

ISSN 2713-1572

2023

Том 13. № 1

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

Volume 13. No. 1

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

VOLGOGRAD STATE UNIVERSITY

ISSN 2713-1572



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И РЕСУРСЫ**

2023

Том 13. № 1

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

**NATURAL SYSTEMS
AND RESOURCES**

2023

Volume 13. No. 1



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

2023. Vol. 13. No. 1

Academic Periodical

First published in 2011

4 issues a year

Founder:

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

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

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

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

Editorial Staff:

Assoc. Prof., Dr. *E.A. Ivantsova* – Chief Editor (Volgograd)
Prof., Dr. *V.V. Novochadov* – Deputy Chief Editor (Volgograd)
Assoc. Prof., Cand. *P.A. Krylov* – Executive Secretary and Copy Editor (Volgograd)
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. Vorobev* (Tomsk); Prof., Acad. of RAS *I.F. Gorlov* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *P.M. Gzhambetova* (Grozny); Prof., Dr. *S.I. Kolesnikov* (Rostov-on-Don); Prof., Dr., Acad. of RAS *I.P. 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. Tutiuma* (Solyonoye Zaymishche, Astrakhan Oblast); Prof., Dr. *A.V. Khoperskov* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *S.R. Chalov* (Moscow); Prof., Acad. of RAS *A.A. Chibilev* (Orenburg); Prof., Dr. *G.Yu. Yamskikh* (Krasnoyarsk)

Editor of English texts *D.A. Novak*

Making up *E.S. Reshetnikova*

Technical editing *N.M. Vishnyakova,*

N.V. Goreva, E.S. Reshetnikova

Passed for printing Mar. 27, 2023.

Date of publication: June 15, 2023.

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

Conventional printed sheets 4.2. Published pages 4.5.

Number of copies 500 (1st printing 1–28 copies).

Order 60. «C» 10.

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

2023. Т. 13. № 1

Научно-теоретический журнал

Основан в 2011 году

Выходит 4 раза в год

Учредитель:

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

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

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

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

Редакционная коллегия:

д-р с.-х. наук, доц. *Е.А. Иванцова* – главный редактор (г. Волгоград)
д-р мед. наук, проф. *В.В. Новочадов* – зам. главного редактора (г. Волгоград)
канд. биол. наук, доц. *П.А. Крылов* – ответственный и технический секретарь (г. Волгоград)
д-р 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. Юфферев* (г. Волгоград)

Редакционный совет:

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

Редактор английских текстов *Д.А. Новак*

Верстка *Е.С. Решетниковой*

Техническое редактирование *Н.М. Вишняковой,*

Н.В. Горевой, Е.С. Решетниковой

Подписано в печать 27.03 2023 г.

Дата выхода в свет: 15.06 2023 г.

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

Усл. печ. л. 4,2. Уч.-изд. л. 4,5.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–28 экз.). Заказ 60. «С» 10.

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>

Англоз. сайт журнала:

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

- Нгуен М.Т., Иванцова Е.А.* Филлофаги древесных растений в рекреационно-озеленительных насаждениях Волгограда 5
- Мальцев М.В., Сагалаев В.А.* Распространение споробола скрытотычинкового (*Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray) на территории Волгоградской области 12
- Тажмазов Т.М.* Исследование общего количества надземной биомассы в лесах в зависимости от взаимосвязи высоты и диаметра ствола деревьев 17

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Гордиенко О.А., Андреева Д.А.* Морфологические особенности лептосолей и лептиковых почв природного парка «Щербакровский» 24
- Матвеев Ш.* Математико-картографическое моделирование динамики климата Ростовской области по глобальным метеорологическим данным 31
- Мелихова А.В.* Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья 39

CONTENTS

ECOLOGY

- Nguyen M.Ch., Ivantsova E.A.* Phyllophages of Woody Plants in Recreational and Landscaping Plantings of Volgograd 5
- Maltsev M.V., Sagalaev V.A.* Distribution of *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray on the Territory of the Volgograd Region 12
- Tahmazov T.M.* Research of the Total Amount of Aboveground Biomass in Forests Depending on the Relationship Between the Height and Diameter of the Trunk of Trees 17

GEOECOLOGY

- Gordienko O.A., Andreeva D.A.* Morphological Features of Leptosols and Leptic Soils of the Natural Park "Scherbakovsky" 24
- Matveev S.* Mathematical-Cartographic Modeling of Climate Dynamics in the Rostov Region using Global Meteorological Data 31
- Melikhova A.V.* Geoinformation Analysis of the Relief of the Astrakhan Trans-Volga Region 39



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.1>
UDC 632.6:712.4(470.45)
LBC 44.6(2Рос-4Вор)



PHYLLOPHAGES OF WOODY PLANTS IN RECREATIONAL AND LANDSCAPING PLANTINGS OF VOLGOGRAD

Minh Chi Nguyen

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

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article provides general information on the taxonomic composition and features of the quantitative abundance of arthropods-phyllophages of woody plants that form the basis of recreational and landscaping plantings of the urbanized territory of Volgograd. Entomological studies were carried out in 2020–2022 in landscaping plantings of different types and categories by visual inspection of foliage and needles, manual collection of insects and collection by mowing with an entomological net in the spring-summer and summer-autumn periods. As a result of long-term entomological studies, 108 species of phyllophages were identified on the examined tree species. For the most widespread pest species, data on population density, extensiveness and intensity of damage to tree species (elm, poplar, robinia, pine) are presented. The analysis of the taxonomic abundance of phyllophages revealed in the composition of the considered complex, including alien species of insects for the fauna of the region, damaging woody plants in recreational and landscaping plantings.

Key words: species abundance, biodiversity, phyllophages, recreational and landscaping plantings, urbanized territory.

Citation. Nguyen M.Ch., Ivantsova E.A. Phyllophages of Woody Plants in Recreational and Landscaping Plantings 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>

УДК 632.6:712.4(470.45)
ББК 44.6(2Рос-4Вор)

ФИЛЛОФАГИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В РЕКРЕАЦИОННО-ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ВОЛГОГРАДА

Мин Тъи Нгуен

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

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся общие сведения по таксономическому составу и особенностям количественного обилия членистоногих-филлофагов древесных растений, составляющих основу рекре-

ационно-озеленительных насаждений урбанизированной территории Волгограда. Энтомологические исследования проводились в 2020–2022 гг. в озеленительных насаждениях разных типов и категорий путем визуального осмотра листвы и хвои, ручного сбора насекомых и сбора путем кошения энтомологическим сачком в весенне-летний и летне-осенний периоды. В результате многолетних энтомологических исследований на обследованных древесных породах выявлено 108 видов филофагов. Для наиболее широко распространенных видов вредителей представлены данные оценки плотности популяции, экстенсивности и интенсивности повреждения древесных пород (вяз, тополь, робиния, сосна). Анализ таксономического обилия филофагов выявил в составе рассматриваемого комплекса в том числе и чужеродные для фауны региона виды насекомых, повреждающих древесные растения в рекреационно-озеленительных насаждениях.

Ключевые слова: видовое обилие, биоразнообразие, филофаги, рекреационно-озеленительные насаждения, урбанизированная территория.

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

Введение

Зеленые насаждения разных типов и категорий – неотъемлемая часть урбанизированного ландшафта и важнейший элемент экологического каркаса. Они представляют собой специфическую среду обитания для вредителей. Одной из важнейших групп вредителей рекреационно-озеленительных насаждений являются вредные членистоногие [7; 14; 20]. В насаждениях урбанизированной территории, подвергающихся постоянному воздействию комплекса антропогенных факторов, существенный вред древесным растениям наносят вредители ассимиляционного аппарата [1; 5; 6]. Для данных посадок характерно наличие значительного количества ослабленных и усыхающих древесных растений [16; 17; 18]. Это приводит к формированию специфических фаунистических сообществ [1; 2; 3; 4; 10; 11; 12; 13]. В этих сообществах высоким уровнем вредоносности отличаются виды-филофаги. Для рекреационно-озеленительных насаждений Волгограда, расположенного в засушливой зоне, имеются обобщенные сведения о разнообразии вредителей ассимиляционного аппарата в некоторых биоценозах. Однако эти данные не отражают связи видового обилия насекомых с породным составом насаждений.

Настоящая статья отражает результаты исследований по изучению таксономического обилия вредных членистоногих, заселяющих основные древесные породы зеленых насаждений.

Материал и методы исследования

Исследования проводились в 2020–2022 гг. в озеленительных насаждениях разных типов и категорий на урбанизированной территории Волгограда.

Объектами наблюдений являлись древесные породы, составляющие основу посадок – вяз, тополь, робиния, сосна. Работы выполнялись в процессе визуального осмотра листвы и хвои, путем ручного сбора энтомологического материала, кошения энтомологическим сачком и по характерным повреждениям [8; 9; 15]. Учеты осуществляли в весенне-летний (II декада мая – начало июня) и летне-осенний (II декада августа – сентябрь) периоды.

Для наиболее широко распространенных видов вредителей оценивали плотность популяции, экстенсивность и интенсивность повреждения древесных растений с использованием методики А.В. Селиховкина [19].

Результаты и их обсуждение

В результате наблюдений на обследованных древесных породах выявлено 108 видов филофагов (см. таблицу). Эти виды членистоногих относятся к 5 отрядам, 29 семействам насекомых, а также 6 видам растительноядных клещей.

Доминирующее положение в составе фауны занимает отряд *Lepidoptera* (43 вида, 39,9 % от общего видового обилия филофагов). Видовое обилие семейств чешуекрылых варь-

ируется. Более богато представлены семейства *Gracillariidae* и *Geometridae* (по 6 видов, 5,6 % в каждом). *Tortricidae* и *Limantriidae* включают по 5 видов (4,6 %). Наиболее распространены в рекреационно-озеленительных насаждениях Волгограда следующие виды чешуекрылых: моль пестрянки вязолистная *Phyllonorycter ulmifoliella* (Hübner, 1817), пестрая вязовая пяденица *Abraxas (Calospilos) sylvata* (Scopoli, 1763), вязовая плоская листовертка *Acleris boscanoides* (Razowski, 1959), осиновая узорчатая моль *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834), тополевая нижнесторонняя моль *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833), тополевая листовертка *Gypsonoma minutana* (Hubner, 1799), ивовая волнянка *Leucoma salicis* (Linnaeus, 1758), моль белоакациевая минирующая односторонняя

Phyllonorycter robiniella (Clemens, 1859), моль-пестрянки белоакациевая *Parectopa robiniella* (Clemens, 1863), *Lobesia (Lobesia) reliquana* (Hübner, 1825), сосновая пяденица *Bupaluspiniaria* (Linnaeus, 1758).

Второе место по представленности видов занимает отряд *Hemiptera* – 19 видов (17,6 % от общего видового обилия филлофагов). Среди полужесткокрылых более разнообразно семейство *Aphididae* – 16 видов (14,8 %). Типичными, часто встречающимися обитателями основных древесных пород, произрастающих в насаждениях Волгограда, являются тли – спиральная тополевая *Pemphigus (Pemphigus) spyrothecae* (Passerini, 1860), карагановая (акациевая) большая *Acyrtosiphon caraganae* (Cholodkovsky, 1907), вязовая бледная *Kaltenbachella pallida*

Таксономическая структура населения членистоногих

Класс, отряд	Семейство	Число	
		родов	видов
Класс Insecta			
Homoptera	Cicadellidae	4	5
Hemiptera	Coccidae	1	1
	Psyllidae	1	2
	Aphididae	10	16
Coleoptera	Chrysomelidae	7	7
	Attelabidae	1	1
	Rhynchitidae	1	2
	Curculionidae	2	2
Hymenoptera	Argidae	1	1
	Diprionidae	3	3
	Tenthredinidae	5	5
	Pamphiliidae	2	3
	Megachilidae	1	1
Lepidoptera	Nepticulidae	1	4
	Gracillariidae	2	6
	Pyralidae	1	1
	Lycaenidae	1	1
	Tortricidae	4	5
	Coleophoridae	1	1
	Nymphalidae	1	1
	Geometridae	6	6
	Lasiocampidae	3	3
	Lymantriidae	4	5
	Noctuidae	4	4
	Sphingidae	2	2
	Notodontidae	3	3
Arctiidae	1	1	
Diptera	Cecidomyiidae	6	8
	Agromyzidae	2	2
Класс Arachnida			
Acariformes	Eriophyidae	3	6
Всего		83	108

(Haliday, 1838), вязовая *Tinocallis (Eotinocallis) platani* (Kaltenbach, 1843), *Thecabius (Parathecabius) lysimachiae* (Börner, 1916) и листовой пемфигус *Pemphigus (Pemphiginus) populi* (Courchet, 1879).

Более беден таксономический состав отрядов *Hymenoptera* (13 видов, или 12,0 % от общего видового обилия филлофагов) и *Coleoptera* (12 видов, или 11,1 % от общего видового обилия).

Группа широко распространенных перепончатокрылых включает такие виды пилильщиков, как вязовый минирующий *Fenusa ulmi* (Sundevall, 1844), *Fenus ellanana* (Klug, 1816), ильмовый *Cladius ulmi* (Linnaeus, 1758), тополевый точечный *Pristiphora conjugata* (Dahlbom, 1835); белоакациевый *Nematus tibialis* (Newman, 1837); рыжий сосновый *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785), красно-головой пилильщик-ткач *Acantholyda erythrocephala* (Linnaeus, 1758) и пр.

Из жесткокрылых членистоногих на обследованных деревьях постоянно встречаются листоеды – ильмовый *Xanthogaleruca luteola* (Muller 1776), тополевый *Chrysomela populi* (Linnaeus, 1758), минирующий желтошейный *Zeugophora flavicollis* (Marshall, 1802), тополевый скрытоголов *Cryptocephalus populi* (Suffrian, 1848) и *Cryptocephaluschrysopeus* (Gmelin, 1790).

Отряд *Diptera* представлен 10 видами (9,3 % от общего видового обилия филлофагов). Среди них доминирует по составу семейство *Cecidomyiidae* – 8 видов (7,4 %). Часто встречаемые виды вредителей – это галлицы – вязовая *Janetiella nervicola* (Kieffer, 1909), осиновая тонкостенная *Harmandia populi* (Róbsaamen, 1917), белоакациевая листовая *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847).

Среди насекомых наименьшим видовым разнообразием отличается отряд *Homoptera* – 5 видов (4,6 % от общего видового обилия филлофагов). Из них более распространенными и многочисленными являются цикадки – зеленая *Cicadella viridis* (Linnaeus, 1758) и ильмовая *Tupholocyba ulmi* (Linnaeus, 1758).

Анализ таксономического обилия филлофагов выявил в составе рассматриваемого комплекса чужеродные для фауны региона

виды насекомых, повреждающих древесные растения в рекреационно-озеленительных насаждениях. К ним относятся – из числа представителей отряда *Lepidoptera* (сем. *Gracillariidae*) белоакациевая моль-пестрянка *Parectopa robiniella* (Clemens, 1863) и белоакациевая минирующая односторонняя *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859). Среди насекомых отряда *Coleoptera* – ильмовый листоед *Xanthogaleruca luteola* (Muller 1776) (сем. *Chrysomelidae*), *Orchestes steppensis* (Korotyaev, 2016) (сем. *Curculionidae*). В числе видов из отряда *Hymenoptera* – ильмовый пилильщик-зигзаг *Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939) (сем. *Argidae*), белоакациевый пилильщик *Nematus tibialis* (Newman, 1837) (сем. *Tenthredinidae*). И их представителей отряда *Diptera* белоакациевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847) (сем. *Cecidomyiidae*).

Среди филлофагов инвайдеров наиболее распространен специфический вредитель вяза *Xanthogaleruca luteola*. Данный филлофаг регулярно дает вспышки массового размножения, длящиеся по 5–8 лет (Серый, 2009; Белицкая, Грибуст, Филимонова, 2021). В городских посадках (парки, скверы, уличные, внутриквартальные) количественное обилие вредителя в годы исследований было максимальным. Степень дефолиации крон деревьев при этом достигала 80–100 %. В пригородных насаждениях этот показатель не превышал 6–8 %, тогда как в защитных лесных полосах встречались лишь единичные особи листоеда. Показатели встречаемости и количественного обилия вида *Obolodiplosis robiniae* в годы исследований были значительно ниже. Локальные очаги данного вредителя приурочены к насаждениям с высоким уровнем рекреационной нагрузки и посадкам, подверженным сильному техногенному загрязнению воздуха. На деревьях робинии (Набережная 62 Армии, Центральный район г. Волгограда) в 2020 г. плотность популяции белоакациевой галлицы колебалась на уровне 2–5 галлов на один простой листочек. При этом на деревьях галлицей были заселены более 70 % листьев. Аналогичная ситуация была зафиксирована в посадках вдоль автотрасс с интенсивным движением транспорта.

Заключение

В результате многолетних энтомологических исследований на обследованных древесных породах выявлено 108 видов филлофагов, принадлежащих к 5 отрядам, 29 семействам насекомых, и 6 видов растительноядных клещей. Доминирующее положение в составе фауны занимает отряд *Lepidoptera* (43 вида, 39,9 % от общего видового обилия филлофагов), наименьшим видовым разнообразием отличается отряд *Homoptera* – 5 видов, или 4,6 % от общего видового обилия филлофагов. Анализ таксономического обилия филлофагов выявил в составе рассматриваемого комплекса чужеродные для фауны региона виды насекомых, повреждающих древесные растения в рекреационно-озеленительных насаждениях – *Parctopa robiniella* (Clemens, 1863), *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859), *Xanthogaleruca luteola* (Muller 1776), *Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939), *Nematus tibialis* (Newman, 1837), *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкина, Л. Г. Закономерности формирования видового состава насекомых в разных зонах промышленного загрязнения фторсодержащими поллютантами / Л. Г. Бабушкина, В. И. Пономарев, Г. И. Клобуков // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2010. – № 5. – С. 18–24.
2. Белицкая, М. Н. Структура энтомофауны ползащитных насаждений / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2014. – Вып. 207. – С. 84–95.
3. Белицкая, М. Н. Состав и структура энтомофауны зеленых насаждений урбанизированных территорий / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст, Е. Э. Нефедьева // Вестник НГАУ. – 2018. – № 2 (47). – С. 7–18.
4. Белицкая, М. Н. Фауна энтомофагов в лесоаграрных ландшафтах аридной зоны / М. Н. Белицкая, Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2012. – № 2 (4). – С. 50–55.
5. Белов, Д. А. Роль дендрофильных членистоногих в городских экосистемах / Д. А. Белов // Лесной вестник. – 2013. – № 6. – С. 31–37.
6. Белов, Д. А. Состояние насаждений на бульварном кольце г. Москвы / Д. А. Белов, Н.К. Белова // Вестник Московского государственного универ-

ситета леса, Лесной вестник. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 152–161.

7. Богачева, И. А. Сообщества насекомых-филлофагов зеленых насаждений Екатеринбурга на разных видах растений родов *Malus*, *Padus*, *Salix* / И. А. Богачева // Вестник Удмуртского университета. – 2014. – Вып. 4. – С. 56–61.

8. Гусев, В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников / В. И. Гусев. – М. : Лесная промышленность, 1984. – 472 с.

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

10. Ельникова, Ю. С. Особенности размещения насекомых в зеленых насаждениях Волгограда / Ю. С. Ельникова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – Вып. 196. – С. 139–145.

11. 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.

12. Иванцова, Е. А. Влияние лесных полос на численность и распределение энтомофауны / Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2006. – № 4 (4). – С. 46–50.

13. Иванцова, Е. А. Зоогеографическая структура и формирование энтомаунистических сообществ агролесоландшафтов степной зоны Нижнего Поволжья / Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1 (29). – С. 85–90.

14. Мамаев, Н. А. Вторая вспышка размножения тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* в Санкт-Петербурге / Н. А. Мамаев, А. В. Селиховкин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2020. – Вып. 233. – С. 81–94.

15. Наставление по организации лесопатологического мониторинга в лесах России. – Волгоград : ВНИИЛМИ, 2001. – 86 с.

16. 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 : Изд-во ВолГУ, 2015. – С. 350–356.

17. 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.

18. 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.

19. Селиховкин, А. В. Могут ли вспышки массового размножения насекомых–дендрофагов оказать существенное влияние на состояние биосферы? / А. В. Селиховкин // Биосфера. – 2009. – № 1. – С. 72–81.

20. Turmuhametova, N. Assessment of Deciduous Trees State and Phyllophagous Composition in Yoshkar-Ola / N. Turmuhametova // Samara Journal of Science. – 2017. – № 6. – P. 80–84.

REFERENCES

1. Babushkina L.G., Babushkina L.G., Ponomarev V.I. Zakonomernosti formirovaniya vidovogo sostava nasekomyh v raznyh zonah promyshlennogo zagryazneniya ftorsoderzhashchimi pollyutantami [Patterns of Formation of Insect Species Composition in Different Zones of Industrial Pollution with Fluorinated Pollutants]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Magazine], 2010, no. 5, pp. 18-24.

2. Belickaya M.N., Gribust I.R. Struktura entomofauny polezashchitnyh nasazhdenij [Structure of the Entomofauna of Protective Plantings]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy], 2014, vol. 207, pp. 84-95.

3. Belickaya M.N., Gribust I.R., Nefed'eva E.E. Sostav i struktura entomofauny zelenyh nasazhdenij urbanizirovannyh territorij [Composition and Structure of Entomofauna of Green Spaces of Urbanized Territories]. *Vestnik NGAU* [Bulletin of the NGAU], 2018, no. 2 (47), pp. 7-18.

4. Belickaya M.N., Ivantsova E.A. Fauna entomofagov v lesoagrarnykh landshaftah aridnoy zony [Fauna of Entomophages in the Forest-Agrarian Landscapes of the Arid Zone]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 11: Natural Sciences], 2012, no. 2 (4), pp. 50-55.

5. Belov D.A. Rol' dendrofil'nyh chlenistonogih v gorodskih ekosistemah [The Role of Dendrophilous Arthropods in Urban Ecosystems]. *Lesnoj vestnik* [Forest Bulletin], 2013, no. 6, pp. 31-37.

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

7. Bogacheva I.A. Soobshchestva nasekomyh-fillofagov zelenyh nasazhdenij Ekaterinburga na raznyh vidah rastenij rodov Malus, Padus, Salix [Communities of Insect Phyllophages of Yekaterinburg Green Spaces on Different Plant Species of the Genera Malus, Padus, Salix]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of the Udmurt University], 2014, vol. 4, pp. 56-61.

8. Gusev V.I. *Opredelitel' povrezhdenij lesnyh, dekorativnyh i plodovyh derev'ev i kustarnikov* [Determinant of Damage to Forest, Ornamental and Fruit Trees and Shrubs]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 472 p.

9. Dunaev E.A. *Metody ekologo-entomologicheskikh issledovanij* [Methods of Ecological and Entomological Research]. Moscow, MosgorSYUN, 1997. 44 p.

10. El'nikova Yu.S. Osobennosti razmeshcheniya nasekomyh v zelenyh nasazhdeniyah Volgograda [Features of Insect Placement in Volgograd Green Spaces]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy], 2011, vol. 196, pp. 139-145.

11. Ivantsova E.A. Agroekologicheskoe znachenie zashchitnyh lesnyh nasazhdenij v Nizhnem Povolzh'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. Series 11: Natural Sciences], 2014, no. 4 (10), pp. 40-47.

12. Ivantsova E.A. Vliyanie lesnyh polos na chislennost' i raspredelenie entomofauny [Influence of Forest Strips on the Number and Distribution of Entomofauna]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy Complex: Science and Higher Professional Education], 2006, no. 4 (4), pp. 46-50.

13. Ivantsova E.A. Zoogeograficheskaya struktura i formirovanie entomaunisticheskikh soobshchestv agrolesolandshaftov stepnoy zony Nizhnego Povolzh'ya [Zoogeographic Structure and Formation of Entomaunistic Communities of Agroforestry Landscapes of the Steppe Zone of the Lower Volga Region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee*

professional'noe obrazovanie [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy Complex: Science and Higher Professional Education], 2013, no. 1 (29), pp. 85-90.

14. Mamaev N.A., Selihovkin A.V. Vtoraya vspyshka razmnozheniya topolyovoj nizhnestoronnej moli-pestryanki Phyllonorycter populifoliella v Sankt-Peterburge [The Second Outbreak of Reproduction of the Poplar Lower-Sided Moth-Moth Phyllonorycter Populifoliella in St. Petersburg]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy], 2020, vol. 233, pp. 81-94.

15. *Nastavlenie po organizacii lesopatologicheskogo monitoringa v lesah Rossii* [Instruction on the Organization of Forest Pathology Monitoring in the Forests of Russia]. Volgograd, VNIILMI, 2001. 86 p.

16. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Vozdejstvie antropogennoj nagruzki na nasazhdeniya v funkcional'nyh zonah urbanizirovannoj 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.

17. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Komp'yuternoe kartografirovanie sohrannosti zelenyh nasazhdenij v gorodskih landshaftah [Computer Mapping of the Preservation of Green Spaces in Urban Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 134-140.

18. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie zelenyh nasazhdenij v promyshlennoj zone g. Volgograda [The State of Green Spaces in the Industrial Zone of Volgograd]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 119-127.

19. Selihovkin A.V. Mogut li vspyshki massovogo razmnozheniya nasekomyh-dendrofagov okazat' sushchestvennoe vliyanie na sostoyanie biosfery? [Can Outbreaks of Mass Reproduction of Dendrophage Insects have a Significant Impact on the State of the Biosphere?]. *Biosfera* [Biosphere], 2009, no. 1, pp. 72-81.

20. Turmuhametova N. Assessment of Deciduous Trees State and Phyllophagous Composition in Yoshkar-Ola. *Samara Journal of Science*, 2017, no. 6, pp. 80-84.

Information About the Authors

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

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

Информация об авторах

Мин Тъи Нгуен, аспирант, кафедра экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; аспирант, Строительный университет Мьентрунга, провинция Пхууен, Нгуен Ду, 24, г. Туй-хоа, Вьетнам, saothang1086@gmail.com

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



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.2>

UDC 574.9:581.524.2

LBC 28.58

DISTRIBUTION OF *SPOROBOLUS CRYPTANDRUS* (TORR.) A. GRAY ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD REGION

Mikhail V. Maltsev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Vadim A. Sagalaev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray was noted in floristic finds in the Volgograd region a little over 30 years ago. Apparently, it was brought along with imported grain material, because the first finds are confined to agricultural land. Since then, this adventitious grass has begun to actively spread in the south of Russia. This article provides updated information on the findings of plant communities dominated by *Sporobolus cryptandrus* in the Volgograd region. This material allows us to determine the trends in the distribution of invasive grass in the region and significantly supplement the forecasts of the dispersal of *Sporobolus cryptandrus* in southern Russia. In the course of field research, the authors discovered new, previously not noted in the literature, habitats of *Sporobolus cryptandrus* to the north and east of the known boundaries. All discovered populations are subject to description. They carry out geobotanical descriptions that are accumulated in an electronic database. The descriptions contain GPS coordinates, detailed ecological characteristics, and a list of higher vascular plants from the floristic environment of *Sporobolus cryptandrus*, indicating abundance and projective coverage. In the course of the analysis of the obtained data, the authors determined the main directions and methods of dispersal *Sporobolus skrytostamens*. Plant communities, dominated by *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray, demonstrate high distribution dynamics. Intruding into ruderal plant communities of disturbed sandy soils and into natural phytocenoses of sandy steppes and riverine sandy terraces, this adventive North American species has a serious potential to irreversibly change the appearance of psammophytic plant communities in the Volgograd region and southern Russia as a whole.

Key words: *Sporobolus cryptandrus*, Volgograd region, adventitious species, invasion, dispersal.

Citation. Maltsev M.V., Sagalaev V.A. Distribution of *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray on the Territory of the Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 12-16. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.2>

УДК 574.9:581.524.2

ББК 28.58

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПОРОБОЛА СКРЫТОТЫЧИНКОВОГО (*SPOROBOLUS CRYPTANDRUS* (TORR.) A. GRAY) НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Михаил Васильевич Мальцев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Вадим Александрович Сагалаев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Споробол скрытотычинковый *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray был отмечен в флористических находках по Волгоградской области чуть более 30 лет назад. По всей видимости он был занесен

вместе с импортными зерновым материалом, так как первые находки приурочены к сельскохозяйственным угодьям. С тех пор этот адвентивный злак начал активно распространяться по югу России. В данной статье представлена актуализированная информация о находках растительных сообществ с доминированием *Sporobolus cryptandrus* на территории Волгоградской области. Данный материал позволяет определить тенденции распространения инвазивного злака в регионе и существенно дополнить прогнозы расселения *Sporobolus cryptandrus* по югу России. В ходе полевых исследований авторы обнаружили новые, ранее не отмеченные в литературе местообитания *Sporobolus cryptandrus* к северу и востоку от известных границ. Все обнаруженные популяции подвергаются описанию. На них выполняются геоботанические описания которые аккумулируются в электронной базе данных. Описания содержат GPS-координаты, детальную экологическую характеристику и перечень высших сосудистых растений из флористического окружения *Sporobolus cryptandrus* с указанием облия и проективного покрытия. В ходе анализа полученных данных авторами определены основные направления и способы расселения споробола скрытотычинкового. Растительные сообщества с доминированием *Sporobolus cryptandrus* (Торр.) А. Gray демонстрируют высокую динамику распространения. Внедряясь в рудеральные растительные сообщества нарушенных песчаных почв, и в естественные фитоценозы песчаных степей и приречных песчаных террас, этот адвентивный североамериканский вид имеет серьезный потенциал необратимо изменить облик псаммофитных растительных сообществ Волгоградской области и юга России в целом.

Ключевые слова: *Sporobolus cryptandrus*, Волгоградская область, адвентивные виды, инвазия, расселение.

Цитирование. Мальцев М. В., Сагалаев В. А. Распространение споробола скрытотычинкового (*Sporobolus cryptandrus* (Торр.) А. Gray) на территории Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 12–16. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.2>

Введение. Споробол скрытотычинковый *Sporobolus cryptandrus* (Торр.) А. Gray (см. рисунок А) – незамысловатый обитатель прерий Североамериканского континента. Почти 100 лет назад занесенный в Европу этот дерновинный злак занимает песчаные почвы. Являясь агрофитом, видом способным проникать в естественные растительные сообщества и приспосабливаться к новым условиям, на юге России он появился ввезенный с импортным зерном и постепенно распространился по областям региона. В Волгоградской области первые находки датируются 1988 годом. С этого момента начали отмечаться массовые инвазии споробола в основном по левобережью Волги. Хотя позднее были находки и на правом берегу. Волгоградского водохранилища [1; 2; 3; 5].

Основные направления расселения споробола в нашей области соответствуют крупным водотокам и крупным автомобильным трассам. Если в первом случае водотоки сопровождаются излюбленными местообитаниями споробола – песчаными надпойменными террасами и приречными песками, то во втором случае речь идет о путях расселения приуроченных к маршрутам грузовых автомобилей, перевозящих зерно. Однако в последние годы нами отмечена тенденция к распрост-

ранению *S. cryptandrus* водным путем. Именно такой способ распространения объясняет находки споробола на приречных песчаных террасах вдоль р. Ахтуба и на о. Сарпинском [4]. Тем не менее некоторые новые находки трудно объяснить одним из перечисленных способов распространения. Целью данной работы является актуализация современных границ распространения сообществ с доминированием *S. cryptandrus* на территории Волгоградской области.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили данные о находках растительных сообществ с доминированием *S. cryptandrus* на территории Волгоградской области. Для каждой новой находки фиксировались GPS-координаты и выполнялись геоботанические описания в рамках эколого-флористического подхода. Все описания аккумулировали в электронной базе данных на основе программы TURBOVEG [6].

Результаты и их обсуждение. К настоящему моменту в базе данных имеются координаты и описания более чем 50 находок *S. cryptandrus* объединенных в 9 локаций:

1. Город Волгоград и его ближайшие окрестности. Находки *S. cryptandrus* приурочены к нарушенным песчаным субстратам вдоль дорог, в центральной части города; вблизи и на

территории кладбищ (Ворошиловское и старое Красноармейское). *S. cryptandrus* активно распространялся после завершения строительства и реконструкции крупных транспортных артерий города, особенно там, куда завозили песок в строительных целях.

2. Волго-Ахтубинская пойма. Сообщества с *S. cryptandrus* встречены нами на приречных песчаных террасах вдоль р. Ахтуба от о. Зеленый до п. Заяр. Значительные по

площади массивы заняты *S. cryptandrus* в незатопляемой пойме, отгороженной прирусловым песчаным валом от р. Ахтуба около г. Волжский. Это выравненные однообразные местообитания, занимаемые флористически бедными сообществами, от 6 до 11 видов в описании (см. рисунок Б).

3. Остров Сарпинский. Несколько находок на приречных песчаных террасах (см. рисунок В) и переработанных эоловыми процесса-



Сообщества с доминированием *S. cryptandrus*:

А – общий вид; Б – на берегу р. Ахтуба; В – на о. Сарпинский;
Г – у дороги севернее с. Верхняя Добринка Камышинского района; Д – у п. Эльтон

ми песчаных буграх в центральной части острова. Бедные сообщества от 7 до 14 видов на пробной площадке. Вероятно распространение на острове осуществляется с крупнорогатым скотом. Но вопреки ожиданиям споробол не обнаружен на северной части острова, где, казалось бы, созданы идеальные условия для его обитания.

4. Песчаные участки левобережья р. Дон. Находки на окраине х. Байбаев и вблизи с. Лог. По всей видимости, там *S. cryptandrus* тяготеет к нарушенным участкам песчаных почв близ бахчей.

5. Бассейн р. Иловля. Находки близ х. Александровка на песчаных террасах. В целом соответствует предыдущей локации. В этих бедных сообществах с доминированием *S. cryptandrus* обычно встречается от 9 до 11 видов.

6. Дубовский район. Находки на правом берегу Волгоградского водохранилища. Занимают сбитые степные участки террас вдоль берега Волгоградского водохранилища и обочины дорог.

7. Город Камышин. Находки на песчаных массивах вдоль трассы на окраине города и на объездной трассе. Сообщества приурочены к нарушенным песчаным субстратам и включают до 15 видов.

8. Север Камышинского района. Две находки на трассе севернее Терновки и севернее Верхней Добринки. Самая северная из обнаруженных популяций *S. cryptandrus* (см. рисунок Г). Сообщества с доминированием *S. cryptandrus* занимают исключительно обочину дороги. Относительно богатые видами сообщества в сравнении с типичными для *S. cryptandrus*.

9. Окрестности п. Эльтон. Находки в песчаном карьере севернее поселка. Это самая восточная точка, известная нам на территории России. Сообщества с доминированием *S. cryptandrus* занимали преимущественно дно старого карьера (см. рисунок Д). Видовой состав сообществ до 25 видов.

Заключение. В период с первого случая обнаружения *S. cryptandrus* значительно распространился по области. В данной статье мы лишь отметили основные локации массового распространения и направления его перемещения, не приводя подробного анализа

геоботанических описаний обнаруженных нами сообществ с доминированием *S. cryptandrus*.

По всей видимости, находок новых популяций споробола будет с каждым годом все больше. *S. cryptandrus* повсеместно проникает в однотипные псаммофитные сообщества с доминированием дерновинных злаков, быстро становясь содоминантом и в последствии образуя монодоминантные сообщества.

Важно отметить, что пока распространение *S. cryptandrus* не несет прямой угрозы редким или реликтовым видам сосудистых растений. Но такая инвазия может оказаться гораздо страшнее в перспективе, необратимо изменяя естественные для нашего региона фитоценозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Ю. Е. *Sporobolus cryptandrus* (Тогг.) Gray (Gramineae) – новый адвентивный вид во флоре России и бывшего СССР / Ю. Е. Алексеев, В. Н. Павлов, В. А. Сагалаев // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1996. – Т. 101, вып. 5. – С. 98–102.
2. Куваев, А. В. Флористические находки в Калмыкии / А. В. Куваев, Н. Ю. Степанова // Сообщение 4. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2014. – Т. 119, вып. 3. – С. 71–72.
3. Мальцев, М. В. Псаммофитное сообщество с доминированием *Sporobolus cryptandrus* (Тогг.) Gray / М. В. Мальцев, Ю. Ю. Кулакова, А. В. Попов // Экологический сборник 6: труды молодых ученых Поволжья : Междунар. молодеж. науч. конф. – Тольятти : ИЭВБ РАН : Кассандра, 2017. – С. 245–249.
4. Мальцев, М. В. Сообщества *Sporobolus cryptandrus* (Тогг.) Gray на территории северной части Волго-Ахтубинской поймы / М. В. Мальцев, В. А. Сагалаев // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 5–14. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.1>
5. Сагалаев, В. А. Инвазивные виды растений в аридных экосистемах Юго-Востока европейской России / В. А. Сагалаев // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья : материалы IV Междунар. конф. Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2012. – С. 173–176.
6. Hennekens, S. M. TURBO(VEG). Software Package for Input, Processing and Presentation of

Phytosociological Data. Users Guide. Version July 1996. – Lancaster : IBN-DLO, 1996. – 52 p.

REFERENCES

1. Alekseyev Yu. Ye. Pavlov V.N., Sagalayev V.A. *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) Gray (Gramineae) – novyy adventivnyy vid vo flore Rossii i byvshego SSSR [Sporobolus cryptandrus (Torr.) Gray (Gramineae) – A New Adventive Species in the Flora of Russia and the Former USSR] *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii* [Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody Otdel Biologicheskii], 1996, vol. 101, no. 5, pp. 98-102.
2. Kuvayev A.V., Stepanova N.Yu. Floristicheskiye nakhodki v Kalmykii. Soobshcheniye 4 [Floristic Finds in Kalmykia. Message 4]. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii* [Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody Otdel Biologicheskii], 2014, vol. 119, no. 3, pp. 71-72.
3. Maltsev M.V., Kulakova Iu.Iu., Popov A.V. Psammofitnoe soobshchestvo s dominirovaniem *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) Gray [Psammophyte Community with Dominance of *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) Gray]. *Ekologicheskii sbornik 6: trudy molodykh uchenykh Povolzhia: Mezhdunar. molodezh. nauch. konf. [Ecological Collection 6: Works of Young Scientists of the Volga Region: International Youth Scientific Conference]*. Toliatti, IEVBRAN, Kassandra Publ., 2017, pp. 245-249.
4. Maltsev M.V., Sagalae V.A. Soobshchestva *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) Gray na territorii severnoi chasti Volgo-Akhtubinskoi poimy [Communities of *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) Gray in the Northern Part of the Volga-Akhtuba Floodplain]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources]. Volgograd, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 5-14. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.1>
5. Sagalae V.A. Invazivnye vidy rastenii v aridnykh ekosistemakh Iugo-Vostoka evropeiskoi Rossii [Invasive Plant Species in Arid Ecosystems of the South-East of European Russia]. *Problemy izucheniia adventivnoi i sinantropnoi flor Rossii i stran blizhnego zarubezhia: materialy IV mezhdunarodnoi konferentsii* [Problems of Studying the Adventive and Synanthropic Floras of Russia and Neighboring Countries: Materials of the IV International Conference]. Izhevsk, In-t kompyuter. issled., 2012, pp. 173-176.
6. Hennekens S.M. *TURBO(VEG). Software Package for Input, Processing and Presentation of Phytosociological Data. Users Guide. Version July 1996*. Lancaster, IBN-DLO, 1996. 52 p.

Information About the Authors

Mikhail V. Maltsev, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, maltsev@volsu.ru

Vadim A. Sagalae V., Doctor of Sciences (Biology), Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, alex_sag@mail.ru

Информация об авторах

Михаил Васильевич Мальцев, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, maltsev@volsu.ru

Вадим Александрович Сагалаев, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, alex_sag@mail.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.3>

UDC 581.552

LBC 28.580.569

RESEARCH OF THE TOTAL AMOUNT OF ABOVEGROUND BIOMASS IN FORESTS DEPENDING ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE HEIGHT AND DIAMETER OF THE TRUNK OF TREES

Tabriz M. Tahmazov

National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan

Abstract. The purpose of this study is to clarify the conditions for achieving the minimum total amount of aboveground biomass in forests, depending on such indicators as stem diameter and tree height. The aboveground biomass contained in forests makes up the bulk of the total biomass available in the forest ecosystem and makes it possible to determine the rate of change in the state of forests. This indicator also plays an important role in the planning of forestry activities. The amount of biomass in forests is of paramount importance when calculating the loss to the ecosystem that is formed due to degradation and deforestation, which ultimately leads to the generation of an additional amount of CO₂, which is the main greenhouse gas. In this study, the dependence of the total amount of biomass in forests on such indicators as tree height and trunk diameter has been studied. A zonal model of forest development is proposed and on this basis a target functional is formed in two variants corresponding to the known expressions of the dependence of the total amount of aboveground forest biomass on the above-mentioned tree indicators. Optimization problems are formulated taking into account additional restrictive conditions imposed on the functional dependence of the trunk diameter on the height of the tree. The solution of optimization problems, using the method of unconditional variational optimization, showed that the total amount of biomass in forests reaches a minimum in the presence of an inverse dependence of the trunk diameter on the height of trees. The results of the study allow us to determine a guaranteed minimum of biomass in forests, which in the future would lead to increased forest protection measures, to a more accurate assessment of the potential of forests to accumulate carbon.

Key words: forest, biomass, trunk of a tree, optimization, measurements.

Citation. Tahmazov T.M. Research of the Total Amount of Aboveground Biomass in Forests Depending on the Relationship Between the Height and Diameter of the Trunk of Trees. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.3>

УДК 581.552

БКК 28.580.569

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ В ЛЕСАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЗАИМОСВЯЗИ ВЫСОТЫ И ДИАМЕТРА СТВОЛА ДЕРЕВЬЕВ

Табриз Мубариз-оглы Тахмазов

Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджан

Аннотация. Целью настоящего исследования является выяснение условий достижения минимального общего количества надземной биомассы в лесах в зависимости от таких показателей, как диаметр стебля и высота деревьев. Надземная биомасса, содержащаяся в лесах, составляет основную часть всей биомассы имеющейся в лесной экосистеме и позволяет определить скорость изменения состояния лесов. Этот показатель также играет важную роль при планировании работ по лесоводству. Количество биомассы в лесах имеет первостепенное значение при вычислении того убытка экосистеме, которое образуется из-за деградации и вырубки лесов, приводящих в конечном счете к генерации дополнительного количества CO₂, являющегося основным парниковым газом. В настоящем исследовании изучена зависимость суммарного количества

биомассы в лесах, от таких показателей, как высота дерева и диаметр ствола. Предложена зональная модель развития лесов и на этой основе сформирован целевой функционал в двух вариантах, соответствующих известным выражениям зависимости общего количества надземной биомассы лесов от вышеуказанных показателей деревьев. Сформулированы оптимизационные задачи с учетом дополнительных ограничительных условий, наложенных на функциональную зависимость диаметра ствола от высоты дерева. Решение оптимизационных задач, по методике безусловной вариационной оптимизации, показало, что суммарное количество биомассы в лесах достигает минимума при наличии обратной зависимости диаметра ствола от высоты деревьев. Результаты проведенного исследования позволяют определить гарантированный минимум биомассы в лесах, что в перспективе привело бы к усилению лесоохранных мер, к более точной оценке потенциала лесов аккумулировать карбон.

Ключевые слова: лес, биомасса, ствол дерева, оптимизация, измерения.

Цитирование. Тахмазов Т. М. Исследование общего количества надземной биомассы в лесах в зависимости от взаимосвязи высоты и диаметра ствола деревьев // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 17–23. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.3>

Введение. Показатель количества биомассы в деревьях является важным параметром для осуществления мониторинга состояния лесов [5]. Биомасса, содержащаяся в лесах, составляет основную часть всей биомассы, имеющейся в экосистеме, и позволяет определить скорость изменения состояния лесов [7; 8; 10]. Этот показатель также играет важную роль при планировании работ по лесоводству [4]. Количество биомассы в лесах имеет первостепенное значение при вычислении того убытка экосистеме, которое образуется из-за деградации и вырубки лесов, приводящих в конечном счете к генерации дополнительного количества CO₂, являющегося основным парниковым газом. Согласно [10], основными причинами деградации лесов и обезлесения являются:

- лесные пожары;
- использование лесов в качестве пастбищ;
- болезни деревьев из-за различных вредителей;
- рубка деревьев;
- развитие населенных пунктов вблизи лесов.

Что касается абсолютного количества показателя биомассы в лесах, то этот пока-

затель может быть измерен различными техническими средствами, используя как наземные, так и бортовые методы измерений. Некоторые значения этого показателя, приведенные в различных источниках приведены в таблице. Как видно из данных, для этой цели широко используются средства дистанционного зондирования, установленные в различных спутниках (Sentinel-2, Geo Eye-1, QuickBird и др).

В целом существуют схожие эмпирические формулы расчета показателя AGB (Aboveground Biomass) в зависимости от диаметра стебля и высоты деревьев [6; 10; 11; 13].

Целью настоящего исследования является выяснение условий достижения минимального значения показателя AGB в лесах в смысле выбора наилучшей функциональной зависимости между такими показателями как диаметр стебля и высота деревьев. Цель исследования, заключающаяся в достижении минимума показателя AGB, заключается в гарантированном обеспечении минимума биомассы в лесах, что в перспективе привело бы к усилению лесоохранных мер, к более точной оценке потенциала лесов аккумулировать карбон.

Способы оценки количества биомассы в различных типах лесов с использованием средств дистанционного зондирования

№	Тип лесов	Количества биомассы (AGB)	Сенсор	Литература
1	Леса частного сектора	72,54 мг/га	Sentinel-2	[2]
2	Мангровиальные леса	250,53 мг/га	GeoEye-1	[6]
3	Средиземноморской тип	38 тон/га	QuickBird	[10]
4	Лиственный	58 тон/га	ALOS PALSAR	[3]
5	Бореальный	39,5 мг/га	Landsat ETM+	[14]

Материалы и методы. Исходным предположением для построения предлагаемой зонной модели лесов является равномерный закон распределения деревьев в пределах некоторого типа леса в пределах фиксированной высоты деревьев ($h_1 \div h_2$), то есть:

$$\rho = \frac{1}{h_1 - h_2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность вероятности распределения высоты деревьев.

При допущении (1) возможно построение зонной модели лесов, в которой лес состоит из некоторого количества воображаемых лесных зон, обладающих следующей особенностью упорядоченности высот деревьев в зоне. Требуемая упорядоченность деревьев в каждой из зон заключается в выполнении следующего условия налагаемой на показатели высот деревьев (h) в зоне:

$$\begin{aligned} h_i &= h_{i-1} + \Delta h; \\ \Delta h &= \text{const } i = \overline{1, n} \quad h_{\min} < h_i < h_{\max}. \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, условия (1) и (2) позволяют нам в дальнейшем при проведении модельных исследований оперировать не всей территорией леса, а только одной воображаемой зоной, где условия (1) и (2) выполняются.

С учетом вышеизложенных исходных предположений проведем модельное исследование условий достижения минимальной величины показателя AGB в одной зоне, а следовательно, во всей территории исходного леса. Отметим, что существуют несколько различные эмпирические формулы для вычисления показателя AGB. Так, например, соглас-

но [1], для вычисления AGB пригодна следующая формула:

$$AGB = 0,0509 \cdot \rho D^2 h, \quad (3)$$

где ρ – плотность; D – диаметр стебля на некотором фиксированном уровне; h – высота дерева.

В работе [2] приведены более уточненные формулы, отдельно для отдельных типов деревьев.

Так, например для акации:

$$AGB = 0,0775(D^2 h)^{0,9018}. \quad (4)$$

Для тектоны (Teak):

$$AGB = 0,0149(D^2 h)^{1,0835}. \quad (5)$$

Для остальных типов деревьев:

$$AGB = 0,0240(D^2 h)^{0,7817}. \quad (6)$$

Для осуществления интегральной модельной оценки AGB также воспользуемся известными результатами по исследованию взаимосвязи показателей D и h .

Как отмечается в [12], традиционно, указанная взаимосвязь моделируется линейными уравнениями. В качестве примера на рисунке 1 приведены скаттерограммы, которые могут быть аппроксимированы линейными и нелинейными регрессионными уравнениями.

Отметим во многих работах (см. например: [9; 13]) приводятся сложные экспоненциальные регрессионные уравнения зависимости $h = f(D)$. Вместе с тем существуют работы, в которых исследована обратная зависимость, то есть регрессионная связь:

$$D = \varphi(h). \quad (7)$$

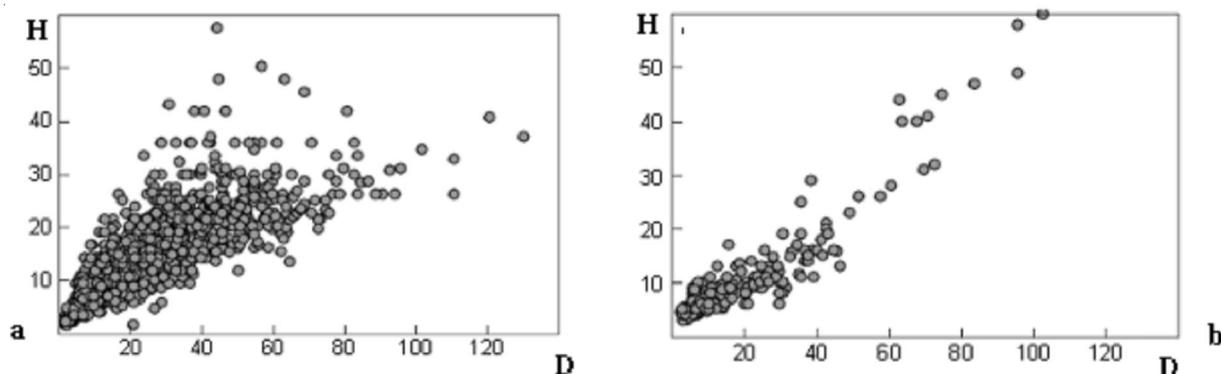


Рис. 1. Скатерограммы статической зависимости h от D , которые могут быть аппроксимированы нелинейными (а) и линейными регрессионными уравнениями (б)

Например, согласно работе [14], такая статистическая связь может быть охарактеризована квазилинейным регрессионным уравнением (рис. 2).

С учетом вышеизложенного сформулируем задачу вычисления минимально гарантированного количества биомассы в одной зоне вышепредложенной зонной модели леса. В качестве функционала цели сформируем следующее выражение, используя базовую формулу (3):

$$F_1 = \int_{h_1}^{h_2} a_1 D(h)^2 h dh, \quad (8)$$

где $a_1 = 0,05099$; $D(h)$ – искомая оптимальная зависимость D от h при которой F достиг бы минимума. Для решения задачи (8) введем на рассмотрение следующее ограничительное условие:

$$F_1 = \int_{h_1}^{h_2} D(h) dh = C; \quad C = const. \quad (9)$$

Смысл условия (9) заключается в некотором ограничении пространства непрерывных и дважды дифференцируемых функций, в котором возможен подбор решения следующей безусловной вариационной задачи оптимизации:

$$F_0 = F_1 + \lambda [F_2 - C]. \quad (10)$$

С учетом (8) \rightarrow (10) имеем:

$$F_0 = \int_{h_1}^{h_2} a_1 D(h)^2 h dh + \lambda \left[\int_{h_1}^{h_2} D(h) dh - C \right], \quad (11)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Решение оптимизационной задачи (20) согласно методу Эйлера должно удовлетворить условию

$$\frac{d\{a_1 D(h)^2 h + \lambda D(h)\}}{dD(h)} = 0. \quad (12)$$

Из (12) получим:

$$2a_1 D(h)h + \lambda = 0. \quad (13)$$

Из (13) находим:

$$D(h) = -\frac{\lambda}{2a_1 h}. \quad (14)$$

С учетом (9) и (14) вычислим λ . Имеем

$$-\int_{h_1}^{h_2} \frac{\lambda}{2a_1 h} dh = C. \quad (15)$$

Из (15) находим:

$$\lambda = -\frac{2a_1 C}{\ln \frac{h_2}{h_1}}. \quad (16)$$

С учетом (14) и (16) получим

$$D(h) = \frac{C}{h \ln \frac{h_2}{h_1}}. \quad (17)$$

Покажем, что при решении (17) целевой функционал (20) достигает минимум. Для этого достаточно вычислить производную (13) по λ и убедиться, что полученный результат всегда

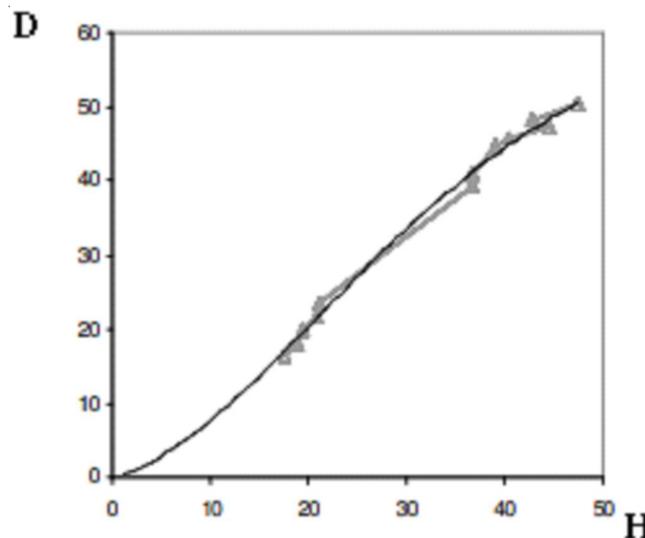


Рис. 2. Квазилинейная регрессионная линия взаимосвязи

является положительной величиной. Этот признак позволяет судить о том, что при решении (17) целевой функционал (11) достигает минимума.

Режим аналогичную оптимизационную задачу с применением выражения (6). На базе этого выражения составим следующий целевой функционал:

$$F_3 = \int_{h_1}^{h_2} a_2 \cdot (D(h)^2 h)^b dh, \quad (18)$$

где $a_2 = 0,024$; $b = 0,7817$.

С учетом (7), (9) и (18) составим следующий целевой функционал безусловной вариационной оптимизации:

$$F_{01} = \int_{h_1}^{h_2} a_2 \cdot (D(h)^2 h)^b dh + \lambda \left[\int_{h_1}^{h_2} D(h) dh - C \right] \quad (19)$$

Согласно методу Эйлера решение оптимизационной задачи должно удовлетворить условию:

$$\frac{d\{a_2[D(h)^2 h]^b + \lambda D(h)\}}{dD(h)} = 0. \quad (20)$$

Из выражения (20) находим:

$$a_2 b [D(h)^2 h]^{b-1} 2D(h) dh + \lambda = 0. \quad (21)$$

Из (21) получим:

$$2a_2 b h^b D(h)^{2b-1} + \lambda = 0. \quad (22)$$

Из (22) имеем:

$$D(h) = \sqrt[2b-1]{-\frac{\lambda}{2a_2 b h^b}}. \quad (23)$$

С учетом (9) и (23) получим:

$$\int_{h_1}^{h_2} \sqrt[2b-1]{-\frac{\lambda}{2a_2 b h^b}} dh = C. \quad (24)$$

Выражение (24) запишем как:

$$\sqrt[2b-1]{-\frac{\lambda}{2a_2 b}} \cdot \int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{h^{2b-1}} = C, \quad (25)$$

обозначив:

$$\int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{h^{2b-1}} = C_1. \quad (26)$$

Из (25) и (26) получим:

$$\sqrt[2b-1]{-\frac{\lambda}{2a_2 b}} = \frac{C}{C_1} \quad (27)$$

или

$$-\frac{\lambda}{2a_2 b} = \left(\frac{C}{C_1}\right)^{2b-1} \quad (28)$$

Из (28) получим:

$$\lambda = -2a_2 b \left(\frac{C}{C_1}\right)^{2b-1} \quad (29)$$

С учетом (23) и (28) получим:

$$D(h) = \sqrt[2b-1]{\frac{\left(\frac{C}{C_1}\right)^{2b-1}}{h^b}} = \frac{C}{C_1 \cdot h^{\frac{b}{2b-1}}}. \quad (30)$$

Результаты и обсуждение. Анализ показывает, что решения сформулированных оптимизационных задач с использованием известных моделей для вычисления общего количества надземной биомассы деревьев дают схожие результаты. Как видно из (30) при $b = 1$ выражение (30) превращается в ранее полученное решение (17). При решении (30) целевой функционал (19) также достигает минимума, что может быть проверено проверкой знака производной выражения (21), который оказывается плюсовым, что подтверждает минимум функционала (19) при решении (30).

Таким образом, показано, что с учетом предложенной зональной модели леса, известной зависимости показателя AGB от диаметра стебля и высоты дерева, а также с принятым дополнительным условием налагаемым на функциональную зависимость $D = D(h)$ суммарная биомасса лесов может достичь минимума при обратной зависимости D от h в виде функций (17) и (30), соответственно при рассмотрении моделей (3) и (6).

Заключение. Сформулирована и решена задача исследования зависимости суммарного количества биомассы в лесах, в частности показателей AGB, от взаимосвязи таких показателей деревьев как высота дерева и диаметр стебля деревьев. На основе предложенной зонной модели лесов, сформирован целевой функционал в двух вариантах, соответствующих известным выражениям зависи-

мости AGB от вышеуказанных показателей деревьев. Сформированы оптимизационные задачи с учетом налагаемого дополнительного ограничительного условия на функциональную зависимость диаметра стебля от высоты дерева. Решение оптимизационных задач по методике безусловной вариационной оптимизации показало, что суммарное количество биомассы в лесах (то есть показатель AGB) достигает минимума при наличии обратной зависимости диаметра от высоты деревьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of Deforestation and Forest Degradation on Forest Carbon Stocks in Collaborative Forests, Nepal / R.A. Mandal [et al.] // *International Journal of Conservation Science*. – 2015. – Vol. 3, no. 4. – P. 325–338.
2. Estimating Above Ground Biomass on Private Forest Using Sentinel-2 Imagery / N. Nuthammachot [et al.] // *Journal of Sensors*. – 2018. – Art. 6745629.
3. Estimation of Above Ground Biomass for Central Indian Deciduous Forests Using ALOS PALSAR L-Band Data / K.C. Thumaty [et al.] // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. – 2016. – Vol. 44, no. 1. – P. 31–39.
4. EU-Wide Maps of Growing Stock and Above-Ground Biomass in Forests Based on Remote Sensing and Field Measurements / H. Gallaun [et al.] // *Forest Ecology and Management*. – 2010. – Vol. 260, no. 3. – P. 252–261.
5. Houghton, R. A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance / R. A. Houghton // *Global Change Biology*. – 2005. – vol. 11, no. 6. – P. 945–958.
6. Mangrove Biomass Estimation in Southwest Thailand Using Machine Learning / N.R.A. Jachowski [et al.] // *Applied Geography*. – 2013. – Vol. 45. – P. 311–321.
7. Mokany, K. Critical Analysis of Root: Shoot Ratios in Terrestrial Biomes / K. Mokany, R. J. Raison, A. S. Prokushkin // *Global Change Biology*. – 2006. – Vol. 12, no. 1. – P. 84–96.
8. Monitoring and Estimating Tropical Forest Carbon Stocks: Making REDD a Reality / H.K. Gibbs [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2007. – Vol. 2, no. 4. – Art. 045023.
9. Mugasha, W. A. Relationships Between Diameter and Height of Trees in Natural Tropical Forest in Tanzania, Southern Forests / W. A. Mugasha, O. M. Bollandsas, T. Eid // *Journal of Forest Science*. – 2013. – Vol. 75, no. 4. – P. 221–237.
10. Rozendaal, D. M. Demographic Drivers of Aboveground Biomass Dynamics During Secondary Succession in Neotropical Dry and Wet Forests

/ D. M. Rozendaal, R. I. Chazdon, F. Arreola-Villa // *Ecosystems*. – 2017. – Vol. 20, no. 2. – P. 340–353.

11. Santi, E. Fine-Scale Spatial Distribution of Biomass Using Satellite Images / E. Santi, C. Tarantino, V. Amici // *Journal of Ecology and The Natural Environment*. – 2014. – Vol. 6, no. 2. – P. 75–86.
12. Shao, Z. Estimating Forest Aboveground Biomass by Combining Optical and SAR Data: A Case study in Genhe, Inner Mongolia, China / Z. Shao, L. Zhang // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, no. 6. – P. 1–16.
13. Temesgen, H. Modelling Tree Height-Diameter Relationships in Multi-Species and Multi-Layered Forests: A Large Observational Study from Northeast China / H. Temesgen, C. H. Zhang, X. H. Zhao // *Forest Ecology and Management*. – 2014. – Vol. 316. – P. 78–89.
14. Vanclay, J. K. Tree Diameter, Height and Stocking in Even-Aged Forests / J. K. Vanclay // *Ann. For. Sci.* – 2009. – Vol. 66. – Art. 702.

REFERENCES

1. Mandal R.A., Dutta I.C., Jha P.K., et al. Effects of Deforestation and Forest Degradation on Forest Carbon Stocks in Collaborative Forests, Nepal. *International Journal of Conservation Science*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 325-338.
2. Nuthammachot N., Phairuang W., Wicaksono P., Sayektiningsih T. Estimating Above Ground Biomass on Private Forest Using Sentinel-2 Imagery. *Journal of Sensors*, 2018, art. 6745629.
3. Thumaty K.C., Fararoda R., Middinity S., et al. Estimation of Above Ground Biomass for Central Indian Deciduous Forests Using ALOS PALSAR L-Band Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2016, vol. 44, no. 1, pp. 31-39.
4. Gallaun H., Zanchi G., Nabuurs G.J., et al. EU-Wide Maps of Growing Stock and Above-Ground Biomass in Forests Based on Remote Sensing and Field Measurements. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 260, no. 3, pp. 252-261.
5. Houghton R.A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology*, 2005, vol. 11, no. 6, pp. 945-958.
6. Jachowski N.R.A., Quak M.S.Y., Friess D.A., et al. Mangrove Biomass Estimation in Southwest Thailand Using Machine Learning. *Applied Geography*, 2013, vol. 45, pp. 311-321.
7. Mokany K., Raison R.J., Prokushkin A.S. Critical Analysis of Root: Shoot Ratios in Terrestrial Biomes. *Global Change Biology*, 2006, vol. 12, no. 1, pp. 84-96.
8. Gibbs H.K., Brown S., Niles J.O., Foley J.A. Monitoring and Estimating Tropical Forest Carbon Stocks: Making REDD a Reality. *Environmental Research Letters*, 2007, vol. 2, no. 4, art. 045023.

9. Mugasha W.A., Bollandas O.M., Eid T. Relationships Between Diameter and Height of Trees in Natural Tropical Forest in Tanzania, Southern Forests. *Journal of Forest Science*, 2013, vol. 75, no. 4, pp. 221-237.

10. Rozendaal D.M., Chazdon R.I., Arreola-Villa F. Demographic Drivers of Aboveground Biomass Dynamics During Secondary Succession in Neotropical Dry and Wet Forests. *Ecosystems*, 2017, vol. 20, no. 2, pp. 340-353.

11. Santi E., Tarantino C., Amici V. Fine-Scale Spatial Distribution of Biomass Using Satellite Images. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 75-86.

12. Shao Z., Zhang L. Estimating Forest Aboveground Biomass by Combining Optical and SAR Data: A Case Study in Genhe, Inner Mongolia, China. *Sensors*, 2016, vol. 16, no. 6, pp. 1-16.

13. Temesgen H., Zhang C.H., Zhao X.H. Modelling Tree Height-Diameter Relationships in Multi-Species and Multi-Layered Forests: A Large Observational Study from Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 2014, vol. 316, pp. 78-89.

14. Vanclay J.K. Tree Diameter, Height and Stocking in Even-Aged Forests. *Ann. For. Sci.*, 2009, vol. 66, art. 702.

Information About the Author

Tabriz M. Tahmazov, Doctoral Student, National Aerospace Agency, S.S. Akhundova St, 1, AZ1115 Baku, Azerbaijan, thmzovtbriz66@gmail.com

Информация об авторе

Табриз Мубариз-оглы Тахмазов, докторант, Национальное аэрокосмическое агентство, ул. С.С. Ахундова, 1, AZ1115 г. Баку, Азербайджан, thmzovtbriz66@gmail.com



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.4>

UDC 631.4

LBC 40.33(2P-4Bor)

MORPHOLOGICAL FEATURES OF LEPTOSOLS AND LEPTIC SOILS OF THE NATURAL PARK “SCHERBAKOVSKY”

Oleg A. Gordienko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Daria A. Andreeva

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Soils formed on dense geological rocks and with a skeleton profile in the Volgograd region occupy about 3% of the total area of the region. Their study is unjustly ignored by researchers. The questions connected with the study of morphological and chemical properties of these soils are very topical, as they will allow to reveal the peculiarities of the genesis of skeletal soils of the dry steppe natural zone. In order to achieve the set tasks, 12 soil sections along the studied soil catena (1.5 km) were laid and described within the field practice of the students of the 2nd year of the Department of Ecology and Nature Management of Volgograd State University, as a result of which the morphological and chemical features of the soils of the studied territory were established. The qualifiers Leptic, Skeletic, Hyperskeletic, Lithic and Nudilithic, indicating the development of soils on dense geological rocks, as well as the skeletal nature of the profile, were noted in 5 profiles. Soil-forming rocks for them are proluvial-deluvial sediments, as well as large fragments of opoka. The upper boundary of horizons R (dense rocks) varies from 20 to 60 cm depending on the microrelief. As a result of the description of soil profiles, the morphological features of the studied soils have been established. In most sections, the content of fine grains is less than 20% (qualifier Hyperskeletic), and inclusions of small (up to 1 cm) and large (over 10 cm) rock fragments (feature sk, qualifier Skeletic) were recorded. The conducted researches in the natural park “Scherbakovsky” are important from the point of view of soil condition monitoring, and also will allow to reveal features of genesis of underdeveloped, skeletal soils of the dry-steppe natural zone.

Key words: skeletal soils, lithozems, stratozems, Leptosols, soil classification.

Citation. Gordienko O.A., Andreeva D.A. Morphological Features of Leptosols and Leptic Soils of the Natural Park “Scherbakovsky”. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 24-30. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.4>

УДК 631.44(470.45)

ББК 40.33(2P-4Bor)

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕПТОСОЛЕЙ И ЛЕПТИКОВЫХ ПОЧВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЩЕРБАКОВСКИЙ»

Олег Андреевич Гордиенко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Дарья Александровна Андреева

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Почвы, сформированные на плотных геологических породах, а также со скелетным профилем, на территории Волгоградской области занимают около 3 % от общей площади области. Их изучение несправедливо игнорируется исследователями. Вопросы, связанные с изучением морфологических и химических свойств этих почв, очень актуальны, поскольку позволят выявить особенности генезиса скелетных почв сухостепной природной зоны. Для достижения поставленных задач в рамках полевой практики студентов 2 курса кафедры экологии и природопользования Волгоградского государственного университета было заложено и описано 12 почвенных разрезов вдоль исследуемой почвенной катены (1.5 км), в результате чего установлены морфологические и химические особенности почв исследуемой территории. В 5 профилях отмечены квалификаторы Leptic, Skeletic, Hyperskeletal, Lithic и Nudilithic, свидетельствующие о развитии почв на плотных геологических породах, а также о скелетности профиля. Почвообразующими породами для них выступают пролювиально-делювиальные отложения, а также крупные обломки опок. Верхняя граница горизонтов R (плотных пород) варьирует от 20 до 60 см в зависимости от микрорельефа. В результате описания почвенных профилей установлены морфологические особенности изучаемых почв. В большинстве разрезов содержание мелкозема составляет менее 20 % (квалификатор Hyperskeletal), а также зафиксированы включения мелких (до 1 см) и крупных (более 10 см) обломков пород (признак sk, квалификатор Skeletic). Проведенные исследования в природном парке «Щербаковский» являются важными с точки зрения мониторинга состояния почв, а также позволяют выявить особенности генезиса слаборазвитых, скелетных почв сухостепной природной зоны.

Ключевые слова: скелетные почвы, литоземы, стратоземы, Leptosols, классификация почв.

Цитирование. Гордиенко О. А., Андреева Д. А. Морфологические особенности лептосолой и лептиковых почв природного парка «Щербаковский» // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 24–30. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.4>

Ведение. Почвы, сформированные в маломощной мелкоземистой или щебнисто-мелкоземистой толще, подстилаемые на глубине < 30 см плотной породой любого состава и генезиса, в российской классификации почв объединены отделом литоземы [5]. Для них характерно наличие только одного органогенного или гумусового горизонта, соответственно, типы выделяются по характеру поверхностного горизонта. Так, например, в горных областях с торфяным (Т) или грубогумусовым (АО) горизонтами формируются литоземы грубогумусовые и торфяно-литоземы. Литоземы с темногумусовым горизонтом (AU) на карбонатных породах (Rca) (рендзины в польской классификации почв) формируются в лесостепной и степной зонах [8–10]. В сухостепной зоне – литоземы светлогумусовые. Почвы отдела литозем в мире занимают 1,7 млрд га [10], в РФ – 49,4 млн га (3 % от всей площади земель) [1]. В Волгоградской области отсутствуют фактические данные о площади скелетных почв. Вместе с почвами овражно-балочных сетей они занимают 736,3 тыс. га (4,3 %) [3].

В международной классификации WRB почвы, подстилаемые плотными породами или имеющие < 20 % (по объему) мелкозема на глубине 75 см от поверхности и не имеющие диагностических горизонтов, кроме молико-

вого (Mollic), умбрикового (Umbric) или охристого (Ochric), или же петрокальциевого (Petrocalcic), относятся к реферативно-почвенной группе (РПГ) Лептосоли (Leptosols). При недостаточной выраженности критериев почвы относят к другой группе с квалификатором лептик (Leptic). Наличие на дневной поверхности твердых пород классифицируется как «не почва» и рассматривается как особый тип Лептосолой с квалификатором Nudilithic. Для почв, которые не подстилаются твердыми породами, но содержат ≥ 40 % (по объему) крупных обломков пород, используется квалификатор «скелетик» (Skeletal) [11]. В российской практике уместно использование признака sk (скелетность) для выделения соответствующих подтипов.

Цель работы заключается в изучении морфологических особенностей лептосолой, лептиковых и скелетных почв природного парка «Щербаковский» Камышинского района Волгоградской области.

Объектом исследования являлись почвы с квалификаторами Leptic, Skeletic, Hyperskeletal, Lithic и Nudilithic. Щербаковская излучина входит в состав Приволжской возвышенности. Рельеф долгое время складывался в результате взаимодействия тектоники, а также внешнего воздействия, такого как эрозия и дефляция. Климат Щербаковской излучины

описывается как засушливый и континентальный. Наблюдается контраст между холодной зимой и жарким летом. Осадки распределяются неравномерно по сезонам, их годовое количество около 350 мм [4; 6]. На территории Щербаковской излучины насчитываются больше сотни видов травянистых и древесных растений. Древесный фонд представлен дубом черешчатым (*Quercus robus*), березой повислой (*Betula pendula*), а также осинкой обыкновенной (*Populus tremula*). В подлеске встречаются заросли спиреи зверобоелистной (*Spiraea hypericifolia*), бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosa*), а также боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea*). Травянистые ассоциации представлены степными злаками – пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), мятликом узколиственным (*Poa angustifolia*), костером безостым (*Bromopsis inermis*), а также полынь горькая (*Artemisia absinthium*) и обыкновенная (*Artemisia vulgaris*) [2; 4; 7].

Материал и методы. В работе были изучены 5 почвенных профилей, заложенных в различных ландшафтных особенностях в природном парке «Щербаковский». Описание почвенных разрезов выполнялось с использованием полевого определителя почв России, а также мировой реферативной базы почвенных ресурсов [5; 11]. Составление рисунков и карто-схем осуществлялось с использованием программы CorelDRAW Graphics Suite и ENVI. В качестве растровой основы использовался космический снимок спутника Bing.

Результаты и обсуждение. С точки зрения ландшафтно-рельефных особенностей территория парка разделена нами на: южный коренной склон (крутосклон) (I), днище балки (II), остепненный склон (III), северный коренной склон (крутосклон) (IV), водораздельную часть (V). Для каждой ландшафтной группы характерно свое сочетание типов и подтипов почв (рис. 1).

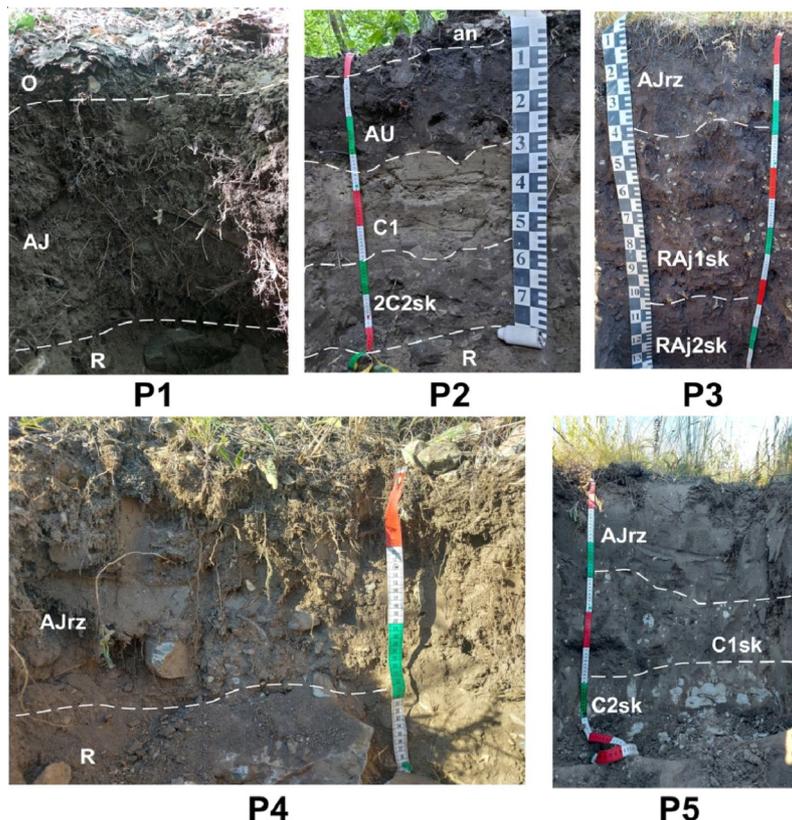


Рис. 1. Почвенные разрезы лептосолов и лептиковых почв:

- P1 – литозем светлогумусовый (Eutric Follic Hyperskeletal Leptosols (Loamic, Humic, Raptic));
- P2 – темnogумусовая окисленно-глеявая ожелезненная (Eutric Oxygleyic Chernic Gleysols (Arenic));
- P3 – стратозем светлогумусовый скелетный (Eutric Hyperskeletal Leptosols (Arenic, Colluvic));
- P4 – литозем светлогумусовый скелетный (Eutric Hyperskeletal Leptosols (Arenic));
- P5 – светлогумусовая скелетная (Eutric Leptosols (Loamic))

На южных крутых склонах с выходами плотных пород (опок) сформировались литоземы светлогумусовые (Eutric Follic Hyperskeletal Leptosols (Loamic, Humic, Raptic)) с очень коротким профилем (разрез 1):

O (0–5 см) – листо-веточный опад разной степени разложения.

AJ (5–33 см) – светлогумусовый горизонт непрочно-комковатой структуры, пылевато-легкосуглинистого гранулометрического состава, цвет 7.5YR 4/3.

R (33–40) – плотная порода (опока).

Почвы в балке характеризуются наличием глеевых и глееватых горизонтов. В днище распространение получили преимущественно темногумусовые окисленно-глеевые ожелезненные почвы (Eutric Oxygleyic Chernic Gleysols (Arenic)). У подножия северного склона балки выделены темногумусовые поверхностно-черногумусированные скелетные почвы (Greyzemic Follic Leptic Phaeozems (Arenic, Tonguic, Raptic)) (разрез 2):

an (0–10 см) – черногумусовый признак, зернисто-творожистой структуры, цвет (10YR 2/1).

AU (10–30 см) – темногумусовый горизонт непрочно-комковатой структуры, цвет (10YR 2/2).

C1 (30–56 см) – почвообразующая порода, неагрегированный песок.

2C2sk (56–80 см) – делювиально-пролювиальный горизонт, состоящий из опоки и песка.

R (80 – далее) – плотная порода (опока).

Для данной почвы отмечена литологическая неоднородность в виде смены почвообразующих пород, сформированных при разных почвенных процессах. Так, песчаные отложения образовались в результате аллювиальных процессов, а нижележащие слои – при одновременном протекании делювиального и пролювиального процесса.

На выходе из балки, на небольшом по крутизне (0–2°) остепненном склоне, почти лишенном древесной растительности, сформировались стратоземы светлогумусовые скелетные (Eutric Hyperskeletal Leptosols (Arenic, Colluvic)) (разрез 3):

AJrz (0–23 см) – светлогумусовый горизонт непрочно-комковатой структуры, пылевато-супесчаной текстуры, густо пронизан корнями травянистых растений в верхней ча-

сти, образуя сплошную дернину (признак rz), цвет (10YR 3/1).

RAj1sk (23–78 см) и RAj2sk (78–130 см) – почвенный стратифицированный материал, принесенный сверху вниз по склону вперемешку с плотной опоковой породой, цвет (10YR 3/2).

Отличительной особенностью данного профиля является наличие мощных (более 110 см) стратифицированных слоев (RAj) (квалификатор Colluvic), формирование которых происходило за счет смыва и сдува почвенного материала и обломков горных пород сверху вниз по склону.

Северные склоны с уклоном до 18° характеризуются локальными участками без какой-либо растительности, на которых распространение получили Nudilithic Leptosols («не почвы» – выходы плотных пород на дневную поверхность). На задернованных склонах выделены маломощные литоземы светлогумусовые скелетные (Eutric Hyperskeletal Leptosols (Arenic)) (разрез 4):

AJrz (0–20 см) – светлогумусовый горизонт непрочно-комковатой структуры, пылевато-супесчаной текстуры, густо пронизан корнями травянистых растений в верхней части, образуя сплошную дернину (признак rz), цвет (10YR 3/1).

R (20-далее) – плотная массивная порода. Название почвы по ПО-2008 – литозем светлогумусовый типичный; по WRB-2015 – Nudilithic Eutric Hyperskeletal Leptosols (Arenic, Humic).

В верхней части склона мощность гумусовых горизонтов (AJ) увеличивается до 30 см, они имеют комковатую структуру и пылевато-легкосуглинистый гранулометрический состав. Название почв – светлогумусовые скелетные (Eutric Leptosols (Loamic)) (разрез 5):

AJrz (0–30 см) – светлогумусовый горизонт с локальным ожелезнением в правой части профиля.

C1sk (30–50 см) и C2sk (50–70 см) – почвообразующие породы с включениями крупных обломков опоки.

Таким образом, установлено, что почвы исследуемой территории характеризуются скелетностью профиля, а также наличием слоев с плотными опоковыми породами. Их мощность и верхняя граница изменяются в зави-

симости от микрорельефа. При проведении обследования установлено, что преобладающими типами почв территории парка являются стратоземы темно- и светлогумусовые, светлогумусовые и темногумусовые почвы, а также литоземы светлогумусовые и не почвенные образования (выходы плотных геологических пород). При использовании международной классификации почв выявлены 3 основные РПП – Gleysols (в днищах балки), Phaeozems (почвы с темным гумусовым горизонтом, выщелоченные от легкорастворимых солей и карбонатов), а также Leptosols. Во всех почвах выделены квалификаторы, свидетельствующие либо о низком содержании мелкозема (Hyperskeletal), либо о наличии крупных обломков пород (Leptic, Skeletic) или сплошных твердых пород на дневной поверхности (Nudilithic, Lithic) (рис. 2).

Заключение. В ходе проведения почвенных исследований установлена пестрота почвенного покрова природного парка «Щербаковский». Пестрота почв обусловлена вертикальной зональностью, а также геолого-гидрологическими особенностями территории. Выявлено разнообразие почвообразующих пород. Так, в балках они представлены пре-

имущественно оглееными песчаными отложениями, а также пролювиально-делювиальными отложениями с включениями крупных обломков опок. На степных и крутосклонных участках почвообразующими породами выступают мощные слои опоковых отложений. Верхняя граница их варьирует от 20 до 60 см в зависимости от микрорельефа. Проведенные исследования в природном парке «Щербаковский» позволили выявить особенности генезиса скелетных почв сухостепной природной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ почвенного покрова России по карте масштаба 1:2.5 млн с использованием новой классификации: отделы почв и их площади / Д. Е. Конюшков [и др.] // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2022. – № 112. – С. 73–121. – DOI: <http://dx.doi.org/10.19047/0136-1694-2022-112-73-121>
2. Красная книга Волгоградской области / О. Г. Баранова [и др.]. – Волгоград : Издат-Принт, 2018. – 268 с.
3. Кретинин, В. М. Красная книга почв Волгоградской области / В. М. Кретинин, А. С. Рулев, В. М. Шишкунов. – Волгоград, 2017. – 240 с.

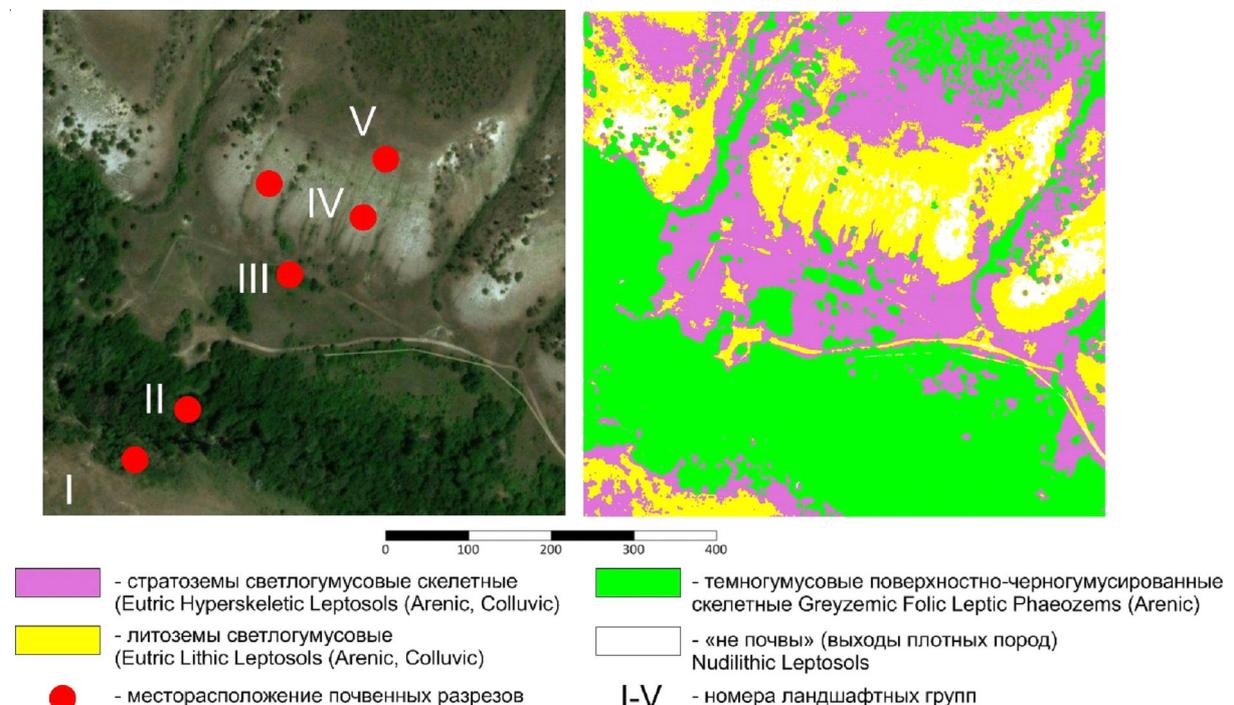


Рис. 2. Почвенная карта исследуемой территории природного парка «Щербаковский»

4. Особо охраняемые природные территории Волгоградской области / В. В. Брылев [и др.]. – Волгоград : Альянс, 2006. – 256 с.

5. Полевой определитель почв России. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.

6. Судаков, А. В. История исследования природы Камышинского района Волгоградской области / А. В. Судаков, С. Н. Моников // Псковский регионологический журнал. – 2014. – № 17. – С. 78–90.

7. Фирсов, Г. А. Дендрофлора Нижнехоперского природного парка (Волгоградская область, Россия) / Г. А. Фирсов, В. В. Бялт, В. А. Сагалаев. – М. : Изд-во РОСА, 2021 – 264 с.

8. Characteristics of Rendzina Soils in Serbia and Their WRB Classification / S. B. Radmanovic [et al.] // Journal of Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 65, № 3. – P. 251–261. – DOI: <https://doi.org/10.2298/jas2003251r>

9. Classification of Rendzina Soils in Serbia According to the WRB system / S. Radmanović [et al.] // Proceedings of the 2nd International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia / ed. by M. Belić [et al.]. – Novi Sad, 2017. – P. 1–9.

10. Kabaia, C. Rendzina (rkdzina) – Soil of the Year 2018 in Poland. Introduction to Origin, Classification and Land Use of Rendzinas / C. Kabala // Soil Sci Publ. – 2018. – Vol. 69, № 2. – P. 63–74. – DOI: <https://doi.org/10.2478/ssa-2018-0007>

11. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps // International Union of Soil Sciences (IUSS). – 2022. – Vol. 4.

REFERENCES

1. Konyushkov D.E., Ananko T.V., Gerasimova M.I., et al. Analiz pochvennogo pokrova Rossii po karte masshtaba 1:2.5 mln s ispolzovaniem novoi klassifikatsii: otdely pochv i ikh ploshchadi [Soil Orders and Their Areas on the Updated Soil Map of the Russian Federation]. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2022, vol. 112, pp. 73–121. DOI: <http://dx.doi.org/10.19047/0136-1694-2022-112-73-121>

2. Baranova O.G., Vasyukov V.M., Vedenev A.M. *Krasnaya kniga Volgogradskoj oblasti* [The Red Book

of the Volgograd Region]. Volgograd, Izdat-Print Publ., 2018. 268 p.

3. Kretinin V.M., Rulev A.S., Shishkunov V.M. *Krasnaya kniga pochv Volgogradskoj oblasti* [The Red Book of Soils of the Volgograd Region]. Volgograd, 2017. 240 p.

4. Brylev V.V., Ryabinina N.O., Komissarova E.V., et al. *Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Volgogradskoj oblasti* [Specially Protected Natural Territories of the Volgograd Region]. Volgograd, Alliance Publ., 2006. 256 p.

5. *Polevoy opredelitel pochv Rossii* [Field determinant of soils of Russia]. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 82 p.

6. Sudakov A.V., Monikov S.N. Istoriya issledovaniya prirody Kamyshinskogo raiona Volgogradskoi oblasti [Nature Research History of Kamyshinsky District of Volgograd Region]. *Pskovskii regionologicheskii zhurnal* [Pskov Journal of Regional Studies], 2014, no. 17, pp. 78–90.

7. Firsov G.A., Byalt V.V., Sagaleva V.A. *Dendroflora Nizhnekhoperskogo prirodnogo parka (Volgogradskaya oblast', Rossiya)* [Dendroflora of the Nizhnekhopersky Natural Park (Volgograd Region, Russia)]. Moscow, Izd-vo ROSA, 2021. 264 p.

8. Radmanovic S.B., Gajic-Kvascev M.D., Mrvic V.V., Dordevi A.R. Characteristics of Rendzina Soils in Serbia and their WRB Classification. *Journal of Agricultural Sciences*, 2020, vol. 65, no. 3, pp. 251–261. DOI: <https://doi.org/10.2298/jas2003251r>

9. Radmanović S., Životić Lj., Nikolić N., Porpević A. Classification of Rendzina Soils in Serbia According to the WRB System. Belić M., Nešić Lj., Ćirić V. & Mačkić K. (eds.). *Proceedings of the 2nd International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia*. Novi Sad, 2017, pp. 1–9.

10. Kabaia, C. Rendzina (rkdzina)-Soil of the Year 2018 in Poland. Introduction to Origin, Classification and Land use of Rendzinas. *Soil Sci Publ*, 2018, vol. 69, no. 2, pp. 63–74. DOI: <https://doi.org/10.2478/ssa-2018-0007>

11. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. *International Union of Soil Sciences (IUSS)*, 2022, vol. 4.

Information About the Authors

Oleg A. Gordienko, Assistant, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, oleg.gordienko.95@bk.ru

Daria A. Andreeva, Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, andreeva-da@vfanc.ru

Информация об авторах

Олег Андреевич Гордиенко, ассистент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, oleg.gordienko.95@bk.ru

Дарья Александровна Андреева, студент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, andreeva-da@vfanc.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.5>

UDC 55

LBC 26.8

MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELING OF CLIMATE DYNAMICS IN THE ROSTOV REGION USING GLOBAL METEOROLOGICAL DATA ¹

Stefan Matveev

Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The scientific work presents mathematical and cartographic modeling of the climate dynamics of the Rostov region using the global meteorological product CRU TS version 4.06 in the period from 2020 to 2040. The work used CRU TS global climate data from 1960 to 2020 to model data for 2030 and 2040. A technique for mathematical-cartographic modeling of climate dynamics based on global climate products is presented. Using the geographic information system QGIS version 3.18, raster images were vectorized, which made it possible to export them to a MS Excel spreadsheet. Based on the data obtained, 2 tables were prepared. One includes actual data for 2020 and modeling data in terms of the average annual air temperature for 2030 and 2040 for the municipal districts of the Rostov region. The second table includes actual data for 2020 and simulation data in terms of the average annual air temperature for 2030 and 2040 for the urban districts of the Rostov region. The relationship between actual data for 2020 and data for 2030 and 2040 does not exceed 10%. This allows us to say that a stable climate has been established on the territory of the Rostov region, which is not subject to serious climatic changes in the future. According to the actual data and simulation data, maps were created and compiled using the interpolation method of inversely weighted distances in terms of the average annual air temperature for 2020, 2030, and 2040.

Key words: Rostov region, GIS technologies, climate modeling, cartography, global climate data.

Citation. Matveev S. Mathematical-Cartographic Modeling of Climate Dynamics in the Rostov Region Using Global Meteorological Data. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 13, no. 1, pp. 31-38. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.5>

УДК 55

ББК 26.8

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КЛИМАТА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ГЛОБАЛЬНЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ ¹

Штефан Матвеев

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

Аннотация. В научной работе представлено математико-картографическое моделирование динамики климата Ростовской области с использованием глобального метеорологического продукта CRU TS версии 4.06 в период с 2020 по 2040 год. В работе для моделирования данных на 2030 и 2040 гг. использовались глобальные климатические данные CRU TS с 1960 по 2020 год. Представлена методика математико-картографического моделирования динамики климата по глобальным климатическим продуктам. С помощью геоинформационной системы QGIS версии 3.18 были векторизованы растровые изображения, что позволило экспортировать их в таблицу MS Excel. По полученным сведениям подготовлены 2 таблицы. Одна включает в себя фактические данные за 2020 г. и данные моделирования по показателю среднегодовой температуры воздуха на 2030 и 2040 гг. по муниципальным округам Ростовской области. Вторая таблица включает в себя фактические данные за 2020 г. и данные моделирования по показателю среднегодовой температуры воздуха на 2030 и 2040 гг. по городским округам Ростовской области. Отношения между фактическими данными за

2020 г. и данными за 2030 и 2040 гг. не превышают 10 %. Что позволяет сказать, что на территории Ростовской области установлен устойчивый климат. По фактическим данным и данным моделирования были созданы и скомпонованы карты с помощью интерполяции методом обратно-взвешенных расстояний по показателю среднегодовой температуры воздуха на 2020, 2030, 2040 годы.

Ключевые слова: Ростовская область, ГИС-технологии, моделирование климата, картография, глобальные климатические данные.

Цитирование. Матвеев Ш. Математико-картографическое моделирование динамики климата Ростовской области по глобальным метеорологическим данным // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 31–38. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.5>

ГИС-технологии в настоящее время являются мощным средством получения информации о текущем регионе либо конкретной местности [2; 5; 7; 8]. Особую популярность ГИС приобретает в современных климатических исследованиях из-за широкого инструментария, а также привязке к определенной местности [1; 3; 4].

Целью настоящей работы является моделирование климатических данных на территорию Ростовской области с использованием глобальных климатических данных, а также создание климатических карт по данным моделирования с применением ГИС. От климата напрямую зависят как развитие отраслей сельского хозяйства, так и промышленности. В связи с этим необходимы долгосрочный мониторинг и прогнозирование климата с привязкой к конкретным территориям.

Материалы и методы исследования. Процессы математико-картографического моделирования динамики климата Ростовской области проходили в двух программах – QGIS 3.18 (геоинформационная система) и MS Excel (для работы с электронными таблицами).

Для наиболее качественного моделирования необходима большая база информации, то есть, чем больше база данных по прошедшим измерениям, тем моделирование будет происходить точнее, без аномальных значений. Для дальнейшего моделирования на 2021–2040 гг. в работе использовались климатические данные по параметру среднегодовой температуры воздуха с 1960 по 2020 год.

В настоящей работе основным источником климатической информации для математико-картографического моделирования динамики климата Ростовской области является глобальный климатический продукт CRU TS версии 4.06 [6; 9].

Данные CRU TS интегрируются в геоинформационную систему QGIS и представляют собой один растр с информацией в каждом пикселе о среднегодовой температуре воздуха на территорию данного пикселя. Для дальнейшего моделирования данные необходимо экспортировать в табличные значения.

Один из способов экспорта растровых значений в таблицу – это метод создания центроидов. Он заключается в том, что на территорию, которую необходимо экспортировать создается векторная полигональная сетка с размером пикселя CRU TS – $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. После этого к каждой ячейке векторной сетки создается точечный векторный слой центроида с помощью инструмента «Центроиды». Центроиды необходимы, чтобы к каждой точке векторного слоя могли быть привязаны климатические характеристики из каждого пикселя растровых данных CRU TS.

Инструмент «растр в вектор» позволяет каждое растровое изображение в период с 1960 по 2020 г. преобразовать в отдельный полигональный векторный слой границ пикселя CRU TS с значением среднегодовой температуры воздуха.

Каждый полигональный вектор в период с 1960 по 2020 г. необходимо присоединить к вектору центроидов с помощью инструмента работы с вектором «Присоединить атрибуты по пространственному положению». Это позволяет записать значения среднегодовой температуры воздуха с 1960 по 2020 к точечному слою центроидов.

После присоединения атрибутов к центроидам у каждого центроида в атрибутах имеется значение года и самого климатического параметра.

После проведенных действий данный слой центроидов можно экспортировать в таб-

лицу MS Excel. С помощью функции «Лист прогноза» были спрогнозированы климатические показатели среднегодовой температуры воздуха с 2021 по 2040 год. Прогноз проводился на основе климатических данных CRU TS за 1960–2020 годы. Получившаяся таблица с климатическими данными за 1960–2020 гг. и с прогнозными данными за 2021–

2040 гг. была экспортирована обратно в ГИС для дальнейшего моделирования.

Результаты и обсуждение. С помощью инструмента «Зональная статистика» было выявлено среднее значение в пределах пикселей CRU TS и прогнозных данных по муниципальным районам Ростовской области. В таблицах 1–2 представлено сравнение фак-

Таблица 1

Моделирование среднегодовой температуры воздуха (°C) на территории Ростовской области по муниципальным районам по данным CRU TS

Муниципальный район	2020	2030	2040
Азовский район	11.41	12.09	12.40
Аксайский район	11.51	12.30	12.61
Багаевский район	11.38	11.99	12.45
Белокалитвинский район	11.37	11.93	12.46
Боковский район	11.47	12.11	12.55
Верхнедонской район	11.53	12.23	12.64
Веселовский район	10.97	11.39	12.04
Волгодонской район	10.86	11.25	11.94
Дубовский район	10.63	10.99	11.74
Егорлыкский район	11.68	12.37	12.84
Заветинский район	11.45	12.05	12.54
Зерноградский район	11.17	11.64	12.23
Зимовниковский район	11.54	12.23	12.68
Кагальницкий район	11.40	11.94	12.48
Каменский район	11.74	12.36	12.77
Кашарский район	11.15	11.53	12.19
Константиновский район	11.26	11.74	12.33
Красносулинский район	11.55	12.21	12.67
Куйбышевский район	11.46	11.98	12.51
Мартыновский район	11.68	12.33	12.76
Матвеево-Курганский район	10.74	11.08	11.81
Миллеровский район	11.51	12.10	12.59
Милютинский район	11.27	11.75	12.35
Морозовский район	11.44	12.00	12.51
Мясниковский район	11.40	11.93	12.47
Неклиновский район	11.30	11.80	12.37
Обливский район	11.12	11.56	12.19
Октябрьский район	11.15	11.60	12.24
Орловский район	11.69	12.27	12.73
Песчанокопский район	11.59	12.18	12.64
Пролетарский район	11.69	12.27	12.71
Ремонтненский район	10.89	11.29	11.98
Родионово-Несветайский район	11.02	11.44	12.10
Сальский район	11.74	12.34	12.73
Семикаракорский район	11.65	12.22	12.69
Советский район	11.55	12.26	12.70
Тарасовский район	11.56	12.15	12.62
Тацинский район	11.47	12.02	12.53
Усть-Донецкий район	11.44	11.94	12.45
Целинский район	11.73	12.28	12.73
Цимлянский район	11.60	12.16	12.57
Чертковский район	11.48	11.95	12.43
Шолоховский район	11.57	12.12	12.55

тических данных среднегодовой температуры воздуха по продукту CRU TS за 2021 г. с данными за 2030 и 2040 годы.

Полученные данные показывают, что отношение смоделированных данных на 2030 г. и фактических данных за 2020 г. не превышает 6 %. Отношение смоделированных данных на 2040 г. и фактических данных за 2020 г. не превышает 9 %.

Полученные данные показывают, что отношения смоделированных данных на 2030 г. и фактических данных за 2020 г. не превышают 4 %. Отношение смоделированных данных на 2040 г. и фактических данных за 2020 г. не превышает 10 %.

Для создания климатических карт были выбраны 3 климатических периода: фактические данные за 2020 г., данные моделирования на 2030 и 2040 годы.

Для разработки климатических карт региона необходимо было провести интерполяцию для выявления интерполированных поверхностей. Интерполяция проводилась в геоинформационной среде QGIS 3.18 с помощью инструмента «Интерполяция методов ОВР».

Интерполяция позволяет заполнить пустые (значения без данных) значения с помощью известных точечных значений, используя математические действия.

Полученные данные интерполяции методом ОВР можно классифицировать. Данные разбиваются по классам на диапазоны значений и к каждому классу присваивается свое значение цвета.

С помощью генератора геометрии были исключены те изолинии, которые затрудняли визуальное восприятие полученных растров, а именно в местах расположения точечных данных в виде центроидов. Это одна из особенностей интерполяции методом обратно-взвешенных расстояний. Она заключается в том, что максимальный «вес» точки приходится на центроид, из которого брались значения пикселя CRU TS, а вокруг этого центроида образуются изолинии, ограничивающие визуальное ориентирование на карте.

Создается единый макет для составления и компоновки климатических карт. Подбирается общая система координат, строится масштабная линейка, составляется легенда карты.

Созданные карты представлены на рисунках 1–3.

Карты, созданные по данным моделирования за 2030 и 2040 гг., позволяют понять, что среднегодовая температура воздуха на территории Ростовской области не превышает 10 % от значений 2020 г., что свидетельствует о незначительной динамике климата, подверженной глобальному потеплению.

Заключение. Проведя математико-картографическое моделирование динамики климата Ростовской области, можно заметить, что регион не подвержен серьезным климатическим изменениям в будущем, что, в свою очередь, позволяет сказать, что у региона имеется устойчивый климат.

Таблица 2

Моделирование среднегодовой температуры воздуха (°C) на территории Ростовской области по городским округам по данным CRU TS

Городской округ	2020	2030	2040
городской округ Азов	11.31	11.85	12.40
городской округ Батайск	11.13	11.60	12.20
городской округ Волгодонск	11.40	11.98	12.48
городской округ Гуково	10.65	11.00	11.74
городской округ Донецк	10.93	11.39	12.05
городской округ Зверево	10.74	11.10	11.81
городской округ Каменск-Шахтинский	11.66	12.39	12.90
городской округ Новочеркасск	11.16	11.60	12.22
городской округ Новошахтинск	11.77	12.35	12.75
городской округ Ростов-на-Дону	11.48	12.12	12.55
городской округ Таганрог	11.36	11.88	12.43
городской округ Шахты	10.84	11.23	11.92

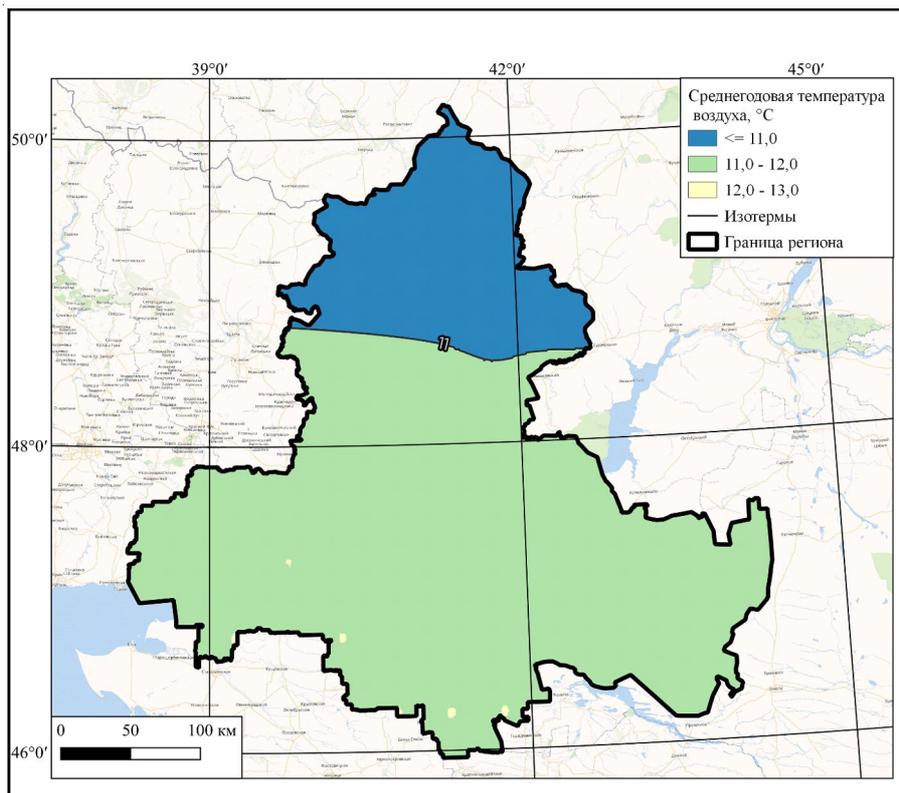


Рис. 1. Карта среднегодовой температуры воздуха за 2020 г. на территорию Ростовской области по данным CRU TS

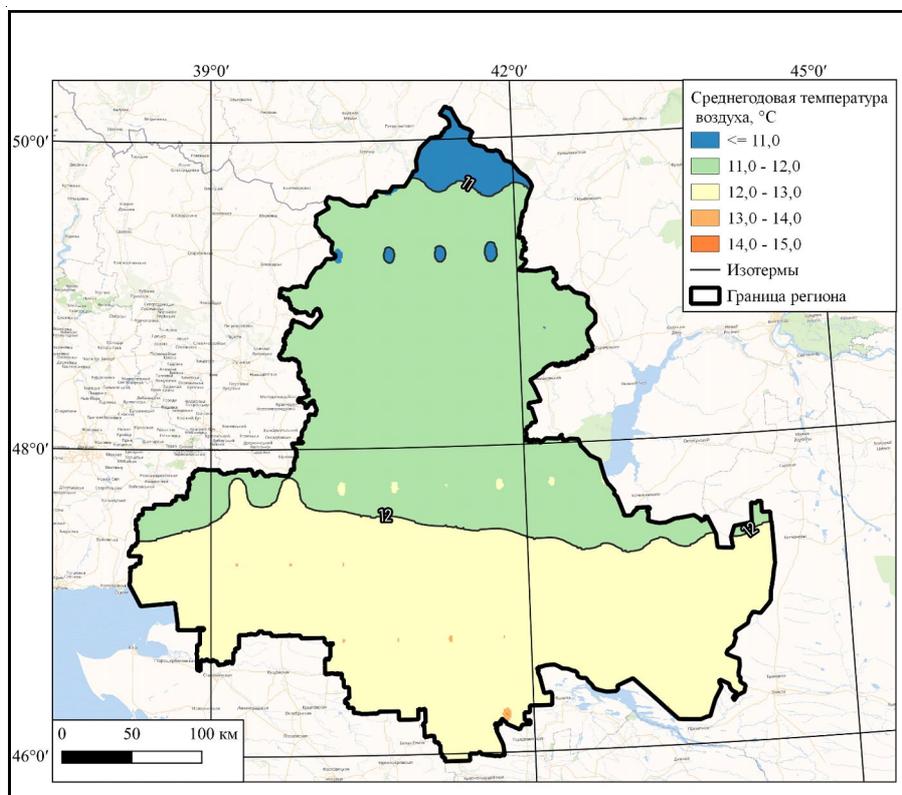


Рис. 2. Карта среднегодовой температуры воздуха за 2030 г. на территорию Ростовской области по данным CRU TS

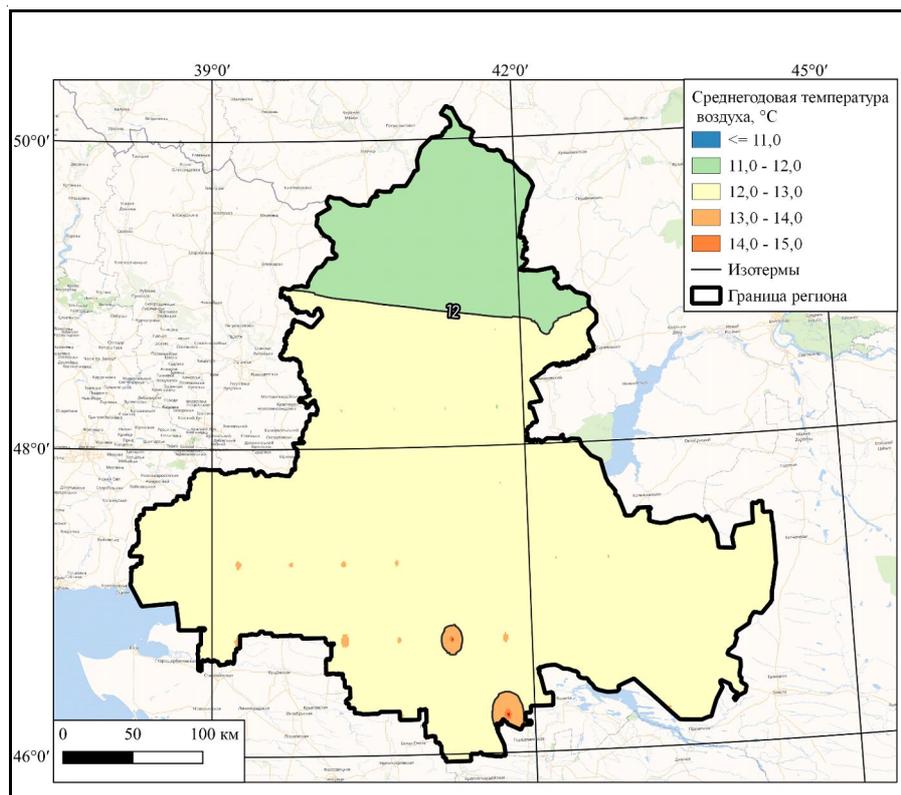


Рис. 3. Карта среднегодовой температуры воздуха за 2040 г. на территорию Ростовской области по данным CRU TS

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3 “Theoretical foundations for the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry landscape complexes in transitional natural-geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical-cartographic modeling in modern conditions”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. – DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-1-81-83

2. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев [и др.]. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

3. Дорошенко, В. В. Определение тренда режима осадков и температурного режима на территории полуострова Крым при прогнозировании их динамики / В. В. Дорошенко // Материалы Научной сессии. В 2 т. Направления: XII. Естественные науки. (г. Волгоград, 22–26 апр. 2019 г.). Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2019. С. 239–242.

4. Корец, М. А. Пространственно-временная динамика температур воздуха и количества осадков на основе данных Climatic Research Unit (Cru Ts V. 3.22) за период 1931–2010 для территории ключевых притоков р. Енисей / М. А. Корец, А. С. Прокушкин // Лесные экосистемы boreальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски : материалы Всерос. конф. с междунар. участием (г. Красноярск, 26–31 августа 2019 года). Красноярск : Ин-т леса СО РАН, 2019. С. 193–195.

5. Кулик, К. Н. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикас-

пия / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26, № 2 (83). – С. 16–24.

6. Матвеев, Ш. Оценка точности глобальных климатических данных температур воздуха Cru TS на территории Ростовской области / Ш. Матвеев // Грани познания. – 2022. – № 3 (80). – С. 88–92.

7. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами / А. М. Пугачева [и др.] // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28, № 4 (93). – С. 13–21. – DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-13-21

8. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019–2022 гг. / С. С. Шинкаренко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 319–327. – DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327

9. High-Resolution Gridded Datasets. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>

REFERENCES

1. Berdengaliev R.N., Matveev Sh. Vliyanie klimaticheskikh faktorov na dinamiku landshaftnykh pozharov v pojme Nizhnego Dona [Influence of Climatic Factors on the Dynamics of Landscape Fires in the Floodplain of the Lower Don]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2022, no.11-1 (74), pp. 81-83. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-1-81-83

2. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., et al. *Geoinformatsionnye tehnologii v agrolesomelioratsyi* [Geoinformation Technologies in Agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2010. 102 p.

3. Doroshenko V.V. Opredelenie trenda rezhima osadkov i temperaturnogo rezhima na territorii poluostrova Krym pri prognozirovanii ih dinamiki [Determining the Trend of Precipitation and Temperature Regime on the Territory of the Crimean Peninsula When Predicting Their Dynamics]. *Materialy Nauchnoj sessii. V 2 t. Napravleniya: XII. Estestvennyye nauki. (g. Volgograd, 22–26 apr. 2019 g.)* [Proceedings of the Scientific Session. In 2 Vols. Directions: XII. Natural Sciences (Volgograd, April 22–26, 2019)]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2019, pp. 239-242.

4. Korec M.A., Prokushkin A.S. Prostranstvenno-vremennaja dinamika temperatur vozduha i kolichestva osadkov na osnove dannyh Climatic Research Unit (Cru Ts V. 3.22) za period 1931-2010 dlja territorii kljuчевykh pritokov r. Enisej [Spatio-Temporal Dynamics of Air Temperatures and Precipitation Based on Data from the Climatic Research Unit (Cru Ts V. 3.22) for the Period 1931–2010 for the Territory of Key Tributaries of the Yenisei]. *Lesnye jekosistemy boreal'noj zony: bioraznoobrazie, biojekonomika, jekologicheskie riski: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Forest Ecosystems of the Boreal Zone: Biodiversity, Bioeconomy, Environmental Risks: Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation]. Krasnojarsk, In-t lesa SO RAN, 2019, pp. 193-195.

5. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G. Geoinformatsionnyi analiz opustynivaniia Severozapadnogo Prikaspiia [Geoinformation Analysis of Desertification of the North-Western Caspian]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2020, vol. 26, no. 2 (83), pp. 16-24.

6. Matveev Sh. Otsenka tochnosti globalnykh klimaticheskikh dannykh temperatur vozdukhа Cru TS na territorii Rostovskoi oblasti [Estimation of the Accuracy of Global Climatic Data of Air Temperatures Cru TS on the Territory of the Rostov Region]. *Grani poznaniia* [Facets of Knowledge], 2022, no. 3 (80), pp. 88-92.

7. Pugacheva A.M., Belyaev A.I., Trubakova K.Yu., Romadina O.D. Regional'nye izmeneniya klimata v suhikh stepyah i ih svjaz' s zasuhami [Regional Climate Changes in Dry Steppes and Their Connection with Droughts]. *Aridnye jekosistemy* [Arid Ecosystems], 2022, vol. 28, no. 4 (93), pp. 13-21. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-13-21

8. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengaliyeva A.N., Doroshenko V.V. Sputnikovyy monitoring processov opustynivaniya na juge Evropejskoj Rossii v 2019-2022 gg. [Satellite Monitoring of Desertification Processes in the South of European Russia in 2019–2022]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2022, vol. 19, no. 5, pp. 319-327. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327

9. *High-Resolution Gridded Datasets*. URL: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>

Information About the Author

Stefan Matveev, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, matveev-sh@vfanc.ru

Информация об авторе

Штефан Матвеев, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, matveev-sh@vfanc.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6>

UDC 551.4.03

LBC 26.823.41

GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE RELIEF OF THE ASTRAKHAN TRANS-VOLGA REGION ¹

Alina V. Melikhova

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

Abstract. The Astrakhan Trans-Volga region belongs to the dry-steppe and semi-desert zones, in connection with which deflation and desertification pose the greatest danger to this territory. For mapping, the Krasnoyarsk and Kharabalinsky municipal districts of the Astrakhan region were selected, which are located on the territory of the Northern Caspian Sea and are most susceptible to intense desertification processes. In addition, the study area is characterized by thin soils, so the development of desertification processes is a rapidly growing and hardly reversible process. The relevance of the analysis of the relief of the territory is due to the influence of geomorphological characteristics on the magnitude and dynamics of erosive land degradation. The research methodology is based on the use of geoinformation systems for the development of analytical maps based on digital elevation models and geostatistical analysis of the spatial distribution of its structure. Geostatistical analysis is a part of the geoinformation analysis of the relief, thanks to which the description of the physical and geographical scheme of the interaction of landscape components is carried out. Geoinformation analysis of the Astrakhan Trans-Volga region revealed that 63% of the territory has an inclination angle from 0 to 1°, and 90% does not exceed 3.0°. The distribution of the territory by orientation relative to the cardinal points is uneven; the main part of the territory (74.38%) has a southern exposure. The territories with the western, eastern and southeastern exposure (1.21%, 0.05%, and 5.19%, respectively) received the least distribution in quantitative terms. The research results are presented with analytical relief maps, elevation ranges in the study area, and slope steepness. These results make it possible to assess the erosion hazard of such areas and develop measures to prevent their degradation in advance.

Key words: relief, geomorphology, Astrakhan Trans-Volga region, exposure, steepness.

Citation. Melikhova A.V. Geoinformation Analysis of the Relief of the Astrakhan Trans-Volga Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 13, no. 1, pp. 39-43. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6>

УДК 551.4.03

ББК 26.823.41

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА АСТРАХАНСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ¹

Алина Владимировна Мелихова

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

Аннотация. Астраханское Заволжье относится к сухостепной и полупустынной зоне, в связи с чем дефляция и опустынивание представляют наибольшую опасность для данной территории. Для картографирования выбраны Красноярский и Харабалинский муниципальные районы Астраханской области, которые располагаются на территории Северного Прикаспия и наиболее подвержены интенсивным процессам опустынивания. Кроме того, область исследования характеризуется маломощными почвами, поэтому развитие процессов опустынивания является быстро нарастающим и труднообратимым процессом. Актуальность анализа рельефа территории обусловлена влиянием геоморфологических характеристик на величину и динамику эрозионной деградации земель. Методика исследований базируется на использовании геоинформационных систем для разработки аналитических карт на основе цифровых моделей рельефа и геостатистичес-

кого анализа пространственного распределения его структуры. Геостатистический анализ является частью геоинформационного анализа рельефа, благодаря которому осуществляется описание физико-географической схемы взаимодействия компонентов ландшафта. Таким образом, геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья позволил установить, что 63 % (793 тыс. га) территории имеют углы наклона от 0 до 1°, а на 90 % площади крутизна не превышает значение 3,0°. Распределение территории по ориентации относительно сторон света неравномерное – основная часть территории (74,38 %) имеет южную экспозицию. Наименьшее распространение в количественном отношении получили территории с западной, восточной и юго-восточной экспозицией (1,21 %, 0,05 % и 5,19 % соответственно). Результаты исследований представлены аналитическими картами рельефа, диапазонов высот на территории исследования и крутизны склонов. Эти результаты позволяют провести оценку эрозионной опасности таких участков и заранее разработать меры по предотвращению их деградации.

Ключевые слова: рельеф, геоморфология, Астраханское Заволжье, экспозиция, крутизна.

Цитирование. Мелихова А. В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 39–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6>

Введение. Астраханское Заволжье относится к полупустынной и сухостепной зоне, расположенной на территории Прикаспийской низменности. Юг европейской части РФ наиболее важен для проведения своевременных ландшафтных исследований, потому как деградация ландшафтов Астраханского Заволжья нарастает с севера на юг [3; 8; 11]. При этом большая часть очагов опустынивания, которые являются крайним проявлением деградации земель, располагается в двух муниципальных единицах Астраханской области – Харабалинском и Красноярском районах. Актуальность анализа рельефа территории обусловлена влиянием геоморфологических характеристик на величину и динамику эрозионной деградации земель [7]. Процесс опустынивания астраханских аридных пастбищ связан с ускорением нарастания засушливости климата и негативным воздействием выпаса животных, что также увеличивает частоту пыльных бурь [2; 4]. Благодаря расширенному функционалу современных ГИС-систем в работе с пространственными данными представляется возможным определение и получение основных геоморфологических параметров изучаемого рельефа местности.

Материалы и методы исследования. Основным источником данных о рельефе являются глобальные цифровые модели SRTM. В свободной географической информационной системе QGIS (версия 3.26 «Buenos Aires») создавались тематические слои соответствующих пространственных данных и цифровой модели рельефа. Цифровая картографическая модель хранит в себе информацию целого ком-

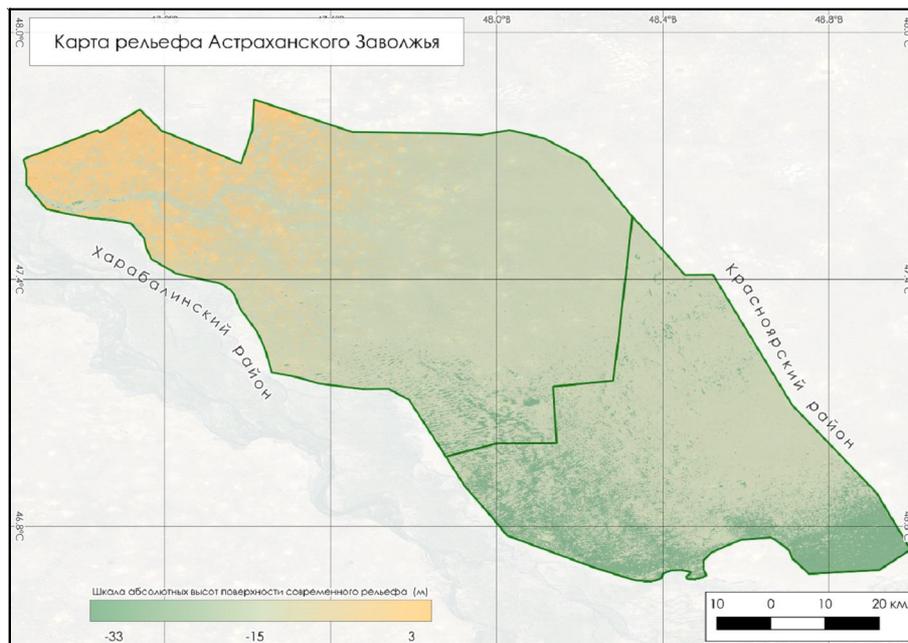
плекса компьютерного цифрового представления пространственных данных с визуализацией их содержания [6; 10].

В результате исследований получается полная картина особенностей рельефа объекта исследования, которая позволяет определить возможность хозяйственного использования территории.

В данной работе применялись открытые наборы данных OSM (OpenStreetMap) для определения границ муниципальных районов Астраханской области, а также инструментарий QGIS (3.26) – «экспозиция», «крутизна склонов» и классификация раstra.

Результаты и обсуждение. Антропогенное воздействие оказывает большое влияние на состояние агроландшафтов в результате хозяйственной деятельности человека. Обработка почвы (изменение параметров и структуры почвенного слоя), а также создание пастбищной нагрузки осуществляет непосредственное воздействие на ландшафт [1]. При этом изменяется характер микрорельефа, разрушается биологическая экосистема почвы [5]. Параметры рельефа на территории исследования непосредственно влияют на степень деградации сельскохозяйственных земель. Только при наличии данных о характеристиках рельефа возможно оценить его влияние на деградацию земель, причем на больших площадях [9].

Картографирование рельефа проводилось на основе цифровой модели местности SRTM 3. В результате построена специализированная электронная карта геоинформационного анализа рельефа (см. рисунок).



Карта рельефа участка Астраханского Заволжья – Харабалинского и Красноярского районов

С использованием векторных данных о границах участка Астраханского Заволжья по цифровой модели рельефа SRTM 3 определяются основные характеристики рельефа, такие как экспозиция и крутизна уклонов, представленные в таблицах 1, 2.

При анализе распределения крутизны склона (табл. 1) выявлено, что 63 % (793 тыс. га) территории имеют углы наклона от 0 до 1°, а на 90 % площади крутизна не превышает значение 3,0°. Территории площадью 122 тыс. га (9,7 %) имеют крутизну склона от 3 до 4°. В результате исследований установлено, что рельеф представлен в основном равнинным типом, крутизна склонов может считаться незначительной на большей части территории. Большинство участков со значительной величиной уклонов приурочено к территории Харабалинского района, где располагается множество участков с небольшими холмами или дюнами.

Таблица 1

Распределение крутизны уклонов на территории Астраханского Заволжья

Крутизна склона (°)	% от общей площади	Площадь (га)
0–0,9	63	792 795,65
1–1,9	12,3	154 783,91
2–2,9	15	188 760,87
3–3,9	7,6	95 638,84
> 4	2,1	26 426,52

Распределение территории по ориентации относительно сторон света неравномерное (табл. 2). Основная часть территории (74,38 %) имеет южную экспозицию. Наименьшее распространение получили территории с западной, восточной и юго-восточной экспозицией (1,21 %, 0,05 % и 5,19 % соответственно). Это позволяет охарактеризовать зону исследования как территорию с преимущественно южной экспозицией, что соответствует общей закономерности, согласно которой Прикаспийская низменность имеет уклоны в сторону Каспийского моря.

Таблица 2

Распределение экспозиции по румбам для территории Астраханского Заволжья

Румб	% румба	Площадь (га)
Запад	1,21	15 230,97
Юго-Запад	19,17	241 251,36
Восток	0,05	691,2
Юго-Восток	5,19	65 284,29
Юг	74,38	935 947,98

Заключение. Исследования показали, что рельеф Астраханского Заволжья имеет равнинный тип, без существенных перепадов, что создает условия для свободного перемещения воздушных масс и, в итоге, приводит к негативному воздействию пыльных бур на

растительность агроландшафтов. Морфометрический анализ территории на основе данных дистанционного зондирования Земли показал, что территория Астраханского Заволжья находится преимущественно на участках с небольшим уклоном (до 1,5°) и с южной и юго-западной экспозицией.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена по теме НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

The work was carried out on the topic of research work of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100311-3 “Theoretical foundations for the functioning and natural and anthropogenic transformation of agroforestry landscape complexes in transitional natural and geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical and cartographic modeling in modern conditions”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 31–36. – DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36>
2. Календжян, Т. В. Особенности климата Астраханской области / Т. В. Календжян, М. М. Иолин, А. С. Борзова // Современные проблемы географии : межвуз. сб. науч. тр. Вып. 5. – 2021. – С. 125–128.
3. Кравченко, А. С. Геоинформационный анализ ландшафтов Астраханского Заволжья / А. С. Кравченко, В. Г. Юферев, С. С. Шинкаренко // Известия НВ АУК. – 2017. – № 4(48). – С. 154–163.
4. Кулик, К. Н. Геоинформационный анализ динамики опустынивания на территории Астраханской области / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, В. Г. Юферев // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21, № 3(64). – С. 23–32.
5. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засу-

хи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)». Т. 3 / под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – М. : Изд-во МБА, 2021. – 700 с.

6. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019–2022 гг. / С. С. Шинкаренко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 319–327. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327>

7. Тютюма, Н. В. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия / Н. В. Тютюма, Г. К. Булахтина // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (24–26 нояб. 2016 г.). – Махачкала : Ин-т геологии ДНЦ РАН, АЛЕФ, 2016. – Вып. 67. – С. 68–70.

8. Шинкаренко, С. С. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре – октябре 2020 г. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 17, № 7. – С. 270–275.

9. Юферев, В. Г. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины / В. Г. Юферев, А. В. Мелихова, В. В. Балынова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 67–76. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9>

10. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. – 2020. – Vol. 10, № 2. – P. 98–105. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079096120020080>

11. On the 30th Anniversary of the “General Plan to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures” / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. – 2018. – Vol. 14, № 1. – P. 1–6. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079096118010067>

REFERENCES

1. Doroshenko V.V. Geoinformatsyonnyj analiz razvitiya protsessov opustynivaniya v Stavropol'skom krae [Geoinformation Analysis of Desertification Processes in the Stavropol Territory]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 3 (118), pp. 31-36. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36>
2. Kalendzhjan T.V. Osobennosti klimata Astrakhanskoj oblasti [Features of the Climate of the Astrakhan Region]. *Sovremennye problemy geografii: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Modern Problems of Geography: Interuniversity Collection of Scientific Papers], vol. 5, 2021, pp. 125-128.

3. Kravchenko A.S. Geoinformatsyonnyj analiz landshaftov Astrakhanskogo Zavolzh'ya [Geoinformation Analysis of the Landscapes of the Astrakhan Trans-Volga Region]. *Izvestiya NV AUK* [Izvestia NV AUK], 2017, no. 4 (48), pp. 154-163.

4. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformatsyonnyj analiz dinamiki opustynivaniya na territorii Astrakhanskoj oblasti [Geoinformation Analysis of Desertification Dynamics in the Territory of the Astrakhan Region]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2015, vol. 21, no. 3 (64), pp. 23-32.

5. *Natsyonal'nyj doklad «Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: proyavleniya zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsyya posledstvij i adaptatsyonnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyajstvo)»* [National Report "Global Climate and Soil Cover in Russia: Manifestations of Drought, Prevention Measures, Control, Elimination of Consequences and Adaptation Measures (Agriculture and Forestry)"], 2021, vol. 3. Moscow, Izd-vo MBA. 700 p.

6. Shinkarenko S.S. Sputnikovyy monitoring protsessov opustynivaniya na yuge Evropejskoj Rossii v 2019–2022 gg. [Satellite Monitoring of Desertification Processes in the South of European Russia in 2019-2022]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2022, vol. 19, no. 5, pp. 319-327. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327>

7. Tyutyuma N.V. Problema opustynivaniya aridnoj zony Astrakhanskoj oblasti v usloviyakh izmeneniya klimata i povyshennogo antropogennogo vozdejstviya [The Problem of Desertification of the

Arid Zone of the Astrakhan Region in the Context of Climate Change and Increased Anthropogenic Impact]. *Prirodnye i antropogennye izmeneniya aridnykh ekosistem i bor'ba s opustynivaniem : sb. st. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (24–26 noyabrya 2016 g.)* [Natural and Anthropogenic Changes in Arid Ecosystems and Combating Desertification: Sat. Art. According to the Materials of the Intern. Scientific-Practical. Conf. (November 24–26, 2016)]. Mahachkala, In-t geologii DNC RAN, ALEF, 2016, iss. 67, pp. 68-70.

8. Shinkarenko S.S. Posledstviya pyl'nykh bur' na yuge evropejskoj chasti Rossii v sentyabre – oktyabre 2020 g. [Consequences of Dust Storms in the South of the European part of Russia in September-October 2020]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 17, no. 7, pp. 270-275.

9. Yuferev V.G. Geoinformatsyonnyj analiz rel'efa Kumo-Manychskoj vpadiny [Geoinformation Analysis of the Relief of the Kuma-Manych Depression]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9>

10. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., et al. Geoinformatsionnyj analiz opustynivaniya severozapadnoj chasti Kaspijskogo morya [Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian]. *Arid Ecosystems*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 98-105. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079096120020080>

11. Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., et al. On the 30th Anniversary of the «General Plan to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures», *Arid Ecosystems*, 2018, no. 14 (1), pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079096118010067>

Information About the Author

Alina V. Melikhova, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation; Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, melihova-a@vfanc.ru

Информация об авторе

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



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

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

Уважаемые читатели!

Подписка на II полугодие 2023 года осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и журналы». Т. 1. Подписной индекс 29087.

Стоимость подписки на II полугодие 2023 года 1075 руб. 94 коп.

Распространение журнала осуществляется по адресной системе.

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

1. Материалы представляются на бумажном и электронном носителях по адресу: 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100, Волгоградский государственный университет – главному редактору 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.

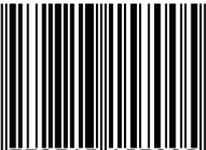
- 1) Библиографические ссылки на пристатейный список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера источника и через запятую номеров соответствующих страниц.
- 2) Пристатейный список литературы, озаглавленный как «Список литературы», составляется 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>.

ISSN 2713-1572



9 772713 157005



43 >