrigated Lands in the Sarpin Lowland]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2024, no. 2 (74), pp. 60-67.

7. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispol'zovanie geoinformacionnykh tekhnologiy i kosmicheskikh snimkov dlya analiza agrolandshaftov [The Use of Geoinformation Technologies and Satellite Images for the Analysis of Agricultural Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2021, no. 2 (62), pp. 357-366.

8. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Kharakter vzaimodeystviya antropogenno-transformirovannykh ekosistem uga Rossii [The Nature of the Interaction of Anthropogenic-Transformed Ecosystems in the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education.], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.

9. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Lesomeliorativnaya ocenka agrolandshaftov Sarpinskoy nizmennosti po dannym diatancionnogo zondirovaniya [Forest Reclamation Assessment of Agricultural Landscapes of the Sarpinsk Lowland According to Remote Sensing Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2020, no. 9, pp. 7-12.

10. Kulik K.N. *Agrolesomeliorativnoe kartografirovaniye i fitoe'kologicheskaya ocenka aridny'x landshaftov* [Agroforestry Mapping and Phytoecological Assessment of Arid Landscapes]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2004. 248 p.

11. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Rastitel'nost' stepny'kh fitocenzozov i osobennosti ee vegetacii v usloviyakh Stavropol'skogo kraja [Vegetation of Steppe Phytocenoses and Peculiarities of Its Vegetation in the Stavropol Region]. *Agrarnyy' vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2020, no. 2 (193), pp. 9-19.

12. Melikhova A.V. Kartografirovaniye processov opusty'nivaniya v Astrakhanskom Zavolzh'e s primeneniem GIS-tekhnologiy [Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Volga Region Using GIS Technologies]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2023, no. 3 (122), pp. 40-45.

13. Novochadov V.V., Rulev A.S., Uferev V.G., Ivantsova E.A. Distancionnye issledovaniya I kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannykh territoriy uga Rossii [Remote Studies and Mapping of the State of Anthropogenically Transformed Territories of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 1 (53), pp. 151-158.

14. Yuferev V.G., Belyaev A.I., Sinel'nikova K.P. Opusty'nivaniye zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya v Chernozemel'skom rajone Kalmykii [Desertification of Agricultural Lands in the Chernozemelsky District of Kalmykia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education]. 2022, no. 4 (68), pp. 465-473.

15. Forman R.T.T., Godron M. *Landscape Ecology*. New York, Willey, 1986.

Information About the Author

Valeria V. Doroshenko, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, doroshenko-vv@vfanc.ru

Информация об авторах

Валерия Витальевна Дорошенко, 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, doroshenko-vv@vfanc.ru



www.volsu.ru

ЭКОЛОГИЯ

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.4>

UDC 502.5:632.771

LBC 28.680.1



**FEATURES OF THE DEVELOPMENT AND DAILY FEEDING ACTIVITY
OF BLOOD-SUCKING MIDGES OF THE FAMILY SIMULIIDAE
IN THE VOLGOGRAD REGION**

Vladimir V. Shikunov

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article considers the peculiarities of the development of blood-sucking midges in the Volgograd region. Data on the species composition, breeding sites, development periods, seasonal activity are presented, and long-term data on the daily feeding activity of females are analyzed. It was found that in the daily activity of the imago, two peaks of feeding activity are observed – in the morning and evening hours, and the morning maximum is slightly higher than the evening one. The study of the species composition, ecological features of development, distribution of blood-sucking midges of the family Simuliidae of the Lower Volga region, the influence of environmental factors on their development and population density is extremely important for predicting the seasonal number of their populations in the Volgograd region and developing measures to reduce their number and harmfulness.

Key words: blood-sucking midges, family Simuliidae, seasonal, daily activity, feeding activity, Volgograd region.

Citation. Shikunov V.V., Ivantsova E.A. Features of the Development and Daily Feeding Activity of Blood-Sucking Midges of the Family Simuliidae in the Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 35-41. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.4>

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И СУТОЧНОЙ КОРМОВОЙ АКТИВНОСТИ КРОВСОСУЩИХ МОШЕК СЕМЕЙСТВА SIMULIIDAE В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Владимир Владимирович Шикун

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

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены особенности развития кровососущих мошек на территории Волгоградской области. Представлены данные о видовом составе, местах выноса, сроках развития, сезонной активности, проанализированы многолетние данные суточной кормовой активности самок. Установлено, что в суточной активности имаго наблюдается два пика кормовой активности – в утренние и вечерние часы, причем утренний максимум несколько выше вечернего. Изучение видового состава, экологических особенностей развития, распространения кровососущих мошек сем. Simuliidae Нижнего Поволжья, влияния экологических факторов на их развитие и плотность популяции крайне важно для прогнозирования сезонной численности их популяций на территории Волгоградской области и разработки мероприятий по снижению их численности и вредоносности.

Ключевые слова: кровососущие мошки, семейство Simuliidae, сезонная, суточная активность, кормовая активность, Волгоградская область.

Цитирование. Шикун В. В., Иванцова Е. А. Особенности развития и суточной кормовой активности кровососущих мошек семейства Simuliidae в Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 35–41. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.4>

Введение

Изучение кровососущих мошек на территории бывшего СССР проводилось в основном в 60–80-е гг. прошлого столетия. В 90-е и 2000-е гг. наблюдался существенный спад исследований в этом направлении. До настоящего времени фауна представителей семейства Simuliidae на территории Нижнего Поволжья изучена крайне недостаточно [8]; данные о видовом составе и эколого-биологических особенностях развития популяций фрагментарно представлены в работах Л.Н. Андреевой, А.А. Денисова, Е.А. Иванцовой, В.Д. Патрушевой, М.И. Пироговского, С.Н. Кушниковой и др. [1; 4–7; 9–12].

Несмотря на большое значение кровососущих мошек в поддержании экологического равновесия экосистем как важнейших составляющих пищевых цепочек и индикаторов состояния окружающей среды, эколого-био-

логические особенности данного вида насекомых на рассматриваемой территории, включая факторы беспокойства для хозяйственной и иной деятельности человека, требуют дополнительного анализа и оценки [17].

Территория Нижнего Поволжья расположена в зоне сухих степей и полупустыни и относится к числу засушливых. По территории протекают две большие реки, Волга и Дон, с большими водохранилищами – Волгоградским и Цимлянским, а также рядом более мелких рек и речек. Менее крупные реки Бузулук, Медведица, Хопер имеют собственные поймы с проходящими по ним сильно извилистыми руслами, образующими большое число затонов, заводей, благоприятных для развития различных кровососущих насекомых. Более мелкие степные речки берут свое начало у родников, часто теряются в степи и могут даже пересыхать в летний жаркий период. Другие превращаются в цепочку замкнутых

водоемов: р. Аксай, р. Елань, р. Иловля, р. Терса и прочие [5; 8].

К основным водным объектам Волжского бассейна Нижней Волги, протекающем на территории Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкии, относятся река Волга, река Ахтуба, водные объекты Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги (протоки, Воложки, Ерики и др.) [8].

Местами выплода кровососущих мошек в условиях Волгоградской области являются различные проточные водоемы: вся протяженность береговой зоны р. Волга, р. Ахтуба, р. Иловля, р. Медведица, р. Хопер, р. Лог, акватория Волго-Ахтубинской поймы и др. [5; 8].

По результатам ранее проведенных исследований А.А. Денисовым, Е.А. Иванцовой фауна кровососущих мошек сем. Simuliidae в Волгоградской области представлена 5 видами мошек: одним таежным (*Simulium morsitans* Edw.), тремя степными и лесостепными видами (*Titanopteryx macuiata* Mg., *Schonbaueria matthiesseni* End., *Boophtora erythrocephala* De Geer.), и видом *Odagmia ornata* Mg, распространенным повсеместно и имеющим полизональный ареал [5; 8].

Развитие преимагинальных стадий видов мошек: *Titanopteryx macuiata* Mg., *Schonbaueria matthiesseni* End, *Simulium morsitans* Edw. протекает на участках рек с шириной русла от 15 до 50 и более метров (средние и крупные реки), в связи с чем активное развитие данных видов наблюдается на всем протяжении береговой зоны р. Волга на территории Волгоградской области [5; 7].

По данным М.И. Пироговского [10], в пределах дельты Волги и прилегающих территорий фауна *Simuliidae* насчитывает 4 вида, относящихся к 2 родам. Наиболее многочисленны из них, до 57,7 %, обыкновенная или пятнистая мошка (*Titanopteryx macuiata* Mg.). Соотношение мошки красноголовой (*Boophtora erythrocephala* De Geer.) составляет около 20 % [8].

Развитие преимагинальных стадий (яйцо, личинка, куколка) кровососущих мошек происходит в проточных водных объектах со скоростью, как правило, 0,2–0,9 м/сек. В качестве субстрата прикрепления яиц симулиидами используется погруженная и прибрежно-водная растительность, нитчатые водоросли,

ветки, корни, опавшая листва деревьев и кустарников, травянистая растительность поймы, камни, разнообразный мусор и песок. Заселение мошками искусственных субстратов может свидетельствовать о становлении у них адекватных адаптаций к новому типу поверхности для прикрепления [2; 3; 18].

По наблюдениям А.А. Денисова, Е.А. Иванцовой [5], наибольшая плотность личинок мошек в исследуемых водных объектах Волгоградской области отмечена на участках субстрата на глубине 1–3 см, окукливание происходит в коконе в виде конического чехлика. Более высокая плотность у куколок отмечена на глубине 5–10 см. На глубине более 50 см личинки и куколки мошек практически не встречались. Наиболее заселенные личинками и куколками субстраты, располагались на участке водотока со скоростью течения 0,5–0,7 м/с.

Зимующими стадиями, в зависимости от вида, являются яйца или личинки на дне водоемов и на предметах, близко расположенных к поверхности воды. Развитие личинок в летний период составляет в среднем 30 дней, куколок – до 10 дней. После отрождения мошки находятся поблизости от мест выплода в прибрежной растительности от одного до трех дней [8].

В быстро прогреваемых водоемах, как указывает З.В. Усова [14], все фенологические даты наступают раньше, чем в водоемах с низкой температурой воды. При этом смещение сроков развития, как утверждает автор, может происходить в пределах от нескольких дней до 1 месяца. Устойчивость фенологических дат выражена лучше у видов, обитающих в водоемах с более постоянной температурой в течение лета [14].

Средняя продолжительность жизни самок составляет 30–40 суток, самцы живут значительно меньше. Самки питаются кровью человека и теплокровных животных, как правило 1 раз в несколько дней, самцы – нектаром цветковых растений. Количество крови, поглощаемой самкой мошки за один прием, составляет от 1 до 3 мг [15; 16]. Через 7–10 дней после начала питания самки приступают к яйцекладке; плодовитость самок в полной мере зависит от количества поглощенной крови, может варьировать от 200 до 400 яиц.

Активная жизнь мошек, по данным С.М. Пироговского [10–12], наблюдается в низовьях Волги только на спаде половодья, когда температура воды достигает +18 ... +20 °С, а воздуха прогревается до +20 ... +30°С и выше. Независимо от сроков начала половодья и его продолжительности, вылет имаго наблюдался только на спаде уровня воды в коренном русле реки. По наблюдениям ученого в годы с большими объёмами половодья, при медленном и продолжительном спаде воды, происходит медленный и продолжительный вылет мошек. Весной, в годы с малым объемом стока и низкими уровнями воды в Волге, вылет имаго мошек не наблюдается, что указывает на наличие прямой связи между численностью мошек, объема половодья и высотой уровня воды в реке [7].

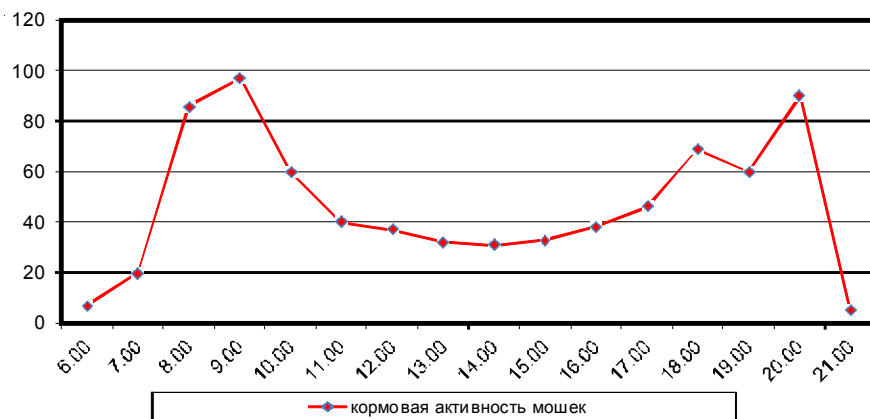
На территории Волгоградской области начало вылета имаго кровососущих мошек в разные годы наблюдалось с первой декады мая до середины второй декады июня. Начало массового кровососания мошек на территории Волгоградской области происходит в сроки с 30 мая по 18 июня. Пик численности имаго приходится в среднем на вторую декаду июня, однако эти сроки могут значительно варьировать в зависимости от погодных условий весенне-летнего периода. По данным Е.А. Иванцовой [8], срок сезонной активности мошек в период 2001–2023 гг. составил от 15 до 84 суток.

Наиболее активны мошки в безветренные дни [2; 10–12]. При ветреной, пасмурной и дождливой погоде имаго концентрируются в приземной растительности (травянистый покров, кустарники), в ночное и сумеречное время имаго неактивны. Лет мошек наблюдается в рассветные часы (если температура в

это время находится в пределах оптимума, не опускаясь ниже +10 °С) и постепенно нарастает с увеличением освещенности.

Согласно литературным данным [15], динамика суточной активности мошек зависит от тесно связанных между собой метеорологических параметров (интенсивность света, температура, влажность); скорость ветра является лимитирующим фактором, в дневное время активность кровососущих мошек угнетается высокой температурой и яркой освещенностью. Оптимум освещенности, по данным М.И. Пироговского, С.Н. Кушниковой [11], укладывается в границы от 10 до 2500 люксов; особенности биологии отдельных видов мошек позволяет им проявлять кормовую активность уже при освещенности в 1 люкс. Влажность воздуха как экологический фактор не снижает пищевой активности мошек. Лет и кормление мошек не прекращается при колебании относительной влажности воздуха в пределах от 17 до 100 % [11].

В суточной активности имаго в летний период наблюдается два пика кормовой активности – в утренние и вечерние часы, причем утренний максимум несколько выше вечернего. Обычно нападения самок наблюдается с 6 до 11 и с 16 до 20 ч., в середине дня при высоких температурах воздуха (выше +30 °С) пищевая активность мошек снижается (пищевая депрессия). Отмечено, что утреннее нападение мошек в дни с обильными росами наступало позднее на 1–1,5 часа, хотя температура и освещение благоприятствовали лету. Среднегодовые данные суточной активности кровососущих мошек в Волгоградской области представлены на рисунке.



Суточная активность кровососущих мошек в Волгоградской области (среднегодовые данные)

Наибольшая активность имаго отмечается при температуре +18 ... +26 °С, ветре – до 1 м/сек.

При пасмурной погоде утреннее начало лета сдвигается примерно на 1,5–2 часа, кормовая активность продолжается в течение всего дня, утренние и вечерние максимумы активности выражены менее отчетливо.

Точных данных о количестве поколений различных представителей семейства Simuliidae в условиях Волгоградской области, в литературных источниках нет. Предположительно, как указывает Е.А. Иванцова [8], некоторые виды могут давать два и более поколения в год.

Заключение

Исследование фауны и экологии кровососущих мошек семейства Simuliidae Нижнего Поволжья, в том числе и Волгоградской области, является важным аспектом изучения экосистем Нижней Волги. Актуальность получения новых данных об эколого-биологических особенностях кровососущих мошек семейства Simuliidae обусловлена необходимостью изучения изменений экологических условий существования и развития исторически сложившихся биотических комплексов на рассматриваемой территории. Обобщенный анализ ранее проведенных и современных исследований фауны и экологии кровососущих мошек сем. Simuliidae имеет существенную практическую ценность; полученные данные могут быть использованы при изучении биоразнообразия регионов Нижнего Поволжья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева, Н. Л. Изменение сезонного хода численности (Diptera, Simuliidae) в пойме Волги в связи со строительством Волжской ГЭС (XXI съезд КПСС) / Н. Л. Андреева // Медицинская паразитология. – 1966. – № 1. – С. 19–23.
2. Будаева, И. А. К фауне мошек (Diptera: Simuliidae) Республики Мордовия (Россия) / И. А. Будаева, А. Б. Ручин // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2001. – № 10 (1). – С. 155–159.
3. Будаева, И. А. Экология мошек ((Diptera: Simuliidae) среднерусской лесостепи в связи с их гематофагией : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Будаева Ирина Александровна. – Воронеж, 2007. – 24 с.
4. Денисов, А. А. Эколого-фаунистическое распространение мошек (Diptera, Simuliidae) по урбанизированной территории Нижнего Поволжья / А. А. Денисов // Вестник Мордовского университета. – 2009. – № 1. – С. 23–24.
5. Денисов, А. А. Эколого-биологическая характеристика кровососущих мошек (Diptera, Simuliidae) на территории Волгоградской области зоны Нижнего Поволжья / А. А. Денисов, Е. А. Иванцова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 202–203.
6. Фауна и распространение кровососущих мошек семейства Simuliidae на территории России / А. А. Денисов [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 38–47. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.5>
7. Иванцова, Е. А. Влияние экологических факторов на популяции двукрылых насекомых сем. Simuliidae / Е. А. Иванцова // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Соленое Займище : Прикасп. аграр. федер. науч. центр РАН, 2020. – С. 479–482.
8. Иванцова, Е. А. Эколого-биологические особенности развития двукрылых насекомых семейства Simuliidae на территории Нижнего Поволжья / Е. А. Иванцова // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Соленое Займище : Прикасп. аграр. федер. науч. центр РАН, 2018. – С. 304–310.
9. Патрушева, В. Д. Некоторые данные о мошках, выплывающих в Волго- и Волго-Ахтубинском канале в Волгоградской области / В. Д. Патрушева // Медицинская паразитология. – 1963. – Т. 32, № 1. – С. 200–204.
10. Пироговский, М. И. Беспозвоночные Астраханской области / М. И. Пироговский. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2006. – 227 с.
11. Пироговский, М. И. Экология и особенности биологии мошек Simuliidae дельты Волги / М. И. Пироговский, С. Н. Кушникова // Естественные науки. – 2009. – № 3 (28). – С. 29–36.
12. Пироговский, М. И. Мошки дельты Волги / М. И. Пироговский. – Астрахань : Изд-во АГПУ, 2002. – С. 130–132.
13. Рубцов, И. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Мошки (сем. Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 6, вып. 6. – 860 с.
14. Усова, З. В. Материалы по биологии и экологии мошек (Simuliidae) Карело-Финской ССР и Мурманской области / З. В. Усова // Труды Карело-Финского филиала академии наук СССР. Серия паразитологическая. – 1956. – Вып. 4. – С. 131–149.

15. Федорова, О. А. Динамика суточной активности различных видов кровососущих мошек на юге Тюменской области / О. А. Федорова, Е. И. Сивкова, М. И. Серкова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 2. – С. 64–66.
16. Федорова, О. А. Кровососущие мошки (Diptera, Simuliidae) юга Тюменской области: биологические основы защиты крупного рогатого скота : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Федорова Ольга Александровна. – Тюмень, 2009. – 24 с.
17. Федорова, О. А. Приуроченность кровососущих мошек (Diptera, Simuliidae) к различным биотопам / О. А. Федорова, Р. П. Павлова // Вестник ТГУ. Экология и природопользование. – 2014. – № 6. – С. 76–80.
18. Шикун, В. В. Влияние режима работы Волжской ГЭС в период весеннего половодья на развитие популяции кровососущих мошек семейства SIMULIIDAE / В. В. Шикун, Е. А. Иванцова // Антропогенная трансформация геопространства: меняющийся мир – штрихи к портрету: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2023. – С. 315–318.

REFERENCES

1. Andreeva N.L. Izmenenie sezonnogo hoda chislennosti Díptera, Simuliidae) v poyme Volgi v svyazi so stroitel'stvom Voljskogo GYS (XXI s'ezd KPSS) [The Change in the Seasonal Course of the Population (Diptera, Simuliidae) in the Volga Floodplain in Connection with the Construction of the Volga Hydroelectric Power Station (XXI Congress of the CPSU)]. *Medecinskaya parazitologiya* [Medical Parasitology], 1966, no. 1, pp. 19-23.
2. Budaeva I.A., Ruchin A.B. K faune moshek (Diptera: Simuliidae) Respubliki Mordoviya (Rossiya) [To the Fauna of Midges (Diptera: Simuliidae) of the Republic of Mordovia (Russia)]. *Kavkazkiy entomologicheskii bulletin'* [Caucasian Entomological Bulletin], 2001 no. 10 (1), pp. 155-159.
3. Budaeva I.A. Ecologiya moshek (Diptera: Simuliidae) srednerusskoy lesostepi v svyazi s ih gematofagiyey: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Ecology of Midges (Diptera: Simuliidae) of the Central Russian Forest-Steppe in Connection with Their Hematophagy. Cand. biol. sci. abs. diss.], 2007. 24 p.
4. Denisov A.A. Ecologo-faunisticheskoe rasprostranenie moshek (Diptera, Simuliidae) po urbanizirovannoy territorii Nijnego Povolj'ya [Ecological and Faunal Distribution of Midges (Diptera, Simuliidae) in the Urbanized Territory of the Lower Volga Region]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* [Bulletin of the Mordovian University], 2019, no. 1, pp. 23-24.
5. Denisov A.A., Ivantsova E.A. Ecologo-biologicheskaya harakteristika krovososuchshih moshek (Diptera, Simuliidae) na territorii Volgogradskoy oblasti zony Nijnego Povolj'ya [Ecological and Biological Characteristics of Blood-Sucking Midges (Diptera, Simuliidae) in the Volgograd region of the Lower Volga Region]. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg Agrarian University], 2016, no. 3 (59), pp. 202-203.
6. Denisov A.A., Ivantsova E.A., Kholodenko A.V., Zaliznyak E.A. Fauna i rasprostranenie krovososuchshih moshek semeystva Simuliidae na territorii Rossii [Fauna and Distribution of Blood-Sucking Midges of the Family Simuliidae in Russia]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 4, pp. 38-47. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.5>
7. Ivantsova E.A. Vliyanie ecologicheskikh faktorov na populyacii dvuhkrylyh nasekomyh sem. Simuliidae [The Influence of Environmental Factors on the Populations of Diptera Insects of the Family Simuliidae]. *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mejdynar. nauch.-prakt. konf.* [Results and Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex: Materials of the International Scientific and Practical Conference], Solyonoe Zaymishche, Prikasp. agrar. feder. nauch. tsentr RAN, 2020, pp. 479-482.
8. Ivantsova E.A. Ecologo-biologicheskie osobennosti razvitiya dvuhkrylyh nasekomyh sem. Simuliidae na territorii Nijnego Povolj'ya [Ecological and Biological Features of the Development of Diptera Insects of the Family Simuliidae in the Lower Volga Region] *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mejdynar. nauch.-prakt. konf.* [Results and Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex: Materials of the International Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 304-310.
9. Patrusheva V.D. Nekotorye dannye o moshkah, vyplajyvauchshihsvya v Volgo- i Volgo-Akhtubinskom kanale v Volgogradskoy oblasti [Some Data on Midges Spreading in the Volga- and Volga-Akhtuba Canal in the Volgograd Region]. *Medicinskaya parazitologiya* [Medical Parasitology], 1963, vol. 32, no. 1, pp. 200-204.
10. Pirogovskiy M.I. Bespozvonochnye Asrahanskoy oblasti [Invertebrates of the Astrakhan Region]. Astrahan', Izd. dom «Astrakhanskiy universitet», 2006. 227 p.
11. Pirogovskiy M.I., Kushnikova S.N. Ecologiya i osobennosti biologii moshek Simuliidae del'ty Volgi [Ecology and Biology Features of the Midges Simuliidae of the Volga Delta]. *Estestvennye nauki* [Natural Sciences], 2009, no. 3 (28), pp. 29-36.

12. Pirogovskiy M.I. Moshki del'ty Volgi [Midges of the Volga Delta]. Astrkhan', Izd-vo APGU, 2002, pp. 130-132.

13. Rubtsov I.A. Fauna SSSR. Nasekomye dvykrylye. Moshki (sem. Simuliidae) [Fauna of the USSR. Insects are Diptera. Midges (Family Simuliidae)] Moscow; Leningrad, Izd-vo AN SSSR, 1956, vol. 6, iss. 6. 860 p.

14. Usova Z.V. Materialy po biologii i ekologii moshek (Simuliidae) Karelo-Finskoy SSR i Murmanskoy oblasti [Materials on Biology and Ecology of Midges (Simuliidae) Karelo-Finnish SSR and Murmansk Region]. *Trudy Karelo-Finskogo filiala akademii nauk SSSR. Seriya parazitologicheskaya* [Proceedings of the Karelo-Finnish Branch of the USSR Academy of Sciences. The Parasitological Series], 1956, iss. 4, pp. 131-149.

15. Fedarova O.A., Sivkova E.I., Serkova M.I. Dinamika sutochnoy aktivnosti razlichnykh vidov krovososuchshih moshek na uge Tumenskoy oblasti [Dynamics of Daily Activity of Various Species of Blood-Sucking Midges in the South of the Tyumen Region]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skohozyaystvennoy nauki* [Bulletin of the Russian Agricultural Science], 2021, no. 2, pp. 64-66.

16. Fedorova O.A. Krovososychshie moshki (Diptera, Simuliidae) uga Tumenskoy oblasti:

biologicheskie osnovy zachshity krupnogo rogatogo skota: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Blood-Sucking Midges (Diptera, Simuliidae) of the South of the Tyumen Region: Biological Bases of Protection of Cattle. Cand. biol. sci. abs. diss.], 2009. 24 p.

17. Fedorova O.A. Priurochennost' krovososuchshih moshek (Diptera, Simuliidae) k razlichnym biotopam [The Association of Blood-Sucking Midges (Diptera, Simuliidae) with Various Biotopes]. *Vestnik TGU. Ekologiya i prirodopol'zovanie* [Bulletin of TSU. Ecology and Nature Management], 2014, no. 6, pp. 76-80.

18. Shikunov V.V., Ivantsova E.A. Vliyanie rejima raboty Voljskogo GAS v period vesennego polovod'ya na razvitie populyacii krovososuchshih moshek semeystva SIMULIIDAE [Shikunov, V.V. Influence of the Operation Mode of the Volga Hydroelectric Power Plant During the Spring Flood on the Development of the Population of Blood-Sucking Midges of the Family SIMULIIDAE]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: menyauchshiysya mir – shtrihi k portretu: materialy VI Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Anthropogenic Transformation of Geospatial Space: The Changing World – Touches to the Portrait: Materials of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference], 2023, pp. 315-318.

Information About the Authors

Vladimir V. Shikunov, Postgraduate Student, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, V_Shikunov@volganet.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivatsova@volsu.ru

Информация об авторах

Владимир Владимирович Шикун, аспирант, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, V_Shikunov@volganet.ru

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



www.volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.5>

UDC 551.4(470.45):528.8

LBC 26.823

MODELING GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF A RIVER BASIN ON THE EXAMPLE OF THE BUZULUK RIVER

Natalya M. Khavanskaya

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Anna A. Shaprova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The study of river basins occupies a special place in the subject of geomorphological works. The basin approach has found wide application not only in geomorphology, but also in related geographical sciences, such as physical and socio-economic geography, geoecology. This is largely due to the possibility of clearly identifying the boundaries of basins, determined by the relief and drawn along the lines of watersheds, in contrast to the boundaries of a transitional nature, often characteristic of natural objects. Scientific interests in the field of river basin research are devoted to both the state of modern physical and geographical conditions in general and changes in individual components, in particular, floodplain forest cover, hydrological and hydrogeological regimes. In addition, important aspects are the rationalization of economic use of the territory of river basins. In this context, the types of anthropogenic impact on the territory are described and the geoecological situation is assessed. In this paper, the analysis of morphometric characteristics of the Buzuluk River basin such as the steepness and exposure of slopes, erosive dissection of the relief was carried out. Measuring these indicators for the selected area is of particular importance in view of the intensive development of agriculture, since all of the listed relief characteristics affect the development of unfavorable erosion processes leading to a decrease in soil fertility. Morphometric analysis was carried out in the QGIS geoinformation system, which allows obtaining updated data and reducing the time of their analysis and interpretation. During the geoinformation analysis, maps of slope steepness, slope exposure and erosive dissection of the relief of the studied territory were constructed. Analysis of the obtained data and natural and climatic conditions allows us to conclude that the conditions are favorable for agricultural activities. Nevertheless, the intensity of economic development requires measures to optimize it to ensure conditions for sustainable development.

Key words: river basin, Buzuluk River, Khoper-Buzuluk Plain, slope steepness, slope exposure, erosive dissection of the relief, geoinformation systems.

Citation. Khavanskaya N.M., Shaprova A.A. Modeling Geomorphological Conditions of a River Basin on the Example of the Buzuluk River. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 42-50. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.5>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕЧНОГО БАСЕЙНА НА ПРИМЕРЕ р. БУЗУЛУК

Наталья Михайловна Хаванская

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Анна Александровна Шапова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Исследование речных бассейнов занимает отдельное место в тематике геоморфологических работ. Бассейновый подход нашел широкое применение не только в геоморфологии, но и в смежных географических науках, таких как физическая и социально-экономическая география, геоэкология. Во многом это объясняется возможностью четкого выделения границ бассейнов, определенных рельефом и проводимых по линиям водоразделов, в отличие от границ переходного характера, свойственных часто для природных объектов. Научные интересы в сфере исследования речных бассейнов посвящены как вопросам состояния современных физико-географических условий в целом, так и изменениям отдельных компонентов, в частности, лесистости пойм, гидрологического и гидрогеологических режимов. Кроме того, важными аспектами является рационализация хозяйственного использования территории речных бассейнов. В этом контексте описываются виды антропогенного воздействия на территорию и проводится оценка геоэкологической ситуации. В настоящей работе был проведен анализ морфометрических характеристик бассейна реки Бузулук, таких как крутизна и экспозиция склонов, эрозионная расчлененность рельефа. Измерение этих показателей для выделенного района имеет особую важность ввиду интенсивного развития земледелия, так как все перечисленные характеристики рельефа влияют на развитие неблагоприятных эрозионных процессов, ведущих к снижению почвенного плодородия. Морфометрический анализ был проведен в геоинформационной системе QGIS, что позволяет получить уточненные данные и сократить время их анализа и интерпретации. В ходе геоинформационного анализа были построены карты крутизны склонов, экспозиции склонов и эрозионной расчлененности рельефа изучаемой территории. Анализ полученных данных и природно-климатических условий позволяет сделать вывод о благоприятности условий для ведения сельскохозяйственной деятельности. Тем не менее интенсивность хозяйственного освоения требует мер по его оптимизации для обеспечения условий устойчивого развития.

Ключевые слова: речной бассейн, река Бузулук, Хоперско-Бузулукская равнина, крутизна склонов, экспозиция склонов, эрозионная расчлененность рельефа, геоинформационные системы.

Цитирование. Хаванская Н. М., Шапова А. А. Моделирование геоморфологических условий речного бассейна на примере р. Бузулук // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 42–50. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.5>

Введение

Бассейн реки Бузулук расположен в центральной части Хоперско-Бузулукской аккумулятивной равнины, расположенной между Калачской и Приволжской возвышенностями. Сам Бузулук является левым притоком р. Хопер. Его бассейн ограничен пологими водоразделами от других физико-географических объектов равнины (см. рис. 1).

Геологическое строение изучаемой территории представлено несколькими комплексами. В разрезе платформенного чехла выделяются нижнепалеозойский-нижнедевонский,

среднедевонский-триасовый, юрский-палеогеновый и неогеновый-четвертичный комплексы. В основном поверхность состоит из песков, песчаников, мела, являющихся осадками мезозойских морей [2; 10].

Долина реки Бузулук широкая и может достигать 5–10 км. Высоты междуречий колеблются в пределах 120–170 м над уровнем моря и постепенно снижаются с севера на юг [12]. Преобладают плоские и довольно обширные водоразделы, чередующиеся с широкими и неглубоко врезанными долинами рек.

В пределах района исследования расположены почвы, относящиеся к черноземам

южным. Согласно агроклиматическому районированию Волгоградской области, территория бассейна относится к засушливой зоне с теплым климатом [8].

В настоящее время территория бассейна реки Бузулук подвергается интенсивному сельскохозяйственному освоению. Поля практически полностью занимают все водораздельные пространства и пологие склоны.

Определение морфометрических особенностей рельефа изучаемой территории приобретает особую актуальность в виду интенсивного развития сельского хозяйства, важными факторами размещения которого, кроме агроклиматических условий, выступают крутизна и экспозиция склонов, эрозионная расчлененность. В совокупности перечисленные характеристики оказывают непосредственное влияние на развитие плоскостной и линейной эрозии [3; 6; 15], влияющей на состояние полей и, соответственно, на земледелие района в целом. Соответственно, целью проведенного исследования является анализ основных морфометрических характеристик бассейна реки Бузулук

с применением функций пространственного анализа поверхности и гидрологического моделирования геоинформационных систем.

Материалы и методы исследования

Основным типом данных для анализа рельефа является цифровая модель рельефа (далее – ЦМР) [11; 13]. В данной работе все аналитические операции проведены на основе ЦМР SRTM 1-arcsecond, предоставляемой в открытом доступе геологической службой США [16]. Геоинформационный анализ проводился в геоинформационной системе QGIS. Граница бассейна Бузулука была оцифрована вручную по линиям водоразделов.

На первом этапе была проанализирована крутизна склонов в градусах. При этом для большей наглядности составлена карта на территорию Хоперско-Бузулукской равнины (см. рис. 2). Данные о крутизне склонов позволяют выявить потенциально опасные участки развития неблагоприятных геолого-геоморфологических процессов, в первую очередь

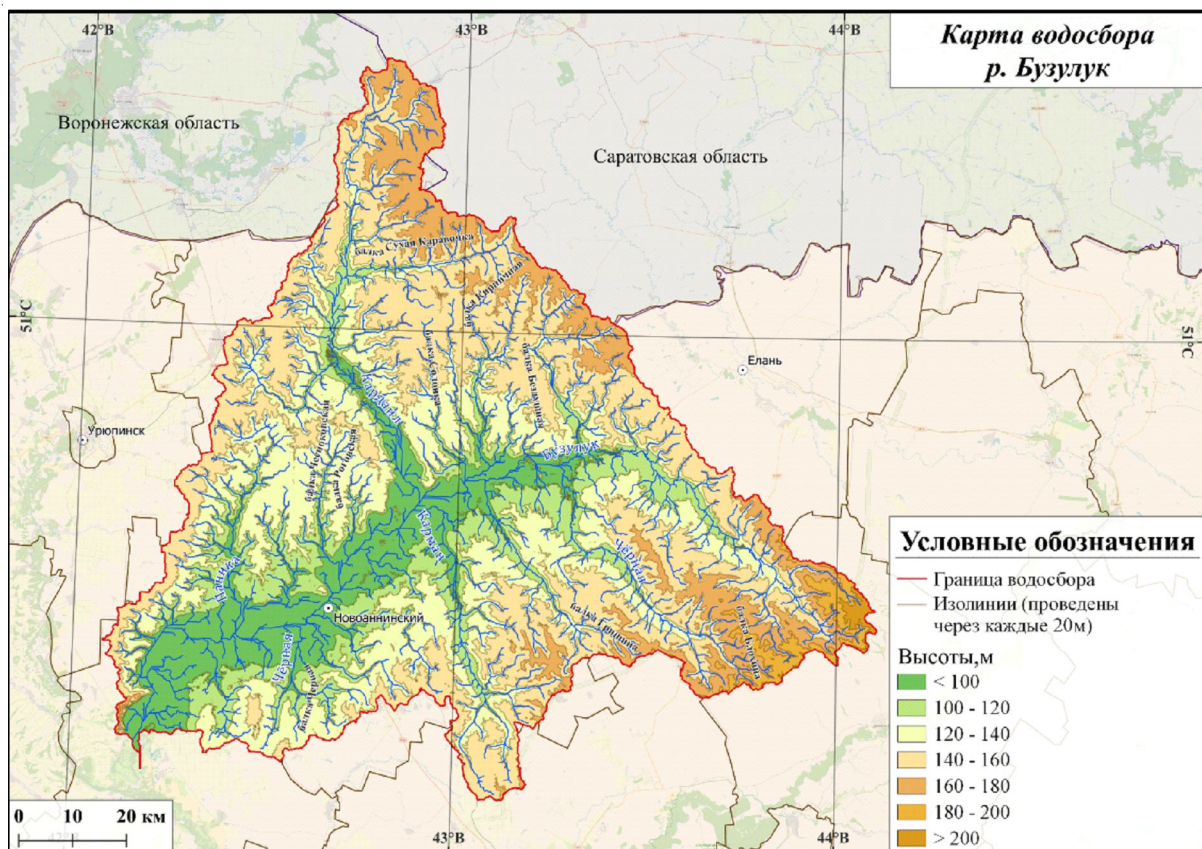


Рис. 1. Географическое положение бассейна реки Бузулук

эрозионных. На карте участки с различной крутизной обозначаются способом количественного фона.

Выявление экспозиции склонов является важным инструментом дальнейшего ресурсного анализа территории [1]. Экспозиция склонов сказывается на неравномерном распределении тепла на подстилающей поверхности, следовательно, влияет на характер и продолжительность вегетации растений. Построение карты экспозиции склонов происходило в геоинформационной системе QGIS при помощи инструмента «Экспозиция» (см. рис. 3).

Наиболее сложным из представленных является процесс анализа эрозионной расчлененности рельефа. Эрозионная расчлененность является площадным показателем и рассчитывается как отношение длины эрозионной сети (водотоков) в км к единице площади территории, в данном случае берется 1 км². Геоинформационный анализ эрозионной расчлененности осуществлялся в программе QGIS по следующим этапам:

1. Автоматизированное построение водотоков на основе ЦМР с применением функций гидрологического моделирования [4; 5; 7].

2. Генерация и наложение на территорию исследования полигональной сетки с размером ячеек равным 1×1 км, а также привязанного точечного слоя, в котором точки соответствуют центру каждой километровой ячейки (см. рис. 4).

3. Применение оверлейной операции «Пересечение» для выявления длины водотоков в каждой километровой ячейке сетки. Объединение атрибутивных данных ячеек сетки с данными длины водотоков соответствующих ячеек.

4. Присвоение данных длин водотоков каждой ячейке соответствующей точке, расположенной в ее центре.

5. Генерация статистической поверхности с помощью интерполяции (метод ОБР) данных длин водотоков точечного слоя и создание таким образом карты эрозионной расчлененности рельефа (см. рис. 5).

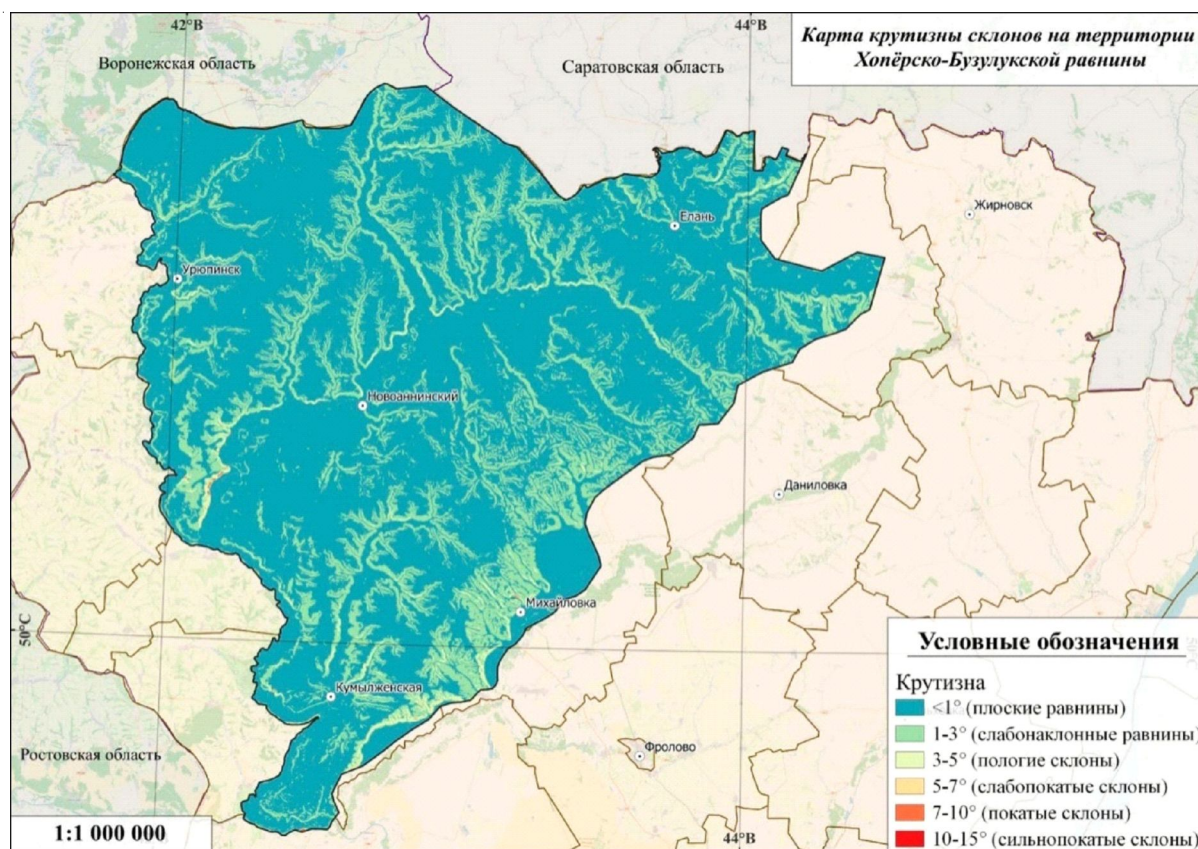


Рис. 2. Карта крутизны склонов

Примечание. Составлено авторами.

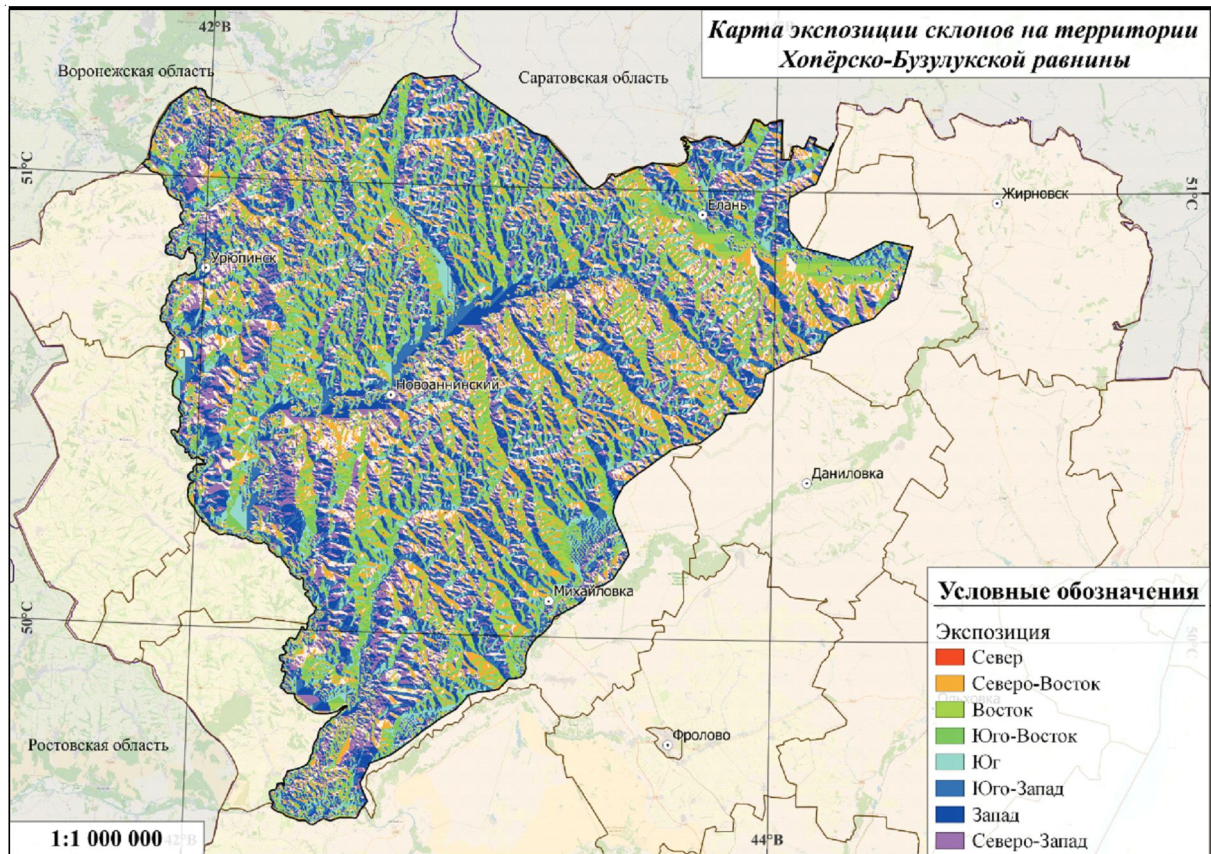


Рис. 3. Карта экспозиции склонов Хоперско-Бузулукской равнины

Примечание. Составлено авторами.

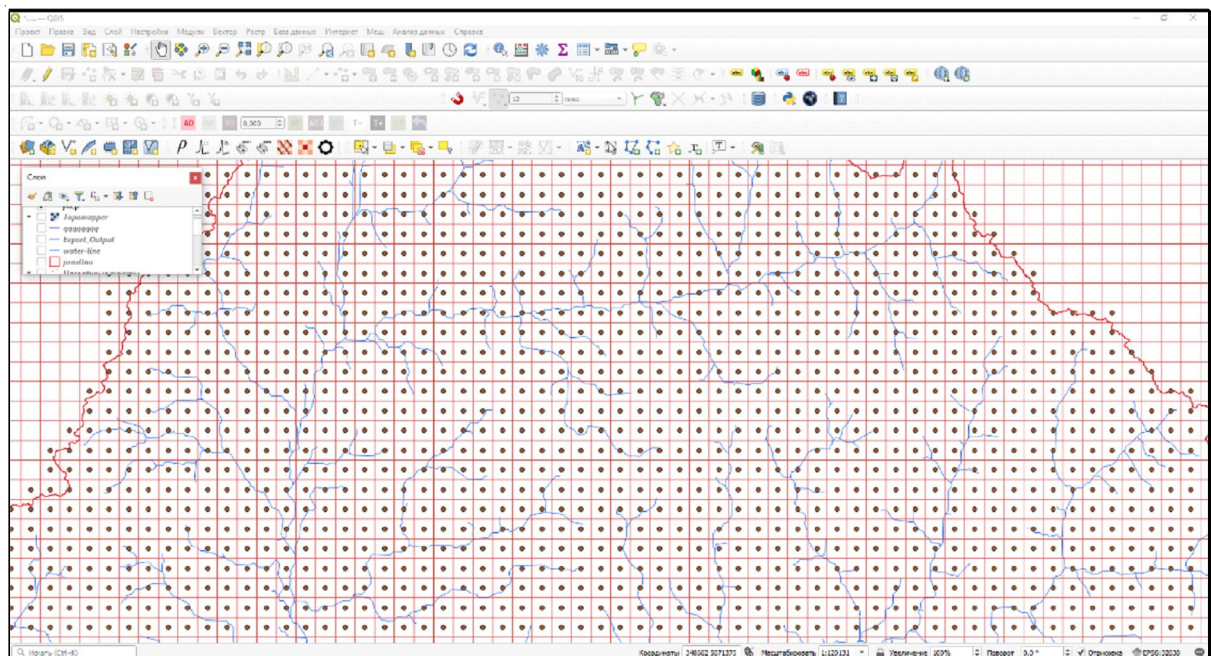


Рис. 4. Наложение километровой сетки на территорию Хоперско-Бузулукской равнины

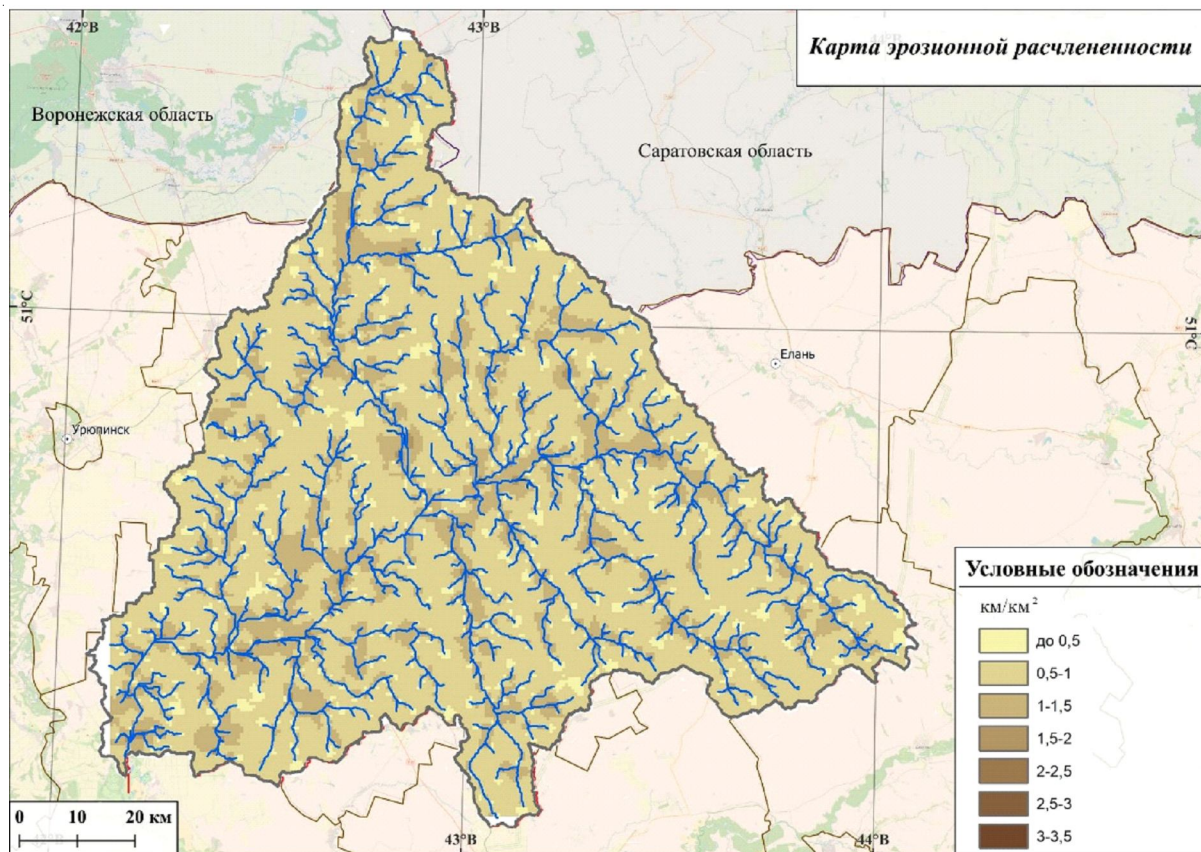


Рис. 5. Карта эрозионной расчлененности рельефа территории бассейна р. Бузулук
Примечание. Составлено авторами.

Результаты и обсуждение

По данным геоинформационного моделирования значение крутизны склонов изучаемой территории находится в диапазоне от 0° до 15° . При этом большая часть бассейна с пологими водораздельными пространствами характеризуется уклоном менее 1° , что относит ее к типу плоских равнин. Значение уклона от 1° до 5° наблюдается на склонах речной системы Бузулука. Увеличение крутизны до 15° отмечается в приустьевой части и соответствует восточному склону Калачской возвышенности.

Анализ карты экспозиции склонов позволяет проводить оценку участков территории с повышенным риском эрозии почвы, определение зон с повышенным запасом снега, а также прогнозирование распределения растительности. Эти данные могут быть использованы для принятия важных решений в сфере оптимизации сельскохозяйственного природопользования. В ходе ее анализа было получено следующее:

1. На исследуемой территории отсутствует северная (0°) ориентация склонов.
2. В долине р. Бузулук преобладает Юго-Западная (225°) и Западная (270°) ориентация.
3. Для равнинных участков характерна в основном северо-восточная (45°), восточная (90°), юго-восточная (135°), южная (180°), западная (270°) и северо-западная (315°) ориентация склонов.

Эрозия является одним из наиболее распространенных и разрушительных процессов, влияющих на формирование ландшафта и экологическое состояние водных объектов. В контексте геоинформационного моделирования бассейна реки, анализ эрозионной расчлененности имеет особое значение для оценки уровня потенциальных рисков, связанных с водоотводом, изменениями почвенного покрова, загрязнением водных ресурсов и деградацией прибрежных участков [9; 14].

Эрозионная расчлененность рельефа отражает степень извилистости речной системы. В ходе выполнения исследования

было выявлено, что максимум эрозионной расчлененности рельефа составляет 3,5 км на 1 км². При этом на пологих водораздельных пространствах преобладает значение равное 1 км на 1 км². Минимальные значения, до 0,5 км, фиксируются на отдельных участках водоразделов. Максимальные величины коэффициента эрозионной расчлененности рельефа соответствуют склонам речных долин.

Заключение

Применение геоинформационных методов в моделировании речных бассейнов позволяет повысить точность получаемых морфометрических характеристик. Значения крутизны и экспозиции склонов бассейна реки Бузулук, полученные в результате геоинформационного анализа, позволили уточнить и дополнить существующие сведения. Рассчитанные величины преобладающих уклонов (менее 1°) свидетельствуют о пологом характере рельефа Хоперско-Бузулукской равнины, что в совокупности с преобладанием склонов южной, восточной и западной экспозиции, распространением широких водораздельных пространств с эрозионной расчлененностью рельефа не превышающей 500 м на 1 км² является благоприятным фактором развития сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумова, В. Ю. Исследование пространственной структуры условий формирования речной сети / В. Ю. Абакумова // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 8. – С. 88–100.
2. Агафонов, В. П. Состояние и региональные проблемы мониторинга геологической среды Волжского бассейна / В. П. Агафонов, А. М. Коломиец, В. В. Куренной // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 8. – С. 31–34.
3. Водохранилища, пруды и озера Волгоградской области / А. С. Овчинников [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГАУ, 2020. – 352 с.
4. Гарцман, Б. И. Возможности моделирования речной сети на основе ГИС-инструментария и цифровой модели рельефа / Б. И. Гарцман, Е. А. Шекман // Метеорология и гидрология. – 2016. – № 1. – С. 86–98.
5. Иванов, М. А. Геоморфометрический анализ бассейновых геосистем Приволжского федерального округа по данным SRTM и Aster GDEM / М. А. Иванов, О. П. Ермолаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 98–109.
6. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия компонентов антропогенно-трансформированных экосистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.
7. Павлова, А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) / А. Н. Павлова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2009. – Т. 9, № 1. – С. 39–44.
8. Перекрестов, Н. В. Почвенно-климатические условия ландшафтов Волгоградской области : учеб. пособие / Н. В. Перекрестов. – Волгоград : ВолГАУ, 2012. – 260 с.
9. Пьянков, С. В. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений / С. В. Пьянков, А. Н. Шихов. – Пермь : Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. – 148 с.
10. Сидоренко, А. В. Геология СССР. Ростовская, Волгоградская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание / А. В. Сидоренко. – М. : Недра, 1970. – 510 с.
11. Синельникова, К. П. Геоинформационный анализ рельефа водосбора реки Большая Голубая на территории Донской гряды / К. П. Синельникова // Научно-агрономический журнал. – 2021. – № 1 (112). – С. 34–39.
12. Солодовников, Д. А. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм / Д. А. Солодовников, Н. М. Хаванская, Н. В. Вишняков, Е. А. Иванцова // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 3. – С. 106–114.
13. Солодовников, Д. А. Опыт разработки геоинформационной системы пойменных земель Донского бассейна / Д. А. Солодовников, С. С. Шинкаренко, Н. М. Хаванская [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17, № 1 (62). – С. 151–161.
14. Pelletier, J. D. Quantitative Modeling of Earth Surface Processes / J. D. Pelletier. – Cambridge, 2008. – 295 p.
15. Planchon, O. F. Darboux: A Fast, Simple and Versatile Algorithm to Fill the Depressions of Digital Elevation Models / O. F. Planchon // Catena. – 2001. – Vol. 46. – P. 159–176.
16. Earthexplorer // United States Geological Survey. – 2022. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

REFERENCES

1. Abakumova V.Yu. Issledovanie prostranstvennoi struktury uslovii formirovaniya rechnoi seti [Study of the Spatial Structure of Conditions for the Formation of the River Network]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 2013, no. 8, pp. 88-100.
2. Agafonov V.P., Kolomiets A.M., Kurennoi V.V. Sostoyanie i regional'nye problemy monitoringa geologicheskoi sredy Volzhskogo basseina [Status and Regional Problems of Monitoring the Geological Environment of the Volga Basin]. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and Protection of Mineral Resources], 2005, no. 8, pp. 31-34.
3. Ovchinnikov A.S., Loboyko V.F., Yakovlev S.V., Ovcharov A.U., Ivantsova E.A., Soboleva I.A. *Vodohranilishcha, prydny i ozera Volgogradskoy oblasti* [Reservoirs, Ponds and Lakes of the Volgograd Region]. Volgograd, Izd-vo VolGAY, 2020. 352 p.
4. Gartsman B.I., Shekman E.A. Vozmozhnosti modelirovaniya rechnoi seti na osnove GIS-instrumentariya i tsifrovoy modeli rel'efa [Possibilities of River Network Modeling Based on GIS Tools and Digital Elevation Model]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 2016, no. 1, pp. 86-98.
5. Ivanov M.A., Ermolaev O.P. Geomorfometricheskii analiz basseinovyykh geosistem Privolzhskogo federal'nogo okruga po dannym SRTM i Aster GDEM [Geomorphometric Analysis of Basin Geosystems of the Volga Federal District Based on SRTM and Aster GDEM Data]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2017, vol. 14, no. 2, pp. 98-109.
6. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Charakter vzaimodeystviya komponentov antropogennotransformirovannykh ekosistem yuga Rossii [The Nature of the Interaction of Components of Anthropogenic-Transformed Ecosystems in the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.
7. Pavlova A.N. Geoinformatsionnoe modelirovaniye rechnogo basseina po dannym sputnikovoi syemki SRTM (na primere basseina r. Tereshki) [Geoinformation Modeling of a River Basin Based on SRTM Satellite Imagery Data (Using the Tereshka River Basin as an Example)]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Nauki o Zemle* [News of Saratov University. New series. Earth Sciences Series], 2009, Vol. 9, no. 1, pp. 39-44.
8. Perekrestov N.V. *Pochvenno-klimaticheskie usloviya landshaftov Volgogradskoi oblasti* [Soil and Climatic Conditions of Landscapes of the Volgograd Region]. Volgograd, VolGAU, 2012. 260 p.
9. P'yankov S.V., Shikhov A.N. *Geoinformatsionnoe obespechenie modelirovaniya gidrologicheskikh protsessov i yavlenii* [Geoinformation Support for Modeling Hydrological Processes and Phenomena]. Perm', Perm. gos. nats. issled. un-t, 2017. 148 p.
10. Sidorenko A.V. *Geologiya SSSR. Rostovskaya, Volgogradskaya oblasti i Kalmytskaya ASSR. Geologicheskoe opisanie* [Geology of the USSR. Rostov, Volgograd, Regions and Kalmyk ASSR. Geological Description]. Moscow, Nedra Publ., 1970. 510 p.
11. Sinel'nikova K.P. Geoinformatsionnyi analiz rel'efa vodosbora reki Bol'shaya Golubaya na territorii Donskoi gryady [Geoinformation Analysis of the Relief of the Bolshaya Golubaya River Catchment Area in the Territory of the Don Ridge]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2021, no. 1 (112), pp. 34-39.
12. Solodovnikov D.A., Havanskaya N.M., Vishnyakov N.V., Ivantsova E.A. Metodicheskie osnovy geofizicheskogo monitoringa gruntovykh vod rechnykh poym [Methodological Foundations of Geophysical Monitoring of Groundwater in River Floodplains] *Ug Rossii: ekologiya, razvitiya* [South of Russia: Ecology, Development], 2017, vol. 12, no. 3, pp. 106-114.
13. Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S., Khavanskaya N.M., Kukushkina N.A. Opyt razrabotki geoinformatsionnoi sistemy poimennykh zemel' Donskogo basseina [Experience in Developing a Geographic Information System for Floodplain Lands of the Don Basin]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2022, vol. 17, no. 1 (62), pp. 151-161.
14. Pelletier J.D. *Quantitative Modeling of Earth Surface Processes*. Cambridge, 2008. 295 p.
15. Planchon O.F. Darboux: A Fast, Simple and Versatile Algorithm to Fill the Depressions of Digital Elevation Models. *Catena*, 2001, no. 46, pp. 159-176.
16. Earthexplorer. *United States Geological Survey*, 2022. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Information About the Authors

Natalya M. Khavanskaya, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, khavanskaya@volsu.ru

Anna A. Shaprova, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, a_shaprova9@mail.ru

Информация об авторах

Наталья Михайловна Хаванская, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, khavanskaya@volsu.ru

Анна Александровна Шапрова, студентка, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, a_shaprova9@mail.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.6>

UDC 528.931.2

LBC 26.22

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE WATER LEVEL AND WATER DISCHARGE IN THE DOWNSTREAM OF THE UGLICH WATER POWER STATION ¹

Ekaterina O. Agafonnikova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Alexander V. Khoperskov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The dynamics of the hydraulic parameters of the Volga River downstream of the Uglich HPS are considered. The observed relationship between the water level in the downstream and the discharge of water through the dam is atypical compared to other sections of both the Volga River and other river systems. This difference is due to the strongest influence of water dynamics in the Rybinsk Reservoir under conditions of a small difference in water levels in the reservoir compared to the downstream of the Uglich hydroelectric power station. Our analysis allowed us to reconstruct the natural relationship between the level and discharge of water through the dam, which demonstrates a weak hysteresis dependence, which is typical for other similar water bodies.

Key words: hydrological regime, Volga River, flood, hysteresis, water levels, hydrograph.

Citation. Agafonnikova E.O., Khoperskov A.V. On the Relationship Between the Water Level and Water Discharge in the Downstream of the Uglich Water Power Station. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.6>

УДК 528.931.2

ББК 26.22

О СВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЕМ И РАСХОДОМ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ДАННЫХ ГИДРОПОСТА НИЖНЕГО БЬЕФА УГЛИЧСКОЙ ГЭС ¹

Екатерина Олеговна Агафонникова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Александр Валентинович Хоперсков

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены особенности динамики гидравлических параметров реки Волга ниже Угличской ГЭС. Зависимость между уровнем воды в нижнем бьефе и расходом воды через дамбу является атипичной по сравнению с другими участками как реки Волга, так и иными речными системами. Такое отличие обусловлено сильнейшим влиянием динамики воды в Рыбинском водохранилище из-за маленького перепада уровней воды в водохранилище по сравнению с нижним бьефом Угличской ГЭС. Проведенный анализ позволил реконструировать связь между уровнем воды и расходом через плотину, которая демонстрирует слабую гистерезисную зависимость, что типично и для других похожих водных объектов.

Ключевые слова: гидрологический режим, река Волга, паводок, гистерезис, уровни воды, гидрограф.

Цитирование. Агафонникова Е. О., Хоперсков А. В. О связи между уровнем и расходом воды на примере данных гидропоста нижнего бьефа Угличской ГЭС // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 51–57. – (На англ. яз.). – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.6>

Introduction

An interesting phenomenon of river dynamics is the hysteresis loop between the dependence of the water level η on the water discharge Q in the cross-section of the channel [12]. An increase in the value of Q during seasonal floods is accompanied by a regular increase in the depth H at a fixed point or water surface level η [3; 21]. The end of the flood leads to a decrease in η . However, the dependences $\eta(Q)$ at the stages of flood rise and fall do not coincide with each other due to the heterogeneity of the flow under the conditions of non-stationary behavior of the hydrograph $Q(t)$ which is manifested in the formation of a hysteresis loop. Thus, a wide variety of rivers are characterized by special hysteresis in the stage-discharge relation [4; 5].

The discussed hydrological hysteresis is associated with the presence of memory in the system, when the current state is determined both by the characteristics at a given time and by the values of the system parameters in the previous time interval $\tau^{(hys)}$. The duration $\tau^{(hys)}$ is the length of the memory, which affects the hysteresis width [10; 14].

Examples of such hysteretic behavior of unsteady flow are described in the literature [6]. Hysteretic loops of the dependence $\eta(Q)$ can be associated with nomograms of dynamic water volumes [1]. Quite powerful hysteretic loops were obtained from measurements on the Chattahoochee River (USA) [18], Tisza River, Yeongsan River in Korea, Illinois River [12], Snake River below the CJ Strike Dam in Idaho (USA) [16]. The Ohio River at Wheeling and the Tennessee River at Scottsboro show a weaker difference on the rising and falling branches of $\eta(Q)$ [18]. The hydrological regime of the downstream of the Tsimlyansk hydroelectric power station on the Don River also gives a loop dependence for $\eta(Q)$ [2].

Interest in the study of hysteresis loops in the dependence $\eta(Q)$ is associated with the possibility of revealing hidden patterns in the hydrodynamic system of the river. Apparently, the properties of the hysteresis curve depend on the morphology of the bottom, the turbulent state of the flow, the presence of water sources and drains in the channel, the structure of the river valley, the sediment transport, the presence of islands and other characteristics [14; 19].

This work is aimed at studying some features of the hydrological regime of the Volga River near the downstream of the Uglich hydroelectric power station. Our goal is to reconstruct hysteresis loops of the water level dependence on the hydrograph in this area.

Measurement data from the gauging station of the Uglich HPS

The hydrological regime of the Volga River has changed significantly due to the system of hydroelectric power stations along the entire watercourse. The natural water flow is disrupted by a large number of large reservoirs. The water flow through the dams is characterized by hydrographs $Q(t)$, which are established by government agencies. These hydrographs poorly reproduce natural processes, since they are determined by the opposing interests of various institutions and economic entities. The pressure of economic activity, increased urbanization of floodplains and adjacent territories require a more uniform hydrograph. Therefore, the volume of flood waters is redistributed throughout the year, reducing the peak values of the hydrograph [7].

The Uglich hydroelectric complex zone belongs to the Upper Volga with an average water discharge of about 500 m³/sec (fig. 1). The Uglich reservoir is located above this dam and is of the passable type with a small water reserve. The narrow channel of the Volga extends below the dam for about 80 km, smoothly turning into the wide Rybinsk reservoir. The volume of water in the Rybinsk reservoir exceeds the water reserve in the Volga channel from the Uglich dam to this reservoir by about 500 times. Therefore, an increase in water in the Rybinsk reservoir can significantly affect the hydrological regime of the entire Volga River to the Uglich hydroelectric power station.

Building a relationship between the water level η (or depth H) and water discharge Q in the form of functions $Q = Q(\eta)$ (or $Q = Q(H)$) is a standard problem in hydrology [8; 17], since it allows one to estimate the difficult-to-measure quantity Q using a reliably determined water level or depth [15]. A more subtle analysis indicates an ambiguous dependence $\eta = \eta(Q)$ at the stages of growth and decrease of $Q(t)$ and $\eta(t)$:

$$\eta(t_1 < t < t_2) < \eta(t_3 < t < t_4), \quad (1)$$

if the following conditions are met

$$\frac{dQ}{dt} > 0 \text{ при } t_1 < t < t_2, \quad \frac{dQ}{dt} < 0 \text{ при } t_3 < t < t_4. \quad (2)$$

The hydrological regime of the Uglich hydroelectric complex is considered in more detail below. Figure 2 shows the annual variation of the hydrograph and water levels below the dam of the Uglich HPS. The hysteresis curve in Figure 2c differs significantly from the typical dependence in Figure 3. The hydrograph of the Saratov HPS shows an increase in $Q(t)$, by about five times in

spring compared to low-water values (fig. 3a). We also see an increase in the water level in the downstream by about 4 meters during this period (fig. 3b). This behavior yields a typical loop-shaped dependence on the parameter plane (Q, η) (fig. 3c). Different colors highlight regions of the dependence $\eta(Q)$ in accordance with the colors in the inset in panel b, where time intervals with different types of $\eta(t)$ change are highlighted. The growth stage of $\eta(t)$ (red line) corresponds to the ascending branch of $\eta(t)$ (fig. 3c). The next short interval (blue line) is responsible for the short

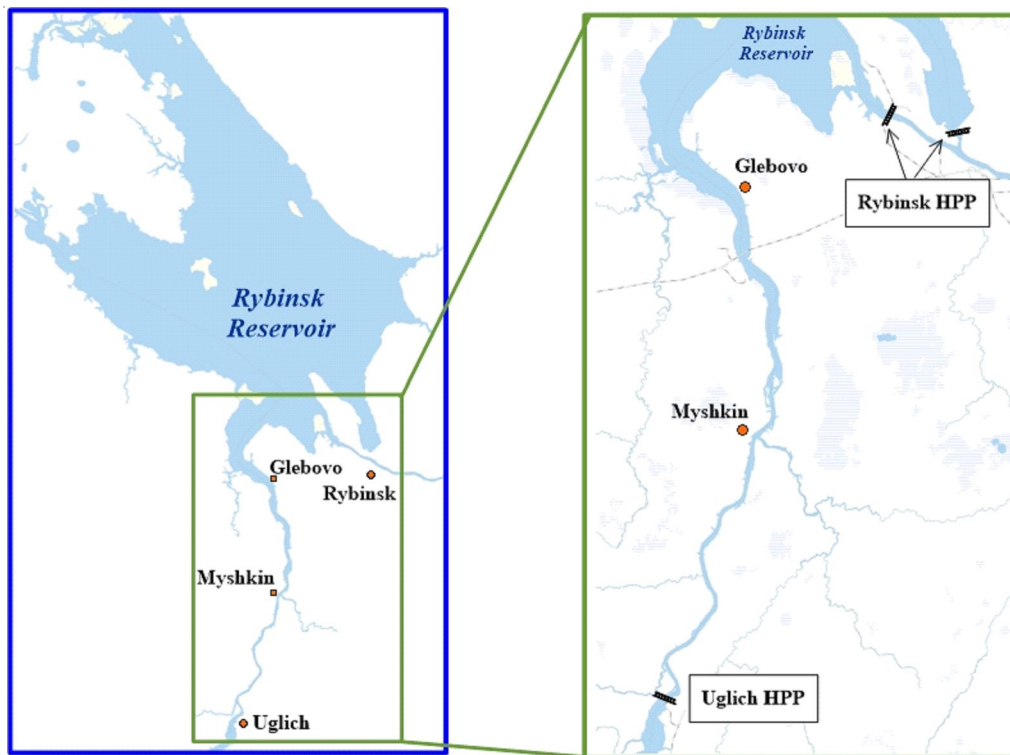


Fig. 1. The map of the region under study includes the Volga River below the Uglich Dam and the Rybinsk Reservoir. The insert contains section of the Volga River on an enlarged scale

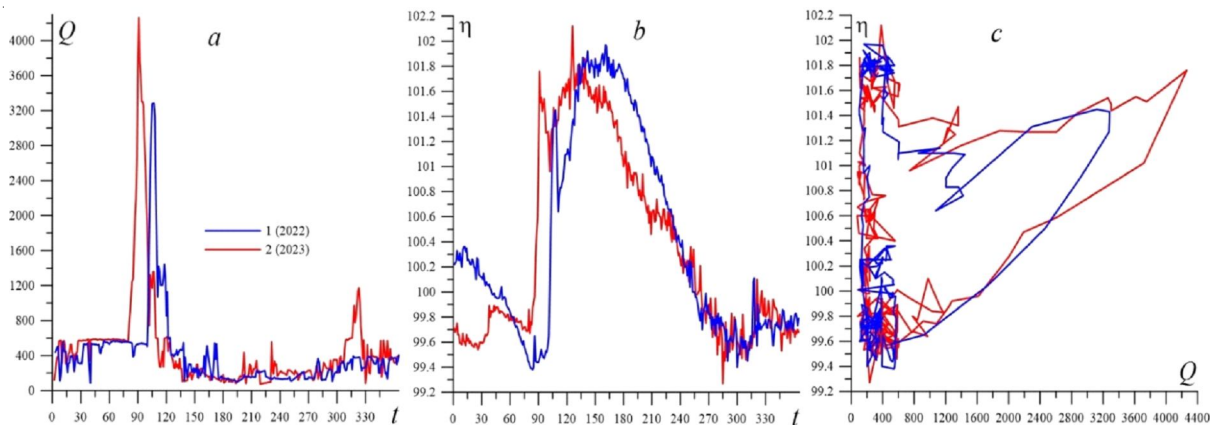


Fig. 2. Dependencies $Q(t)$, $\eta(t)$ and $\eta(Q)$ for the downstream of the Uglich dam in 2022 and 2023

loop in the region of the Q maximum. The green line shows the descending branch of the main hysteresis loop. The purple line at $Q \approx 18000 \text{ m}^3/\text{sec}$ also yields an internal loop for $\eta(Q)$. The subsequent decline in water discharge completes the main loop (light blue line).

Analysis of hysteresis curves

It is convenient to characterize the hysteresis loop by the maximum difference between water levels on the rise and fall branches of $\eta(Q)$, which is designated as $\Delta\eta^{(hys)}$. The width of the hysteresis $\Delta\eta^{(hys)}$ for the Saratov hydroelectric power station is 0.6-1.0 m, which is quite typical for the Volga River in the middle and lower reaches. The value of $\Delta\eta^{(hys)}$ in the upper reaches generally decreases with a decrease in low-water and maximum water flow rates. Small rivers, compared to the Lower Volga, are characterized by lower values of $\Delta\eta^{(hys)}$, as in the case of the Don River with $\Delta\eta^{(hys)} = 15 \text{ cm}$ in the downstream zone of the Tsimlyansk hydroelectric power station [2]. The average

discharge at this dam is $655 \text{ m}^3/\text{sec}$, which is comparable to the Volga regime near Uglich.

The hystereses for the Uglich HPS in the figures 2 have a form that is very different from the dependence in figure 3 for the Saratov HPS. There is an extremely powerful hysteresis with $\Delta\eta^{(hys)} \sim 2 \text{ m}$, and the maximum width $\Delta\eta^{(hys)}$ is achieved at small (low-water) values of $Q^{(D)}$. Such unusual behavior requires special analysis.

Comparison of the time series $Q^{(D)}(t)$ and $\eta(t)$ yields a striking contradiction if we compare panels *a* and *b* in figure 2. The duration of the spring flood for the Uglich HPS with increased water discharge lasts approximately 40 days. The time interval with an increased water level reaches 150 days. Obviously, the behavior of $\eta(t)$ is associated not so much with an increase in Q , but rather reflects other physical factors.

Let us consider in more detail a short time interval from March 20 to April 29, 2024, lasting 40 days (fig. 4). The discharge of water increases approximately 3 times over 15 days and then there is another surge for 5–6 days with a smaller

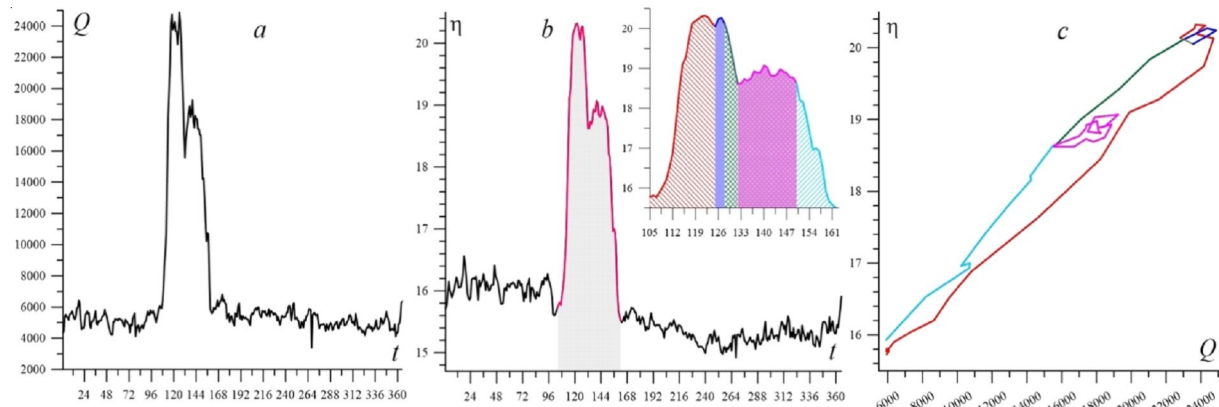


Fig. 3. Example of classical hysteresis for the downstream of the Saratov hydroelectric power station in 2021

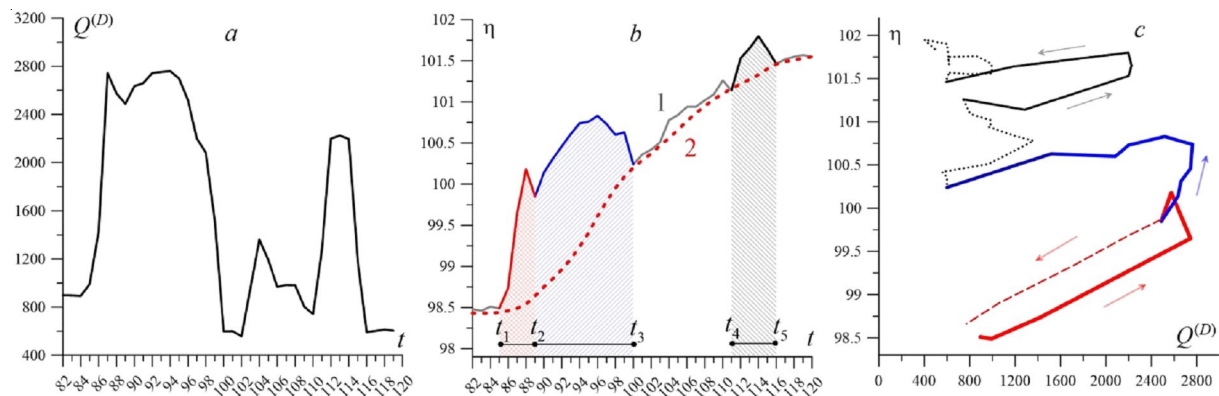


Fig. 4. Dependencies $Q(t)$ (*a*), $\eta(t)$ (*b*) and $\eta(Q)$ (*c*) below the Uglich dam in the period from March 20 to April 29, 2024

amplitude. The corresponding dynamics of the water level $\eta^{(Ugl)}(t)$ is shown by curve 1 (solid line) in figure 4b. The dotted line shows the change in the water level in the upstream of the Rybinsk HPS $\eta^{(Ryb)}(t)$. The distance between these points along the watercourse is approximately 107 km, which consists of 80 km along the riverbed itself and 27 km along the Rybinsk Reservoir. The water levels in the Rybinsk Reservoir and in the downstream of the Uglich hydroelectric power station are very close, forming a kind of single reservoir in terms of the water surface. The hypsometric profile across the Volga River valley confirms this. The discharge due to the difference in levels is often very small, since the volume of water in the reservoir is hundreds of times greater than the water reserves in the river bed in this section. Therefore, the hydrological regime in the Volga section from the Uglich Dam to the beginning of the Rybinsk Reservoir can be determined to a greater extent by the operating mode of the Rybinsk HPS.

Figure 4b allows us to clearly distinguish four states of the downstream of the Uglich HPS in the spring of 2024.

1) The interval $t_1 \leq t \leq t_2$ is characterized by the growth of $\eta^{(Ugl)}(t)$ with almost unchanged $\eta^{(Ryb)}(t)$. The increase in the water level in the downstream is mainly due to the increase in the discharge of water $Q^{(D)}$. This interval is short (4 days), when we have a fairly standard section of the initial hysteresis phase (thick red line in panel c).

2) The second stage begins with the growth of $\eta^{(Ryb)}(t)$ and continues until $\eta^{(Ryb)} \simeq \eta^{(Ugl)}$ is

reached at time t_3 . The corresponding interval $t = (t_2, t_3)$ on the plane $(Q^{(D)}, \eta)$ is highlighted by the thick blue line. This section of the function $\eta(Q^{(D)})$ is strongly influenced by the rising water level in the Rybinsk Reservoir.

3) The interval $t_3 \leq t \leq t_4$ is characterized by the approximate equality $\eta^{(Ugl)} \simeq \eta^{(Ryb)}$ against the background of a general increase in the water level. This means that this effect is entirely due to the filling of the Rybinsk Reservoir, since the hydrograph of the Uglich dam downstream fluctuates near the low-water values. Therefore, the dependence $\eta(Q^{(D)})$ does not reveal a clear hysteresis loop (the black dotted line in figure 4c).

4) The fourth interval $t_4 \leq t \leq t_5$ is interesting due to a short-term increase in the hydrograph to 2200 m³/sec. As a result, there is a slight excess of $\eta^{(Ugl)}$ over $\eta^{(Ryb)}$ by about 0.4 m over an interval of several days. This is manifested by another hysteresis loop, shown by a black thick line in panel b (fig. 5).

The thick red line in figure 5c can be extended by a hypothetical falling branch (dashed red line), which would manifest itself in the absence of the influence of the Rybinsk Reservoir. We try to reconstruct the dependence $\eta(Q)$ by subtracting the non-stationary effect of the Rybinsk Reservoir from $\eta^{(Ugl)}(t)$. The low-water level before t_1 is taken as the zero point for the curve $\delta\eta(t)$. This determines the difference $\delta\eta(t) = \eta^{(Ugl)} - \eta^{(Ryb)}$ provided that $\eta^{(Ugl)}(t_1) = \eta^{(Ryb)}(t_1)$. Figure 5 shows the result of such a restoration of the dependence $\eta(Q)$ if we remove the influence of water level variability in the Rybinsk Reservoir.

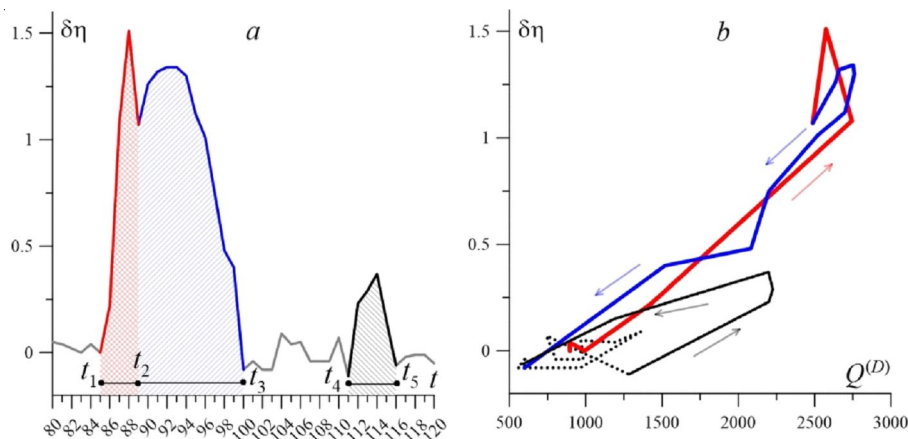


Fig. 5. The result of the reconstruction of the hysteresis loop in 2024

Conclusion and discussion

We have analyzed the hydrological regime in the downstream area of the Uglich Dam on the Volga River. The determining effect of the non-stationary water level in the Rybinsk Reservoir 80 km downstream on the water dynamics in the Uglich area is shown. In fact, the rise in water near the Uglich HPS is controlled by the hydrological state of the reservoir due to the topography of the Volga section between the cities of Uglich and Rybinsk. Reconstruction of natural hysteresis loops for the dependence of water level on water discharge is performed by removing the influence of water level changes in the Rybinsk Reservoir. The actual width of these loops is 10–20 cm, which is apparently typical for rivers with an average discharge of about 300 – 500 m³/sec.

Note that we use the upstream data of the Rybinsk hydroelectric complex, although a more accurate result requires water level measurements in the area where the Volga River flows into the reservoir, for example, near the village of Glebovo or even the city of Myshkin (Yaroslavl Region). Water levels in the reservoir at different points differ due to the fairly large area of the reservoir and two dams of the Rybinsk hydroelectric complex, which somehow affects our estimates. However, there are no measured hydrological data at these points due to the lack of additional gauging stations. Another possibility is to build a numerical hydrodynamic flow model for this entire territory, which is a pressing issue.

The shapes of hysteresis loops are quite sensitive to the accuracy of constructing time series $Q(t)$ and $\eta(t)$, so such features can be a good way to verify hydrodynamic models of river systems [9; 10; 13]. The relevance of such testing is associated with the widespread use of hydrodynamic models to solve a variety of environmental and economic problems [11; 20].

NOTE

¹ This work supported by the Russian Science Foundation (grant no. 23-71-00016, <https://rscf.ru/project/23-71-00016/>).

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-71-00016, <https://rscf.ru/project/23-71-00016/>).

REFERENCES

1. Badnaruk S.E., Diljman N.A., Klenov Ye.M., Chukanov V.V. Ispol'zovanie nomogramm dinamicheskikh ob'emov v imitacionnoj modeli Volzhsko-Kamskogo kaskada vodohranilisch [Usage of Nomograms of Dynamic Volumes in the Simulation Model of the Volga-Kama Cascade of Water Reservoirs]. *Environmental Engineering*, 2017, no. 1, pp. 24-30.
2. Buber A.L., Fedotova E.V. Podbor parametrov ekstrapolyacionnyh krivyh Q/H dlya postov Nizhnego Dona na osnove metodov optimizacii [Selection of Parameters of Extrapolation Curves Q/H for the Lower Don Posts Based on Optimization Methods]. *Forest Reclamation and Ecologically-Hydrological Problems of the Don Catchment Area: National Scientific Conference Materials, Volgograd, October 29-30, Federal Center of Agroecology of RAS*, 2020, p. 595.
3. Fenton J.D. Rating Curves: Part 2-Representation and Approximation. *Proc. Conference on Hydraulic in civil Engineering*. Habart, Institution of Engineering, 2001, pp. 28-30.
4. Fenton J.D., Keller R.J. The Calculation of Streamflow from Measurements of Stage. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. *Report*, 2001, vol. 1, no. 6, p. 84.
5. Fenton J.D. On the Generation of Stream Rating Curves. *Journal of Hydrology*, 2018, vol. 564, pp. 748-757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.025>
6. Graf W.H., Qu Z. Flood Hydrographs in Open Channels. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management. *Thomas Telford Ltd*, 2004, vol. 157, no. 1, pp. 45-52. DOI: <https://doi.org/10.1680/wama.2004.157.1.45>
7. Gorelits O.V., Ermakova G.S., Terskii P.N. Hydrological Regime of the Lower Volga River Under Modern Conditions. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2018, vol. 43, pp. 646-654. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068373918100035>
8. Herschy R.W. Streamflow Measurement. *CRC press*, 2008. 536 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781482265880>
9. Isaeva I.I., Voronin A.A. Models for Managing Hydraulic Projects in Floodplain Areas, Considering the Activity of Economic Entities. *Mathematical Physics and Computer Simulation*, 2024, vol. 27, no. 1, pp. 45-61. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2024.1.2>
10. Khoperskov A.V., Khrapov S.S., Klikunova A.Y., Popov I.E. Efficiency of Using GPUs for Reconstructing the Hydraulic Resistance in River Systems Based on Combination of High Performance Hydrodynamic Simulation and Machine Learning. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 2024, vol. 45, no. 7, pp. 3085-3096. DOI: <https://doi.org/10.1134/S199508022460376X>

11. Khrapov S.S. Numerical Modeling of Self-Consistent Dynamics of Shallow Waters, Traction and Suspended Sediments: II. Study of the Transverse Deformations of the Channel and the Redistribution of Water Discharges Along the Branches of the Volga River During Industrial Sand Mining. *Mathematical Physics and Computer Simulation*, 2022, vol. 25, no. 4, pp. 52-65. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2022.4.5>

12. Muste M., Kim K., Kim D., Fleit G. Decoding the Hysteretic Behavior of Hydraulic Variables in Lowland Rivers with Multivariate Monitoring Approaches. *EarthArXiv eprints*, 2024, pp. X53M5F. DOI: <https://doi.org/10.31223/X53M5F>

13. Klikunova A.Yu., Khoperskov A.V. Calculation of Hydrological Connection Between the Volga River and the Akhtuba River Using Numerical Hydrodynamic Modeling. *St. Petersburg Polytechnic University Journal: Physics and Mathematics*, 2023, vol. 63, no. 1.1, pp. 326-330. DOI: <https://doi.org/10.18721/JPM.161.154>

14. Klikunova A.Yu., Polyakov M.V., Khrapov S.S., Khoperskov A.V. Problem of Building High-Quality Predictive Model of River Hydrology: The Combined Use of Hydrodynamic Simulations and Intelligent. *Communications in Computer and Information Science*, 2023, vol. 1909, pp. 191-205. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3_13

15. Matyugin M.A., Miltsyn D.A. Sovremennye pribory i metody izmereniya rashoda vody v otkrytykh vodotokah [The Modern Devices and Methods of Measurement of Water Discharge in Open Waterways].

Russian Journal of Water Transport, 2015, no. 44, pp. 66-76.

16. Muste M., Lee K., Kim D., et al. Revisiting Hysteresis of Flow Variables in Monitoring Unsteady Streamflows. *Journal of Hydraulic Research*, 2020, vol. 58, no. 6, pp. 867-887. DOI: <https://doi.org/10.1080/00221686.2020.1786742>

17. Orlova V.V. *Gidrometriya* [Hydrometry]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 414 p.

18. Petersen-Overleir A. Modelling Stage-Discharge Relationships Affected by Hysteresis Using the Jones Formula and Nonlinear Regression. *Hydrological Sciences Journal*, 2006, vol. 51, no. 3, pp. 365-388. DOI: <https://doi.org/10.1623/hysj.51.3.365>

19. Sinichenko E.K. Ekstrapolyaciya krivoj svyazi rashodov i urovnej $Q=F(H)$ [Extrapolation of Curve of Relationship of Flowrate and Water Level $Q=F(H)$]. *RUDN Journal of Engineering Research*, 2003, no. 2, pp. 62-66.

20. Solodovnikov D.A., Khavanskaya, N.M., Semenova, D.A., Shilova, N.V. The Influence of Climatic and Hydrological Changes on the Forest-Growing Conditions of the River Floodplains of the Don Basin. *Prirodnye sistemy i resursy*, 2023, vol. 13, no 3, pp. 27-35. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.3.4>

21. Venetis C. A Note on the Estimation of the Parameters in Logarithmic Stage-Discharge Relationships with Estimates of Their Error. *Hydrological Sciences Journal*, 1970, vol. 15, no. 2, pp. 105-111. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667009493957>

Information About the Authors

Ekaterina O. Agafonnikova, Associate Professor, Department Information Systems and Computer Modeling, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, agafonnikova@volsu.ru

Alexander V. Khoperskov, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Department Information Systems and Computer Modeling, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, khoperskov@volsu.ru

Информация об авторах

Екатерина Олеговна Агафонникова, доцент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, agafonnikova@volsu.ru

Александр Валентинович Хоперсков, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем и компьютерного моделирования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, khoperskov@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.

**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 Иванцовой Елене Анатольевне 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>.
