

16+

ISSN 2311-1402

НИЖНЕВАРТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА



БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

4 (60)/2022





ВЕСТНИК НИЖНЕВАРТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА



Журнал основан в 2008 г.

включен в Перечень рецензируемых научных изданий,
утвержденный Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.12.2015.

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4>

Учредитель: ФГБОУ ВО «Нижневартковский государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 80105 от 31.12.2020.

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77 – 79658 от 27.11.2020.

Подписной индекс АО «Почта России» ПП617

Периодичность издания: 4 раза в год / ежеквартально
Язык издания: русский, английский

Индексируется и размещается: CrossRef, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), НЭБ КиберЛенинка (CyberLeninka), ЭБС IPRbooks, ЭБС «Лань», DOAJ, ZENODO, OpenAIRE, ZDB, Google Академия, Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), Open Academic Journals Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa (PBN), Dimensions, AGRIS, Open Ukrainian Citation Index.

Адрес редакции: Россия, 628616, ХМАО-Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина, 56. тел./факс: (3466) 44-39-50, факс: (3466) 45-18-05
e-mail: nvsu@nvsu.ru, red@nvsu.ru

Адрес издательства: Россия, 628616, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, д. 4.
Тел./факс: (3466) 24-50-51, e-mail: izd@nvsu.ru

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 20.07.2022 г.) по специальностям: 1.5.15. Экология (биологические науки), 5.6.1. Отечественная история (исторические науки), 5.6.2. Всеобщая история (исторические науки), 5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)



Тип лицензии CC, поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Издатель: ФГБОУ ВО «Нижневартковский государственный университет», Россия, 628605, ХМАО-Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина, 56
Исполнитель: Издательство НВГУ, Россия, 628616, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, д. 4.

ISSN 2311-1402 (Print)
ISSN 2686-8784 (Online)

Подготовлено и отпечатано в изд-ве НВГУ
Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 15.11.2022
Дата выхода 20.12.2022
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Times. Усл. печ. листов 10,25.
Тираж 100 экз. Заказ 2267 Цена: бесплатно

Главный редактор: **Горлов С. И.** (г. Нижневартовск, Россия)
Зам. гл. редактора: **Погонышев Д. А.** (г. Нижневартовск, Россия)
Отв. редактор: **Овечкина Е. С.** (г. Нижневартовск, Россия)

Редакционная коллегия:

Аикин В. А. (г. Омск, Россия)
Войтенко А. А. (г. Москва, Россия)
Гбоко С. К. (г. Буаке, Кот-д'Ивуар)
Горшков-Кантакузен В. А. (г. Мидлсекс, Великобритания)
Дайнеко Н. М. (г. Гомель, Беларусь)
Ибрагимова Л. А. (г. Нижневартовск, Россия)
Еманов А. Г. (г. Тюмень, Россия)
Казанский М. М. (г. Париж, Франция)
Кулагин А. Ю. (г. Уфа, Россия)
Лубышева Л. И. (г. Москва, Россия)
Маймерова Г. Ш. (г. Бишкек, Кыргызстан)
Медведев С. С. (г. Санкт-Петербург, Россия)
Нурбеков Б. Ж. (г. Нур-Султан, Казахстан)
Синяевский Н. И. (г. Сургут, Россия)
Солодкин Я. Г. (г. Нижневартовск, Россия)
Суртаева Н. Н. (г. Санкт-Петербург, Россия)
Талыбов Т. Г. (г. Нахчыван, Азербайджан)
Фатуллаев П. У. (г. Нахчыван, Азербайджан)
Цысь В. В. (г. Нижневартовск, Россия)

16 +

Солдатова Е. Е. редактор
Овечкина Е. С. тех. редактор
Вилявин Д. В. верстка оригинал-макета



BULLETIN

of NIZHNEVARTOVSK
STATE UNIVERSITY



Bulletin of Nizhnevartovsk State University was founded in 2008

Included in the List of peer-reviewed scientific publications,

approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated 01.12.2015

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4>

The journal is published quarterly by the Publishing House of Nizhnevartovsk State University

Registration certificate PI number FS77-80105 on 31.12.2020.

Registration certificate EL number FS77-79658 on 31.12.2020.

Subscription index in the JSC "Russian post"- PP617.

Quarterly

Language of publication: Russian, English

Indexed: CrossRef, Russian Science Citation Index (RSCI), NES Cyber-Leninka (CyberLeninka), EBS IPRbooks, EBS Lan, DOAJ, ZENODO, OpenAIRE, ZDB, Google Academy, Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), Open Academic Journals Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa (PBN), Dimensions, AGRIS, Open Ukrainian Citation Index.

Editorial address: 628616, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra, Nizhnevartovsk, st. Lenin, 56. tel./fax: (3466) 44-39-50; (3466) 45-18-05 e-mail: nvsu@nvsu.ru, red@nvsu.ru

Publisher address: 628616, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra, Nizhnevartovsk, st. Marshal Zhukov, 4, of. 1001. tel.: (3466) 24-50-51, e-mail: izd@nvsu.ru

Editor-in-Chief: *Gorlov S. I.* (Nizhnevartovsk, Russia)

Deputy Editor: *Pogonyshchev D. A.* (Nizhnevartovsk, Russia)

Executive editor: *Ovechkina E.S.* (Nizhnevartovsk, Russia)

Editorial Board:

Aikin V. A. (Omsk, Russia)

Voitenko A. A. (Moscow, Russia)

Gboko S.K. (Bouake, Côte d'Ivoire)

Gorshkov-Kantakuzen V.A. (Middlesex, UK)

Daineko N. M. (Gomel, Belarus)

Ibragimova L. A. (Nizhnevartovsk, Russia)

Emanov A. G. (Tyumen, Russia)

Kazansky M. M. (Paris, France)

Kulagin A. Yu. (Ufa, Russia)

Lubysheva L. I. (Moscow, Russia)

Maymerova G. Sh. (Bishkek, Kyrgyzstan)

Medvedev S. S. (St. Petersburg, Russia)

Nurbekov B. Zh. (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Sinyavsky N. I. (Surgut, Russia)

Solodkin Ya. G. (Nizhnevartovsk, Russia)

Surtaeva N. N. (St. Petersburg, Russia)

Talibov T. G. (Nakhchivan, Azerbaijan)

Fatullayev P. U. (Nakhchivan, Azerbaijan)

Tsys V. V. (Nizhnevartovsk, Russia)

16+



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ISSN 2311-1402 (Print)

ISSN 2686-8784 (Online)

*Prepared and printed in the publishing house of NVGU
Ed. persons. JIP No. 020742. Signed for printing on 15.11.2022
Release date 20.12.2022
Format 60 × 84 1/8. Times typeface. CONV. print sheets 10.25.
Circulation 100 copies. Order 2267. Free*

*Soldatova E.E., editor
Ovechkina E.S., technical editor
Vilyavin D.V., design, publication layout*

© Nizhnevartovsk State University, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Хой К.В., Чыонг Х.Т., Уйен Н.Б., Дудкин Р.В., Зунг Л.В.</i> Состав и статус некоторых эндемичных секциях рода <i>Camellia</i> (Theaceae) во Вьетнаме	4
<i>Максимов А.П., Ковалёв М.С., Чичканова Е.С.</i> Особенности роста и развития <i>Hesperaloe Parviflora</i> (torr.) J.M. Coult. на южном берегу Крыма	14
<i>Дьякова Н.А.</i> Анализ особенностей накопления макро- и микроэлементов в траве пустырника пятилопастного флоры Воронежской области	24
<i>Коренькова О.О.</i> Особенности сезонного роста побегов крымской популяции <i>Juniperus deltoides</i> R.P. Adams	33
<i>Рябухина М.В., Хакимов Э.Р., Филиппова А.В., Латыпов А.А.</i> Экологические аспекты анализа возрастной структуры лесов национального парка «Бузулукский бор»	43
<i>Рябинина З.Н., Рябухина М.В.</i> Сравнительные флористические исследования островных боров южной границы ареала <i>Pinus sylvestris</i> территории Восточно-Европейской равнины и южной окраины Уральской горной страны	53
<i>Хныкин А.С., Иванцова Е.А., Лебедева Т.Н.</i> Изменения сообществ пауков при антропогенном загрязнении окружающей среды	68
<i>Стариков В.П., Майорова А.Д., Вершинин Е.А., Егоров С.В., Кравченко В.Н., Наконечный Н.В., Берников К.А., Сарapultseva Е.С.</i> Паразитические членистоногие мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон)	78
<i>Рагозин О.Н., Погоньшева И.А., Шаламова Е.Ю., Погоньшев Д.А., Рагозина Э.Р., Постникова В.В.</i> Вариабельность гелиоклиматических факторов и обращаемость в службу «скорая медицинская помощь» населения северного региона	89
<i>Фёдоров Н.М., Рыбка А.Г.</i> Факторы риска холангиокарциногенеза при паразитировании в организме природно-очагового экпатогена – гельминта <i>Opisthorchis felinus</i>	98
<i>Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмүлёв И.С.</i> Анализ потенциала ГИС-технологий в оценке экологических факторов маляриогенности территорий Волгоградской области	113
<i>Московченко Д.В., Романенко Е.А.</i> Биогеохимические особенности ландшафтов Надымского района ЯНАО	122

CONTENT

<i>Hoi Q.V., Truong H.T., Uyen N.B., Doudkin R.V., Dung L.V.</i> Composition and Status of Some Endemic Sections of the Genus <i>Camellia</i> (Theaceae) In Vietnam	4
<i>Maksimov A.P., Kovalev M.S., Chichkanova E.S.</i> Features of Growth and Development of <i>Hesperaloe Small-Flowered</i> <i>Hesperaloe parviflora</i> (Torr.) J.M. Coult. on the South Coast of Crimea	14
<i>Dyakova N.A.</i> Analysis of Features of Accumulation of Macro- and Microelements in Grass of Hollow of Five-Lobed Flora of Voronezh Region	24
<i>Korenkova O.O.</i> Features of Seasonal Growth of Shoots of the Crimean Population <i>Juniperus deltoides</i> R.P. Adams	33
<i>Ryabukhina M.V., Khakimov E.R., Filippova A.V., Latypov A.A.</i> Ecological Aspects of the Analysis of the Age Structure of the Stand of the National Park “Buzuluksky Bor”	43
<i>Ryabinina Z.N., Ryabukhina M.V.</i> Comparative Floristic Studies of Island Hogs of the Southern Border of the <i>Pinus sylvestris</i> Range on the Territory of the East European Plain and the Southern Outskirts of the Ural Mountain Country	53
<i>Khnykin A.S., Ivantsova E.A., Lebedeva T.N.</i> Changes in Spider Communities Under the Influence of Anthropogenic Environmental Pollution	68
<i>Starikov V.P., Mayorova A.D., Vershinin E.A., Egorov S.V., Kravchenko V.N., Nakonechny N.V., Bernikov K.A., Sarapultseva E.S.</i> Parasitic Arthropods of Small Mammals in the Subpolar Urals (Eastern Macro-Slope)	78
<i>Ragozin O.N., Pogonysheva I.A., Shalamova E.Yu., Pogonyshev D.A., Ragozina E.R., Postnikova V.V.</i> Variability of Helioclimate Factors and Applicability to the Emergency Service Population of the Northern Region	89
<i>Fedorov N.M., Rybka A.G.</i> Risk Factors of Cholangiocarcinogenesis in Parasitization of a Natural Focal Ecopathogen Helminth <i>Opisthorchis felinus</i>	98
<i>Novikov D.S., Kolomytsev V.V., Lebedeva V.V., Chmulev I.S.</i> Analysis of the Potential of GIS Technologies in the Assessment of Environmental Factors of Malariogenicity in the Territories of the Volgograd Region	113
<i>Moskovchenko D.V., Romanenko E.A.</i> Biogeochemical Features of Landscapes of the Nadym Region of YANAO	122

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И РАСТЕНИЙ / ECOLOGY OF MICROORGANISMS AND PLANTS

UDC 582.823

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/01>

Hoi Q.V., Truong H.T., Uyen N.B., Doudkin R.V., Dung L.V.

COMPOSITION AND STATUS OF SOME ENDEMIC SECTIONS OF THE GENUS *CAMELLIA* (THEACEAE) IN VIETNAM

Хой К.В., Чыонг Х.Т., Уйен Н.Б., Дудкин Р.В., Зунг Л.В.

СОСТАВ И СТАТУС НЕКОТОРЫХ ЭНДЕМИЧНЫХ СЕКЦИЙ РОДА *CAMELLIA* (THEACEAE) ВО ВЬЕТНАМЕ

Abstract. Recently, many new species of *Camellia* have been discovered in Vietnam. They accompanied some new sections that have been added to the genus *Camellia*. This study aims to determine the species composition of some endemic sections, as well as their current status in Vietnam. The study was based on 27 literature sources and examined a series of specimens of *Camellia* species from the herbarium. A total of 14 endemic species to Vietnam belong to 5 sections were considered. The common morphological characteristics of each section were modified, which have changed following the change in the number of species. Taxonomy keys to species have been given for sections containing more than one species. Information on the distribution and status of 14 endemic species has been given.

Keywords: Section, *Capitatae*, *Dalatia*, *Yersinia*, *Bidoupia*, *Obvoidea*, *Camellia*, Vietnam.

About the authors: Quach Van Hoi, ORCID: 0000-0002-3691-941X, Tay Nguyen Institute for Scientific Research, Vietnam Academy of Science and Technology, Dalat, Vietnam, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, quachvanhoi@gmail.com; Hoang Thanh Truong, ORCID: 0000-0002-8799-5818, Forest Science Institute of Central Highlands and South of Central Vietnam, Lam Dong, Vietnam, truonghoangthanhd@gmail.com; Ngo Bao Uyen, ORCID: 0000-0003-2209-9139, Agriculture Center-Da Lat City, Lam Dong, Vietnam, baouyenngo2011@gmail.com; Doudkin Roman Vasilevich, ORCID: 0000-0002-5528-7729, Scopus Author ID: 55589148700, SPIN-code: 9442-3725, Ph.D., Far Eastern Federal University, Botanical Garden-Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, r_doudkin@mail.ru; Luong Van Dung, ORCID: 0000-0001-5985-1975, Scopus Author ID: 56982753200, Dr. habil.,

Аннотация. Недавно во Вьетнаме было обнаружено много новых видов. Они сопровождали некоторые новые секции, которые были добавлены к роду *Camellia*. Это исследование целится на определение видового состава некоторых эндемичных секциях, а также их современного статуса во Вьетнаме. Это исследование было основано на 27 литературных источниках и рассмотрело серию образцов видов *Camellia* из гербария. В общей сложности было рассмотрено 14 эндемичных для Вьетнама видов в 5 секциях. Общие морфологические характеристики каждой секции были изменены, которые изменились вместе с изменением количества видов. Таксономические ключи к видам даны для секций, содержащих более одного вида. Приведены сведения о распространении и статусе 14 эндемичных видов.

Ключевые слова: Секция, *Capitatae*, *Dalatia*, *Yersinia*, *Bidoupia*, *Obvoidea*, *Camellia*, Вьетнам.

Сведения об авторах: Куач Ван Хой, ORCID: 0000-0002-3691-941X, Институт научных исследований Тай Нгуена, Вьетнамская академия наук и технологий, г. Далат, Вьетнам, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия, quachvanhoi@gmail.com; Хоанг Тхань Чыонг, ORCID: 0000-0002-8799-5818, Институт лесоведения Центрального нагорья и юга Центрального Вьетнама, Лам Дунг, Вьетнам, truonghoangthanhd@gmail.com; Нго Бао Уйен, ORCID: 0000-0003-2209-9139, Сельскохозяйственный центр-города Далат, Ламдонг, Вьетнам, baouyenngo2011@gmail.com; Дудкин Роман Васильевич, ORCID: 0000-0002-5528-7729, Scopus Author ID: 55589148700, SPIN-код: 9442-3725, канд. биол. наук, Институт Мирового океана, Дальневосточный федеральный университет, Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, r_doudkin@mail.ru; Лыонг Ван Зунг, ORCID: 0000-0001-5985-1975, Scopus Author ID: 56982753200, д-р биол. наук,

Faculty of Biology, Dalat University, Lam Dong,
Vietnam, luongvandungdl@gmail.com

Далатский университет, Ламдонг, Вьетнам,
luongvandungdl@gmail.com

Hoi Q.V., Truong H.T., Uyen N.B., Doudkin R.V., Dung L.V. Composition and Status of Some Endemic Sections of the Genus *Camellia* (Theaceae) in Vietnam // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 4-13. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/01>

Hoi, Q.V., Truong, H.T., Uyen, N.B., Doudkin, R.V., & Dung L.V. (2022). Composition and Status of Some Endemic Sections of the Genus *Camellia* (Theaceae) in Vietnam. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 4-13. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/01>

Introduction. *Camellia* is the largest genus in Theaceae family with about 280 species [2; 17]. According to a recent statistic of Ninh *et al.* (2020) there are 95 species of *Camellia* in Vietnam, and Vietnam is considered as one of the two centers of diversity of *Camellia* species [5; 7; 17]. Currently, there are 3 systems of Sealy (1958), Chang & Bartholomew (1984) and Ming & Bartholomew (2007) which are recognized and used more widely [5; 17]. Sealy (1958) divided species of the genus *Camellia* into 12 sections, including 2 groups. The first group consists of species that have flower apparently sessile, that bracteoles and sepals not distinguishable from one another. The other group consists of species with flower more or less distinctly pedicellate, bracteoles clearly distinguishable from sepals. Chang & Bartholomew (1984) divided this genus into four subgenera, including 20 sections. Then, perhaps, Ming & Bartholomew (2007) Ming based on Sealy's system divided the genus *Camellia* into two subgenera (*Camellia* and *Thea*), including 14 sections. Ninh (2002) divided the genus *Camellia* with Vietnamese representatives into 4 subgenera and 15 sections. Also, with the *Camellia* representatives of Vietnam, Hien (2017) divides this genus into 2 subgenera with 11 sections [3; 5; 15]. Recently, many new species of *Camellia* have been discovered in Vietnam [4; 6; 8; 11; 24], accompanied by some new morphological characteristics were discovered in the genus *Camellia*. As a result, new sections were added to the genus *Camellia* [14; 17; 20; 21]. Many of them are endemic to Vietnam. Some other studies also merged the sections together led to change the number of sections [26; 27]. This study aims to determine the species composition of some endemic sections, as well as their current status in Vietnam.

Materials and methods. The study was based on 27 literature sources and a range of specimens of *Camellia* species were also examined from the herbarium in Vietnam (VNM, HN, DLU, SGN, VAFS) and via online images from the other herbarium (P, K, A, NY, NSW). The scientific names were nomenclature checked according to Shenzhen code of International Association for Plant Taxonomy [25] together with online consulted from the Plant List (<http://www.theplantlist.org>), World Flora Online (<http://www.worldfloraonline.org>), and International Plant Names Index (<https://www.ipni.org>). The morphological characteristics were used to establish the taxonomy keys for all species in the sections.

Results and discussions. 1. *Camellia* sect. *Capitatae* Orel (2014), Novon 23 (3): 315 [21].

Leaves elliptic to oval, or almost oblong to obovate; flowers sessile, perules 8–10; petals 6, in 2 whorls; stamens numerous, outer stamens attached to inner petals, basally fused; anthers small, distinct, basifixed; style single, with apically shortly 3-fid, stout, glabrous; ovary 3-carpellate, roughly triangular, glabrous [21].

The sect. *Capitatae* consists of only *Camellia capitata* species and is endemic to Vietnam.

(1) *Camellia capitata* Orel, Curry & Luu (2014), Novon 23 (3): 315, fig. 4; Orel & Curry (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 142; Beech *et al.* (2017), The Red List of Theaceae: 23 [1; 17; 21].

Type: VIETNAM. Lam Dong Prov., Cat Tien Nat. Park, plot 511, ca. 4 km N of Phuoc Son forest station, at altitude of 200 m, 11 Nov. 2010 (fl.), *Pham Hong Thai & Nguyen Danh Hiep CT5* (holotype, SGN; isotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. capitata* was found under canopy of the evergreen broad-leaved forest, which is situated within the Bu Gia Map Nat. Park in Bu Gia Map Dist., Binh Phuoc Prov. in southern Vietnam.

Conservation status: It is estimated of fewer than 5 mature individuals in a population. The habitat of this species is protected by the Bu Gia Map Nat. Park. It is listed as Critically Endangered (CR) according to of the Red List of Theaceae [1]. This is an endemic species to Vietnam.

2. *Camellia* sect. *Dalatia* Orel (2010), Nordic J. Bot. 28 (3): 281; Orel *et al.* (2014), Novon 23 (3): 313 [19; 21].

Flowers sessile or subsessile, rarely pedicellate (*C. decora* and *C. tadungensis*), mostly solitary, sometime geminate, yellow (except for *C. hongiaoensis*); perules (bracteoles and sepals) concave, persistent (except for *C. bugiamapensis*); petals vary in number 4-14, most yellow; filaments glabrous (except for *C. luteopallida*), outer filaments united each other and attached to the inner petals; style united or free to base; ovary 3-6-carpellate.

The section was established by Orel (2010) with the type species of *C. luteocerata*. Common characteristics were based on *C. luteocerata*. However, at present, the characteristics are not suitable due to many new species added to the section. Accompanying these species are some other characteristics added to the section. For example flower pedicellate in *C. decora* and *C. tadungensis*, flower pink in *C. hongiaoensis*, filaments finely hair and style 3 in *C. luteopallida*, style free to base in *C. hongiaoensis*, *C. decora*, *C. andersenii*, *C. insularis*, and *C. tienyenensis*. According to Luong *et al.* (2016) the section *Dalatia* consists of nine species including *C. luuana*. However, recently, *C. luuana* was proven to be a synonym of *Pyrenaria jonquieriana* [26]. Present, the sect. *Dalatia* consists of 9 species and is endemic to Vietnam.

Key to species of sect. *Dalatia*

- 1a. Style free to the base2
- 1b. Style united for some distance above the base, usually for most of their length.....6
- 2a. Perules tomentose; style tomentose or finely hairy3
- 2b. Perules glabrous; style glabrous4
- 3a. Flower pink to dark pink, campanulate shape*C. hongiaoensis*
- 3b. Flower yellow, rotate shape.....*C. decora*
- 4a. Young branches glabrous.....*C. andersenii*
- 4b. Young branches slightly or finely tomentose5
- 5a. Perules 9-12, petals 9-11.....*C. insularis*
- 5b. Perules 2-3, petals 4-6 *C. tienyenensis*
- 6a. Styles glabrous.....*C. luteocerata*

- 6b. Styles tomentose or finely hair7
 7a. Perules hair on both sides; filaments sparsely hairy; ovary 3.....*C. luteopallida*
 7b. Perules glabrous on the adaxial; filaments glabrous; ovary (4-)5-6.....8
 8a. Pedicel 0.3-0.5 cm; perules deciduous; ovary glabrous.....*C. bugiamapensis*
 8b. Pedicel 4-5 cm; perules persistent; ovary finely tomentose*C. tadungensis*

(2) *Camellia andersenii* Orel (2020), Int. Camellia J. 52: 129 [18].

Type: VIET NAM. Vinh Phuc Prov., foot of an unnamed mountain, 12. Dec.1999, G. Orel, A. S. Curry, R. Cherry, G. Richards, A. Raper & P. Cave. *Orel myt-3-23* (holotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. andersenii* grows in with wet conditions of the evergreen broad-leaved forest in Vinh Phuc Prov., in southern Vietnam.

Conservation status: Information on the distribution of *C. andersenii* is still restraint. The conservation status of this species has not been evaluated. This species is endemic to Vietnam.

(3) *Camellia bugiamapensis* Orel, Curry, Luu & Q. D. Nguyen (2014), Novon 23 (3): 313, fig. 3; Beech *et al.* (2017), The Red List of Theaceae: 23 [1; 21].

Type: VIETNAM. Binh Phuoc Prov., Bu Gia Map Natl. Park, low lying tropical forest ca. 1 km from Cambodia border, 18 December. 2011 (fl.), *Luu Hong Truong et al.* 698 (holotype, SGN; isotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. bugiamapensis* was found in moist conditions, under canopy of broad-leaved evergreen in the Bu Gia Map Nat. Park in southern Vietnam.

Conservation status: It is estimated there are fewer than 50 mature individuals in the population. The habitat of this species is protected by the Bu Gia Map Nat. Park. It is listed as CR [1]. This is an endemic species to Vietnam.

(4) *Camellia decora* Orel, Curry & Luu (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 173 [17].

Type: VIETNAM. Ninh Thuan Prov., 23 March 2009, Luu Hong Truong and staff of the Centre for Biodiversity and Development, *Luu VNM00012381* (holotype, NSW; isotypes, VNM).

Distribution and ecology: VIETNAM. This species grows in a forest within the Nui Chua Nat. Park in Ninh Thuan Prov. in central Vietnam.

Conservation status: Only few mature plants of *C. decora* is found at the discovery location. This species was provisionally assessed as Data Deficient (DD) according to the IUCN of Categories and Criteria [9].

(5) *Camellia hongiaoensis* Orel & Curry (2014), Telopea 17: 101, fig. 1, 2, 3, 4 [16].

Type: VIETNAM. Khanh Hoa Prov., in the vicinity of the Nha Trang City, 28 Nov. 2013, *Luong Van Dung, Cuong Quang Truong & Pham Huu Nhan, Orel & Curry OC36* (holotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. hongiaoensis* is found in the vicinity of Hon Ba Mt. in Khanh Hoa Prov. in central Vietnam.

Conservation status: This species is considered as Data Deficient (DD) according to the IUCN of Categories and Criteria [9]. This is an endemic species to Vietnam.

(6) *Camellia insularis* Orel & Curry (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 187 [17].

Type: VIETNAM. Quang Ninh Prov., estuarine islands, 5 Nov. 1999, G. Orel *et al.* 7219 (holotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. insularis* was found in an island near the coast in Quang Ninh Prov., Northern Vietnam. The habitat of *C. insularis* is in the shaded understory layer of an evergreen forest.

Conservation status: A few mature individuals of *C. insularis* were observed in discovery location. This species was provisionally assessed as Data Deficient (DD) according to the IUCN of Categories and Criteria [9; 17].

(7) *Camellia luteocerata* Orel (2010), Nordic J. Bot. 28(3): 280, fig. 1 [19].

Type: VIETNAM. Lam Dong Prov., the vicinity of Cat Tien National Park, 19 Dec. 2007, G. Orel, G. Richards, M. Richards and staff members of Cat Tien National Park, Orel 0715 (holotype, NSW; isotypes, NSW, HN).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. luteocerata* was discovered in the understory layer of an evergreen broad-leaved forest in Cat Tien Natl. Park, in Lam Dong Prov. This species grow in conditions of low light and high humidity on nutrient-poor soils.

Conservation status: *C. luteocerata* is listed as Vulnerable (VU) of the Red List of Theaceae due to the number of individual of population is relatively small [1].

(8) *Camellia luteopallida* Luong, T.Q.T. Nguyen & Luu (2016), Ann. Bot. Fenn. 53: 135, fig. 1 [10].

Type: VIETNAM. Dak Nong Prov., Gia Nghia Town, 21 October 2014, Luong Van Dung & Tran Trong Hung DL. 14.10.01 (holotype, DLU; isotype, SGN). 15 October 2015, Luong Van Dung & Tran Trong Hung DL. 15.10.02 (paratypes, DLU, SGN).

Distribution and ecology: VIETNAM. The species was found in mixed bamboo forest and broad-leaved trees along the Dong Nai River, bordering Lam Dong and Dak Nong Prov.

Conservation status: Habitat of species is being lost due to agricultural expansion. The species was provisionally categorised as Critically Endangered (CR) [9; 10].

(9) *Camellia tadungensis* Orel, Curry & Luu (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 256 [17].

Type: VIETNAM. Dak Nong Prov., Ta Dung Nat. Res., 11 Jan. 2011, Luu Hong Truong, Nguyen Quoc Dat & Nguyen Tran Quoc Trung, Luu, Nguyen & Nguyen TD 264 (holotype, NSW; isotypes, VNM).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. tadungensis* was found within the territory of Ta Dung Nature Reserves, in Dak Nong Prov., in Southern Vietnam.

Conservation status: *C. tadungensis* is being protected by the Ta Dung Nature Reserves. However, the species was assessed as Near Threatened (NT) according to IUCN categories and criteria [9; 17].

(10) *Camellia tienyenensis* Orel & Curry (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 234 [17].

Type: VIETNAM. Quang Ninh Prov., unnamed coastal region, 2 Dec. 1999, G. Orel, A. S. Curry, A. Luc, R. Cherry, G. Richards, A. Raper & P. Cave, Orel & Curry 991202 (holotype, NSW; isotypes, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. tienyenensis* was found in a coastal region in Tien Yen Dist., Quang Ninh Prov., in Northern Vietnam.

Conservation status: At the present time, several mature plants were found in the type location. Therefore, *C. tienyenensis* was considered as Data Deficient (DD) according to IUCN categories and criteria [9; 17].

3. *Camellia* sect. *Yersinia* Orel (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 166 [17].

Leaves narrow elliptic, elliptic, to oval. Flowers axillary or terminal; axillary flowers mostly single, rarely geminate; terminal flowers strictly in a spike like inflorescence; bracteoles 2; petals 6, in 2 whorls; sepal 6, in two whorls; styles 5, glabrous, free to the base; ovary rotund, glabrous. Capsules large, unevenly globular. Seed large, globular, solitary [17].

This section has only *Camellia harlandii* species and is endemic to Vietnam. The species was listed as an unpublished species in Pursuit Hidden Camellias Vietnam China [17].

(11) *Camellia harlandii* Orel & Curry (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 166 [17].

Type: VIETNAM. Lam Dong Prov., Da Lat Plateau, 13 Jan. 2004, G. Orel, A. Curry, G. Richards & G. Wilkes 218 (holotype, isotype, NSW).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. harlandii* was found on Da Lat Plateau in Lam Dong Prov., Southern Vietnam. The species grow in understory layer of evergreen broad-leaved forest with wet conditions and relatively low elevations.

Conservation status: At the present time, several mature plants of *C. harlandii* were found in the type location. Therefore, *C. harlandii* was considered as Data Deficient (DD) according to IUCN categories and criteria [9; 16].

4. *Camellia* sect. *Bidoupia* Orel, Curry & Luu (2012), Edinburgh Journ. Bot. 69 (2): 348 [20].

Trunk strictly single, mostly branchless; young branches compressed, later rounded. Leaves distichous, leaf bases cordate to shallowly amplexicaul. Flowers pedunculate, solitary or geminate. Sepals 5. Petals 5 (6). Stamens not numerous. Styles, proximally fused, finely pubescent proximally; ovary densely tomentose, 3-carpellate. Mature fruit unevenly round, distinctly oblate, dehiscing into three parts, columella stout. Seed glabrous and laterally compressed [20].

This section includes only *Camellia inusitata* species and is endemic to Vietnam. This species is easily identified by its trunk strictly single, young branches compressed.

(12) *Camellia inusitata* Orel, Curry & Luu (2012). Edinburgh J. Bot. 69 (2): 348, fig. 1; Orel & Curry (2015), Pursuit Hidden Camellias Vietnam China: 95; Hien (2017), Fl. Vietnam: 219, fig. 89; Beech *et al.* (2017), The Red List of Theaceae: 27; Orel (2018), Int. Camellia J. 50: 68 [1; 3; 17; 20; 22].

Type: VIETNAM. Lam Dong Prov., Bidoup-Nui Ba Natl. Park, 19 Dec. 2010, Luu Hong Truong *et al.* 464 (holotype VNM; isotype NSW, VNM).

Distribution and ecology: VIETNAM. *C. inusitata* was found in an evergreen broad-leaved forest at Hon Giao Mountain of Bidoup-Nui Ba National Park, Lac Duong Dist. Lam Dong Prov.. This species grows on always wet and nutritionally relatively rich soils.

Conservation status: This species was assessed as Critically Endangered (CR) according to IUCN of Categories and Criteria and listed in the Red List of Theaceae [1; 9; 19]. This is an endemic species to Lam Dong Prov., Vietnam.

5. *Camellia* sect. *Obvoidea* Tran et Luong (2013), Int. Camellia J. 45: 87 [14].

Flowers yellow, terminal or axillary, medium large, yellow, pedicels bear two or three tiny bracteoles; ovary cylindrical, pubescent; style 3, free to the base; fruits obovoid.

This section consists of two *Camellia dilinhensis* and *Camellia vuquangensis* species and is endemic to Vietnam. The section was established by Dung (2013) because this is the first time he discovered that the genus *Camellia* possesses the characteristic of a fruit obovoid.

Key to the species of sect. *Obvoidea*.

1a. Petal 8–9, glabrous on both sides; leaves glabrous on both sides; young branches glabrous (13) *C. dilinhensis*

1b. Petal 13–14, pubescent on middle outer surface; leaves hirsute below; young branches pubescent

..... (14) *C. vuquangensis*

(13) *Camellia dilinhensis* Tran & Luong (2013), Int. Camellia J. 45: 87, fig 1; Ninh & Dung (2016), Dali Int. Camellia Cong. Dali Yunnan-China: 82; Beech *et al.* (2017), The Red List of Theaceae: 25 [1; 13; 14].

Type: VIETNAM. Lam Dong Prov., Cat Tien Dist., evergreen broadleaved forest, at altitudes of 500–600 m, 10 Oct. 2015, Luong Van Dung, Tran Trong Hung, Le Nguyet Hai Ninh, *DL.15.10.01* (holotype, DLU, HN; isotype, DLU).

Distribution and ecology: VIETNAM. This species was found in evergreen broad-leaved forest in Di Linh Dist. Lam Dong Prov. and in the mixed broad-leaved and bamboo forest in Da Mi Commune, Ham Thuan Bac Dist., Binh Thuan Prov.

Conservation status: This species assessed as Endangered (EN) according to The Red List of Theaceae [1]. This is an endemic species to Vietnam.

(14) *Camellia vuquangensis* Luong, Tran & L. T. Nguyen (2018), Korean J. Pl. Taxon. 48 (2): 115, fig. 1, 2 [12].

Type: VIETNAM. Ha Tinh Prov., Vu Quang Dist., 21 Aug. 2017 (fl), *Luong Van Dung et al. VN.0358* (holotype, DLU; isotype, VAFS).

Distribution and ecology: VIETNAM. This species was found at altitudes of 50–100 m in the forest of Vu Quang Int. Park, Vu Quang Dist., Ha Tinh Prov.

Conservation status: This species was assessed as Critically Endangered (CR) according to the IUCN of Categories and Criteria [9; 12].

Conclusions. This is first study on several endemic sections in the genus *Camellia* of Vietnam. Fourteen species from five sections have been reviewed. Three of them, the sections of *Capitatae*, *Yersinia* and *Bidoupia* consist of only one species for each section, sect. *Dalatia* consists of nine species, and sect. *Obvoidea* has two species. This is also first study that provides the complete taxonomic keys to species for two sections containing more than one species. A range of distribution locations for each species have been given. Most of the *Camellia* species are endemic to Vietnam, and they have been found in southern Vietnam (except *C. andersenii*, *C. andersenii*, *C. tienyenensis*

and *C. vuquangensis*). The current status of the species has been given. Most of the *Camellia* species endemic to Vietnam are endangered. Specifically, one species has not been evaluated, one species for each levels of Vulnerable (VU), Near Threatened (NT), and Endangered (EN), five species for each levels of Data Deficient (DD) and Critically Endangered (CR).

REFERENCES

1. Beech, E., Barstow, M., & Rivers, M. (2017). *The red list of Theaceae*. Botanic Gardens Conservation International.
2. Chang, H.T & Bartholomew, B. (1984). *Camellias*. B. T. Bastford Ltd., London.
3. Hien, N.H. (2017). Thuc vat chi Viet Nam (Flora of Vietnam), ho Che-Theaceae D. Don, *Publishing House for Science and Tecnology, Hanoi*, 128, 128-147 (in Vietnamese).
4. Hoang, T.T., Le, H.E., & Nguyen, T.L. (2022). *Camellia thuanana* (*Camellia* sect. *Chrysantha*)—A new species from the Central Highlands, Vietnam. *Dalat University Journal of Science*, 12(3), 18-26. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.931\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.931(2022))
5. Hoi, Q.V., Thin, D.B., & Thinh, B.B. (2021). Some research on the genus *Camellia* L. (Theaceae) with representatives in Vietnam. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, 54(2), 5-11. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/01>
6. Hoi, Q.V., Dung, L.V., Truong, H.T., Duy, N.V., Chung, B.D. & Roman. V. Doudkin (2022). *Camellia quynhii* (Theaceae, sect. *Stereocarpus*), a new yellow species from the Central Highlands, Vietnam. *Dalat university journal of science*, 12(3), 3-9. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.848\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.848(2022))
7. Hoi, Q.V., Dung, L.V., Doudkin, R.V., Chung, B.D., & Duy, N.V. (2021). Diversity of the genus *Camellia* L. (Theaceae) in Lam Dong province, Vietnam. *Academia Journal of Biology*, 43(4), 129-138. <https://doi.org/10.15625/2615-9023/15864>
8. Hoi, Q.V., Dung, L.V., Roman. V.D., Averyanov, L.V., Thinh, B.B., Lieu, N.T. & Truong, L.H. (2021). *Camellia proensis* (Theaceae, sect. *Piquetia*), a new species from Southern Vietnam. *Phytotaxa* 479(1), 137–141. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.479.1.12>
9. IUCN (2011). Guidelines for appropriate uses of IUCN Red List Data. Incorporating the Guidelines for Reporting on Proportion Threatened and the Guidelines on Scientific Collecting of Threatened Species. Version 2. Adopted by the IUCN Red List Committee and IUCN SSC Steering Committee.
10. Luu, H.T., Nguyen, T.Q.T., & Nguyen, Q.D. (2016, March). *Camellia luteopallida* (Theaceae), a new species from Vietnam. In *Annales Botanici Fennici*, 53(1-2), 135-138. <https://doi.org/10.5735/085.053.0224>
11. Ly, N.S., Luong, V.D., Le, T.H, Do, N.D., Tran, N., Nguyen, A.D., Nguyen, T.L., Uematsu, C. & Katayama, H. (2022). *Camellia annamensis* (Theaceae), a new species from central Vietnam. *Taiwania* 67(2), 243–249. <https://doi.org/10.6165/tai.2022.67.243>
12. Nguyen, L.T., Tran, N., Chiyomi, U., Hironori, K., Luong, D.V., Hoang, S.T., & Nguyen K.D. (2018). Two new species of *Camellia* (Theaceae) from Vietnam. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 48(2), 115–122. <https://doi.org/10.11110/kjpt.2018.48.2.115>
13. Ninh, L.N.H. & Dung, L.V. (2016). General Information about the Yellow *Camellia* Species in Vietnam. *Proceedings of Dali International Camellia Congress*, Dali Yunnan China. 80-84.
14. Tran, N., & Luong, V.D. (2013). *Camellia dilinhensis*: A new species from Vietnam. *Internal Camellia Journal*, 45, 87-89.
15. Tran, N. (2002). Biodiversity of the genus *Camellia* of Vietnam. *International Camellia Journal*, 34, 80-88.
16. Orel, G., & Curry, A.S. (2014). A new species of *Camellia* section *Dalatia* (Theaceae) from Vietnam. *Telopea*, 17, 99-105. <https://doi.org/10.7751/telopea20147551>
17. Orel, G., & Curry, A.S. (2015). *In pursuit of hidden camellias: 32 new 'Camellia' species from Vietnam and China*. Orel & Curry.
18. Orel, G. (2020). *Camellia andersenii* Orel, a new species of *Camellia* L. from Vietnam. *International Camellia Journal* 52: 128-132.
19. Orel, G. & Wilson P.G. (2010). *Camellia luteocerata* sp. nov. and a new section of *Camellia* (*Dalatia*) from Vietnam. *Nordic Journal of Botany* 28 (3): 280–284. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2010.00652.x>
20. Orel, G., Wilson P.G., Curry A.S. & Luu Hong Truong (2012). *Camellia inusitata* (Theaceae), a new species forming a new section (*Bidouipia*) from Vietnam. *Edinburgh journal of botany*, 69(2), 347-355. <https://doi.org/10.1017/S0960428612000170>

21. Orel, G., Wilson, P., Curry, A.S. & Luu, H.T. (2014). Four new species and two new sections of *Camellia* (Theaceae) from Vietnam. *Novon*, 23(3), 307-318.
22. Orel, G. (2018). Three *Camellia* species with wet feet. *International Camellia Journal* 50: 67-68.
23. Sealy, J. R. (1958). *A revision of the genus Camellia*. Royal Horticultural Society, London, 239 pp.
24. Truong, Q.C., Le, V.H., Le, V.S., Le, Q.M., Hoang, G., & Luu, H.T. (2022). *Camellia sphamii* (Theaceae, sect. *Piquetia*), a new taxon of yellow flower from Langbiang Biosphere Reserve, Vietnam. *Dalat University Journal of Science*, 12 (3), 10–17. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.947\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.947(2022))
25. Turland, N. J., J. H. Wiersema, F. R. Barrie, W. Greuter, D. L. Hawksworth, P. S. Herendeen, S. Knapp, et al. (2018). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books.
26. Yang, Y. K., Zhang, Q., Ma, J. L. & Yang, S. X. (2021). Taxonomic treatments of *Pyrenaria jonquieriana* (Theaceae) and related taxa. *Phytotaxa*, 525(3), 237-242. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.525.3.6>
27. Zhao, D. (2022). Three new synonyms of *Camellia kissi* (Theaceae). *Phytotaxa*, 531(1), 083-084. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.531.1.8>

ЛИТЕРАТУРА

1. Beech E., Barstow M., Rivers M. The red list of Theaceae. Botanic Gardens Conservation International, 2017.
2. Chang H.T., Bartholomew B. Camellias. B.T. Bastford Ltd., London, 1984. 211 p.
3. Hien N.H. Thuc vat chi Viet Nam (Flora of Vietnam), ho Che-Theaceae D // Don, Publishing House for Science and Tecnology, Hanoi. 2017. Vol. 128. P. 128–147 (in Vietnamese).
4. Hoang T.T., Le H.E., Nguyen T.L. *Camellia thuanana* (Camellia sect. *Chrysanth*)—A new species from the Central Highlands, Vietnam // *Dalat University Journal of Science*. 2022. Vol. 12. №3. P. 18-26. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.931\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.931(2022))
5. Hoi Q.V., Thin D.B., Thinh B.B. Some research on the genus *Camellia* L. (Theaceae) with representatives in Vietnam // *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2021. Vol. 54. №2. P. 5-11. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/01>
6. Hoi Q.V., Dung L.V., Truong H.T., Duy N.V., Chung B.D., Roman. V. Doudkin (2022). *Camellia quynhii* (Theaceae, sect. *Stereocarpus*), a new yellow species from the Central Highlands, Vietnam // *Dalat university journal of science*. Vol. 12. №3. P. 3–9. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.848\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.848(2022))
7. Hoi Q.V., Dung L.V., Doudkin R.V., Chung B.D., Duy N.V. Diversity of the genus *Camellia* L. (Theaceae) in Lam Dong province, Vietnam // *Academia Journal of Biology*. 2021. Vol. 43. №4. P. 129-138. <https://doi.org/10.15625/2615-9023/15864>
8. Hoi Q.V., Dung L.V., Doudkin R.V., Averyanov L.V., Thinh B.B., Lieu N.T., Truong L.H. *Camellia proensis* (Theaceae, sect. *Piquetia*), a new species from Southern Vietnam // *Phytotaxa*. 2021. Vol. 479. №1. P. 137-141. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.479.1.12>
9. IUCN. Guidelines for appropriate uses of IUCN Red List Data. Incorporating the Guidelines for Reporting on Proportion Threatened and the Guidelines on Scientific Collecting of Threatened Species. Version 2. Adopted by the IUCN Red List Committee and IUCN SSC Steering Committee. 2011.
10. Luu H.T., Nguyen T.Q.T., Nguyen Q.D. *Camellia luteopallida* (Theaceae), a new species from Vietnam // *Annales Botanici Fennici*. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. 2016. Vol. 53. №1-2. P. 135-138. <https://doi.org/10.5735/085.053.0224>
11. Ly N.S., Luong V.D., Le T.H., Do N.D., Tran N., Nguyen A.D., Nguyen T.L., Uematsu C., Katayama H. *Camellia annamensis* (Theaceae), a new species from central Vietnam // *Taiwania*. 2022. Vol. 67. №2. P. 243–249. <https://doi.org/10.6165/tai.2022.67.243>
12. Nguyen L.T., Tran N., Chiyomi U., Hironori K., Luong D.V., Hoang S.T., Nguyen K.D. Two new species of *Camellia* (Theaceae) from Vietnam // *Korean Journal of Plant Taxonomy*. 2018. Vol. 48. №2. P. 115–122. <https://doi.org/10.11110/kjpt.2018.48.2.115>
13. Le N.H.N., Luong V.D. General Information about the Yellow Camellia species in Vietnam // *Proceedings of Dali International Camellia Congress*, Dali, Yunnan, China. 2016.
14. Tran N., Luong V.D. *Camellia dilinhensis*: A new species from Vietnam // *Internal Camellia Journal*. 2013. Vol. 45. P. 87-89.
15. Tran N. Biodiversity of the genus *Camellia* of Vietnam // *International Camellia Journal*. 2002. №34. P. 80-88.

16. Orel G., Curry A.S. A new species of *Camellia* section *Dalatia* (Theaceae) from Vietnam // *Telopea*. 2014. № 17. P. 99-105. <https://doi.org/10.7751/telepea20147551>
17. Orel G., Curry A.S. In pursuit of hidden camellias: 32 new 'Camellia' species from Vietnam and China. Orel & Curry, 2015.
18. Orel G. *Camellia andersenii* Orel, a new species of *Camellia* L. from Vietnam // *International Camellia Journal*. 2020. №52. P. 128-132.
19. Orel G., Wilson P.G. *Camellia luteocerata* sp. nov. and a new section of *Camellia* (*Dalatia*) from Vietnam // *Nordic Journal of Botany*. 2010. Vol. 28. №3. P. 280–284. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2010.00652.x>
20. Orel G., Wilson P.G., Curry A.S., Luu Hong Truong. *Camellia inusitata* (Theaceae), a new species forming a new section (*Bidoupia*) from Vietnam // *Edinburgh journal of botany*. 2012. Vol. 69. №2. P. 347-355. <https://doi.org/10.1017/S0960428612000170>
21. Orel G., Wilson P., Curry A.S., Luu, H.T. Four new species and two new sections of *Camellia* (Theaceae) from Vietnam // *Novon*. 2014. Vol. 23. №3. P. 307-318.
22. Orel G. Three *Camellia* species with wet feet // *International Camellia Journal*. 2018. №50. P. 67-68.
23. Sealy J.R. A revision of the genus *Camellia*. Royal Horticultural Society, London. 1958. 239 p.
24. Truong Q.C., Le V.H., Le V.S., Le Q.M., Hoang G., Luu H.T. *Camellia sphamii* (Theaceae, sect. *Piquetia*), a new taxon of yellow flower from Langbiang Biosphere Reserve, Vietnam // *Dalat University Journal of Science*. 2022. Vol. 12. №3. P. 10–17. [http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.947\(2022\)](http://dx.doi.org/10.37569/DalatUniversity.12.3.947(2022))
25. Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. 2018. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books.
26. Yang Y.K., Zhang Q., Ma J.L., Yang S.X. Taxonomic treatments of *Pyrenaria jonquieriana* (Theaceae) and related taxa // *Phytotaxa*. 2021. Vol. 525. №3. P. 237-242. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.525.3.6>
27. Zhao D. Three new synonyms of *Camellia kissi* (Theaceae) // *Phytotaxa*. 2022. Vol. 531. №1. P. 083–084. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.531.1.8>

Дата поступления: 01.07.2022

Дата принятия: 19.09.2022

© Hoi Q.V., Truong H.T., Uyen N.B., Doudkin R.V., Dung L.V., 2022

УДК 582.661.56:581.4:131.529:631.547(447.75)
<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/02>

Максимов А.П., Ковалёв М.С., Чичканова Е.С.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult.
НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Maksimov A.P., Kovalev M.S., Chichkanova E.S.

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF HESPERALOE SMALL-FLOWERED
Hesperaloe parviflora (Torr.) J.M. Coult. ON THE SOUTH COAST OF CRIMEA

Аннотация. Приведены результаты изучения роста и развития *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult.) в условиях открытого и защищённого грунта на Южном берегу Крыма. На основании многолетних наблюдений установлено, что *H. parviflora* не повреждается грибными заболеваниями, вирусами и энтомофитными вредителями. Разработаны научно-обоснованные рекомендации по агротехнике выращивания геспералое мелкоцветкового в условиях ЮБК и на Черноморском побережье Кавказа. В результате исследований геспералое мелкоцветкового подтверждено, что этот вид успешно проходит полный цикл роста и развития и является перспективным для озеленения на Южном берегу Крыма.

Ключевые слова: *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult., интродукция, особенности роста и развития, культивирование, Южный берег Крыма (ЮБК).

Сведения об авторах: Максимов Александр Павлович, SPIN-код: 7620-2574, канд. биол. наук, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия, cubric@mail.ru; Ковалёв Максим Сергеевич, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия, komax48@mail.ru; Чичканова Елена Сергеевна, SPIN-код: 4703-2678, канд. биол. наук, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия, lena.chichkanovarevenko@mail.ru

Abstract. The results of the primary introduction test of small-flowered hesperaloe (*Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult., 1894) in the Nikitsky Botanical Gardens (NBG), on the Southern Coast of the Crimea (SCC); in Sevastopol (Cape Fiolent) are presented. The features of the growth and development of the studied plants growing in open and protected ground are given. Factors affecting the set of fruits with viable seeds have been identified, the frost resistance of this species has been determined. Based on long-term observations, it has been established that *Hesperaloe parviflora* is very resistant to fungal diseases, viruses and harmful insects, which have not been detected over many years of research. We have been developed criteria that in the future will allow us to provide scientifically sound recommendations on the agrotechnics of growing small-flowered *Hesperaloe* in the conditions of the Southern Coast of the Crimea (SCC) and on the Black Sea coast of the Caucasus (BSCC). As a result of the studies of small-flowered *Hesperaloe*, it has been proved that this species has successfully passed the primary introduction test and is promising for gardening on the SCC.

Keywords: *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult., introduction, features of growth and development, cultivation, Southern coast of Crimea.

About the authors: Maksimov Alexander Pavlovich, SPIN-code: 7620-2574, Ph.D., Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia, cubric@mail.ru; Kovalev Maxim Sergeevich, Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia, komax48@mail.ru; Elena Sergeevna Chichkanova, SPIN-code: 4703-2678, Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia, lena.chichkanovarevenko@mail.ru

Максимов А.П., Ковалёв М.С., Чичканова Е.С. Особенности роста и развития *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult. на южном берегу Крыма // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 14-23. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/02>

Maksimov, A.P., Kovalev, M.S., & Chichkanova E.S. (2022). Features of Growth and Development of Hesperaloe Small-Flowered *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult. on the South Coast of Crimea. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 14-23. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/02>

Введение. Высокая декоративность и необычный экзотический облик однодольных древесных суккулентных растений оказывают благоприятное психоэмоциональное воздействие на человека, что значительно увеличивает эстетическую ценность зелёных насаждений курортов Южного берега Крыма (ЮБК) и Черноморского побережья Кавказа (ЧПК). Одним из таких растений является геспералое мелкоцветковое – *Hesperaloe parviflora* (Torr.) J.M. Coult.

Род *Hesperaloe* Engelm. включает 10 видов и относится к семейству Asparagaceae Juss., подсемейству Agavoidea. Природный ареал вида охватывает центральный Техас и Северо-Восток Мексики [1], где растение произрастает на каменистых склонах, дренированных песках, суглинках и известняках [8; 17; 18].

В 1991 г. вид был интродуцирован в Крым семенами из г. Мюнхена (ФРГ) (<https://www.rarepalmseeds.com/wholesale>). Сеянцы были выращены в условиях защищенного грунта в теплице и в возрасте 5 лет высажены в открытый грунт на мысе Фиолент. С 1996 г. было начато интродукционное испытание геспералое мелкоцветкового на ЮБК (мыс Фиолент). В 2000 г. растение достигло генеративного периода развития и вступило в фазу «плодоношение».

Геспералое мелкоцветковое является перспективным растением для декоративного садоводства. Так, растение имеет внешние сходства с представителями из рода *Yucca* L., формирует узкие листья, которые собраны в базальную розетку, и цветки, расположенные на длинных метёлках, или кистях; соцветие мелкоподобные до 1,0 м длиной, несёт густорасположенные, свисающие, тёмно-красного, или ярко-красного цвета цветки до 3,5 см длиной с золотисто-жёлтыми горлышками (отверстиями). Растение продолжительно цветёт в период с июня по август в условиях открытого грунта. Этот вид популярен в таком направлении ландшафтного дизайна как *Xeriscape* (растения водосберегающих или засухоустойчивых ландшафтов). К положительным качествам этого растения можно отнести: устойчивость к засухе, толерантность к высоким и низким температурам воздуха, низкие эксплуатационные расходы и высокую декоративность. Данный вид может являться альтернативой представителям из родов *Agave* L. и *Yucca* L. В связи с этим, изучение возможностей применения геспералое мелкоцветкового в озеленении ЮБК на сегодняшний день является актуальным вопросом.

Цель: выявление особенностей роста и развития геспералое мелкоцветкового в условиях интродукции, а также перспективности его использования в озеленении на ЮБК.

Материалы и методы. Объект исследования – геспералоз мелкоцветковый (20 экз., возраст – 15 лет), произрастающий на ЮБК в открытом и в защищённом грунте (защищённый грунт – г. Севастополь, открытый грунт – мыс Фиолент). Среднемесячная минимальная температура воздуха за 10-летний период зимой составляла от 0 до $-5,0^{\circ}\text{C}$, максимальная от $+15,0^{\circ}\text{C}$, минимальная – $-8,0^{\circ}\text{C}$. С начала марта температура воздуха заметно возросла, а в отдельные дни менялась от $+20,0^{\circ}\text{C}$ до $+28,0^{\circ}\text{C}$, т.к. в солнечные дни несущие конструкции теплицы сильно нагревались. С начала июня минимальная температура воздуха составляла от $+14,0^{\circ}\text{C}$ до $+16,0^{\circ}\text{C}$, но в среднем в течение суток держалась в пределах от $+30,0^{\circ}\text{C}$ до $+35,0^{\circ}\text{C}$. Наряду с температурным режимом, важнейшим фактором при выращивании геспералоз в условиях защищённого грунта является влажность воздуха. Относительная влажность воздуха в теплице с декабря по март колебалась от 75% до 100%, с марта по ноябрь – от 65% до 85%, т. к. в летне-весенний период в теплице открывались окна для обильного воздухообмена и проветривания помещения. Для выращивания геспералоз мелкоцветкового использовали следующую почвенную смесь: чернозем (1 часть), торф (0,5 части), перегной (0,5 части), песок (1 часть), опилки лиственных пород (1 часть). Реакция почвенного раствора щелочная и составляет $\text{pH}=7,0$.

Климат Южного берега Крыма засушливый, жаркий, субтропический, с умеренно-тёплой зимой. Средняя годовая температура воздуха – $+12,0$ – $+14,0^{\circ}\text{C}$, самого холодного месяца (февраля) – $+2,5$ – $+4,5^{\circ}\text{C}$, самого теплого (июль, август) – $+23,0$ – $+25,0^{\circ}\text{C}$. Безморозный период длится 259 дней, вегетационный – 212. Сумма температур выше – $+10,0^{\circ}\text{C}$ составляет – 3940°C . При годовом количестве осадков 550 мм в вегетационное время выпадает 260 мм. Годовая испаряемость воды – 900–1100 мм. Рельеф ступенчато-террасный, овражно-балочный (табл. 1). Радиационный баланс Южнобережного климатического района равен – $53 \text{ ккал}/\text{см}^2$, причем на испарение расходуется $21,6 \text{ ккал}/\text{см}^2$.

Таблица 1

Годовой ход метеозлементов в районе интродукции

Район интродукции	Месяцы												Годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Сумма осадков, мм													
Ялта	80	66	47	34	36	42	32	28	43	35	66	80	589
среднемесячная температура, t °C													
Ялта	3,4	3,1	4,9	10,0	15,2	19,9	22,8	22,8	18,5	13,3	9,0	5,7	12,4

Методы исследования: сравнительно-аналитический с использованием климатодиаграмм согласно Walter & Lieth (1960) [22] (рис. 1.), биометрические замеры, мониторинг состояния исследуемых растений (наличие энтомофитов, грибных и вирусных заболеваний) проведены по общепринятым методикам [7; 11; 13–16].

Оценка сезонного развития у геспералоз мелкоцветкового проведена согласно «Методике фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» [19], с дополнениями из других методических указаний [3; 5; 20].

Ритмы роста и развития растений изучали по методике В.С. Житкова [9], которые позволили проследить скорость роста геспералоз, установить период активного роста и развития, а также его начало и окончание, что особенно важно для разработки агротехнических мероприятий при выращивании растений в условиях защищенного и открытого грунта. На основании многолетних наблюдений фиксировали начало роста – «вегетация», начало генеративной фазы развития – «цветение», начало завязывания плодов – «плодоношение». Внешняя морфология плодов и семян изучалась по методике И.А. Ивановой [10].

Следует отметить, что сочетание высоких температур в весенне-летний период с экстремальными морозными периодами зимой сформировал у вида не только засухоустойчивость, но и высокую зимостойкость. Климат ЮБК имеет летний засушливый период, который по срокам совпадает с засушливым периодом родины геспералоз мелкоцветкового. Осенне-зимне-весенний гумидный периоды, характерные для ЮБК, иногда способствуют выпреванию растений этого рода.

Описание количественных и качественных признаков семян и плодов геспералоз мелкоцветкового приведено согласно «Атласу по описательной морфологии высших растений» [2].

Всхожесть и энергию прорастания семян определяли по ГОСТу 24933.2-81 [6].

Статистическая обработка данных проведена с помощью компьютерной программы Statistica 6.0 [4], с учетом дополнений из описательной статистики [12].

Результаты. Цветение и плодоношение геспералоз мелкоцветкового происходит ежегодно уже на протяжении 10 лет исследования с 2010 г. В условиях открытого грунта цветение и плодоношение исследуемых растений началось с 5-летнего возраста, с 2000 г. Цветение вида в условиях открытого грунта продолжалось с начала мая до конца сентября, включительно. Завязываемость плодов в самый жаркий период, который начинается со II-й декады мая при среднесуточной температуре воздуха от +16,5°C, больше, чем в более прохладный осенний период, который происходил со II-й декады сентября при среднесуточной температуре воздуха ниже +18,0°C.

В условиях защищенного грунта растения также вступают в фазу цветения и формируют плоды с жизнеспособными семенами. Фазы цветения и плодоношения заканчиваются, когда среднесуточные температуры опускаются ниже +5°C [21]. Длительность цветения геспералоз мелкоцветкового в условиях защищенного грунта продолжается с начала мая до конца сентября. Плоды образуются по мере развития цветков и их естественного опыления.

Таким образом, у растений, произрастающих в условиях защищенного грунта, основные фазы роста и развития наступают в более ранние сроки и заканчиваются в более поздние сроки в отличие от растений открытого грунта (рис. 1, рис. 2). Следует также отметить, что геспералоз мелкоцветковое не обладает способностью впадать в период глубокого покоя. Именно поэтому в условиях интродукции растение иногда подмерзает, реагируя на ранние осенние и поздние весенние заморозки после провокационных потеплений. В целом, следует отметить, что геспералоз мелкоцветковое проходит полный цикл сезонного развития, как в

условиях открытого, так и в условиях защищённого грунта, что подтверждает его успешное первичное интродукционное испытание в Крыму (рис. 2).

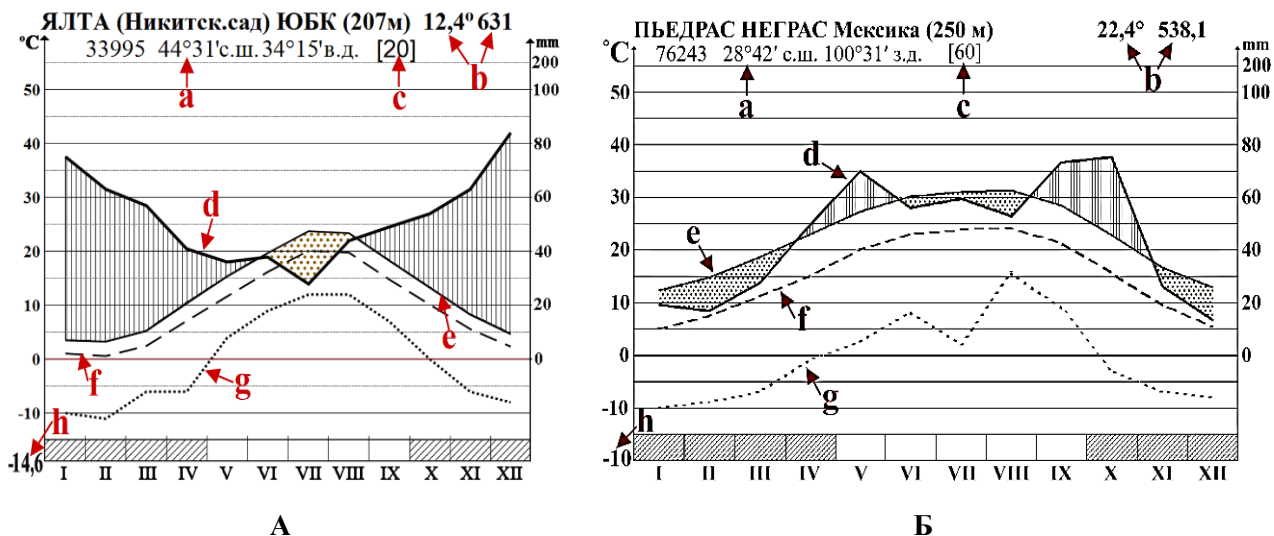


Рис. 1. Климатдиаграммы Ялты (А) и естественного ареала геспералоз мелкоцветкового штат Коауила (Мексика) (Б): а – населенный пункт, высота наблюдений над уровнем моря (в скобках), во второй строке индекс метеопункта и его координаты; б – средняя годовая температура (°C) и среднее годовое количество осадков (мм); с – период наблюдения [в квадратных скобках] (первое число – за температурой, второе – за осадками), лет; d – кривая среднемесячного количества осадков (толстая линия); e – кривая среднемесячной температуры (тонкая линия); f – кривая среднего минимума температуры (штриховая линия); g – кривая абсолютного минимума температуры (пунктирная линия); h – абсолютный минимум температуры за время наблюдений (для пунктов Черноморского побережья – с начала 20-го века), °C. Кривые температур и осадков находятся в определенном соотношении друг к другу, а именно 10,0°C соответствуют 20-ти мм осадков. Осадки выше 100 мм представлены в соотношении 1:10 и затемнены. Соотношением температуры к осадкам отмечаются неблагоприятные времена года, обусловленные недостатком влаги. Неблагоприятные холодные времена года обозначены на абсциссе для каждого месяца заштрихованными полями, если абсолютный минимум ниже 0°C

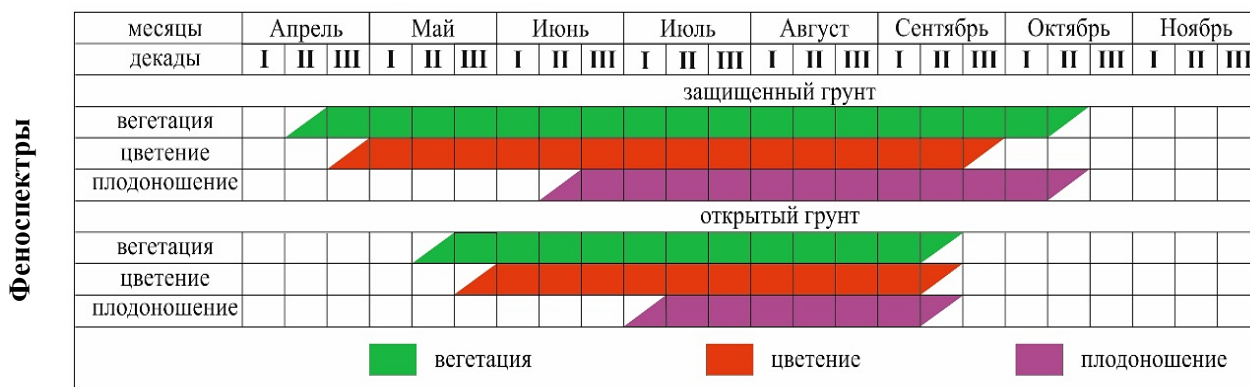


Рис. 2. Феноспектры геспералоз мелкоцветкового (*H. parviflora*) в условиях защищённого грунта (г. Севастополь) и открытого грунта на ЮБК

Установлена следующая особенность исследуемого вида растения, которую необходимо учитывать при культивировании его в открытом и защищённом грунте – склонность растений к загниванию при переувлажнении почвы. Корневая система исследуемых растений при сильном переливе водой подверглась практически 100% загниванию в весенне-летний

периоды. Этот факт важен для разработки агротехники выращивания растений этого вида в условиях интродукции.

В условиях ЮБК геспералоз мелкоцветковое – это многолетний вечнозелёный суккулент с одревесневающим стволом и узкими вечнозелёными листьями длиной до 80,0 см, с белыми нитевидными волосками по их краям. Листья в течение вегетационного периода имеют сине-оливково-зелёный цвет, а в зимний период они становятся сливового (фиолетово-синего) цвета. Вертикальный цветонос, который формируется из центральной части листовой розетки, возвышается до 1,25 м и несёт трубчатые цветки красного или жёлтого цвета, до 2,5 см дл. Также, растения образуют прикорневые столоны и могут размножаться вегетативно (рис. 3, 4). Вид является устойчивым к жаре и засухе, а также зимостоек.



А



Б

Рис. 3. Цветение геспералоз мелкоцветкового с А – красными (<https://clck.ru/32hsPw>) и Б – жёлтыми цветками



А



Б

Рис. 4. Цветки и побеги геспералоз мелкоцветкового. А – красного (<https://clck.ru/32jwyT>), Б – жёлтого цвета (<https://clck.ru/32jwsK>)

Морфологическая характеристика плодов и семян. Плод – сухая шестигнёздная, трёхраздельная растрескивающаяся коробочка (рис. 5А, Б, рис. 6Б), серо-коричневого цвета. Семена черного цвета, треугольной формы. По мере созревания плодов нагрузка на изначально вертикальный цветонос увеличивается, и он пригибается к земле. Величина коэффициента изменчивости длины и ширины плода не превышает 10% [12], что указывает на слабую изменчивость данных параметров и достаточно устойчивые признаки плодов геспералоз мелкоцветкового. При расчетах, выборка плодов составляла от 20 до 30 шт. (табл. 2).



А



Б

Рис. 5. Геспералоз мелкоцветковое. А – плоды, семена, соцветия и элементы плода, Б – элементы трёхраздельной растрескивающейся шестигнёздной сухой коробочки (сухие плодолистки под которыми скопившиеся семена) (Фото: Максимова А.П., 2020 г.)



А



Б

Рис. 6. Плоды геспералоз мелкоцветкового. А – созревающие (<https://clck.ru/32hsPw>); Б – созревшие (Фото: Исыкова В.П., 2019 г.)

Таблица 2

Статистические показатели размеров плодов геспералоз мелкоцветкового

Параметр	$M \pm m$	$C_v, \%$	Min	Max
Длина плода, см	$1,53 \pm 0,04$	10	1,3	1,8
Ширина плода, см	$1,76 \pm 0,05$	9	1,4	2,0

Примечание: $M \pm m$ – среднее арифметическое значение и его ошибка, $C_v, \%$ – коэффициент вариации параметров плода, Min/Max – минимальные и максимальные значения параметров плода

Семена – черного цвета, треугольной формы (рис. 5А). Показатели коэффициента изменчивости ширины и толщины семян не превышает 25%, что указывает на среднюю изменчивость данных параметров и относительно устойчивые признаки семян, величина

которых оценивается, как сильная (более 25%) [12]. При расчетах, выборка семян составляла от 80 до 100 шт. (табл. 3).

Таблица 3

Статистические показатели размеров семян геспералоз мелкоцветкового

Параметр	$M \pm m$	$C_v, \%$	Min	Max
Длина семени, мм	4,60±0,21	29	1,5	6,5
Ширина семени, мм	5,57±0,22	24	2,0	7,2
Толщина семени, мм	1,52±0,04	17	1,2	2,0

Примечание: $M \pm m$ – среднее арифметическое значение семян и его ошибка, $C_v, \%$ – коэффициент вариации параметров семян, Min/Max – минимальные и максимальные значения параметров семян

Был проведен анализ качества семян, которое определялось методом флотации (известный способ отбора семян для посева – сортировка их в жидкостях) и составило 91% полноценных и 9% пустых семян из расчёта на 1 плод. Каждый плод геспералоз мелкоцветкового содержит от 31 до 46 семян. Реальная семенная продуктивность рассчитывалась с учетом общего количества семяпочек в плоде по отношению к количеству завязавшихся семян, и составила – 82%.

Лабораторная всхожесть семян геспералоз мелкоцветкового определялась проращиванием семян в чашках Петри и составила – 80,0%. Пророщенные семена впоследствии высаживались в горшки и доращивались в условиях защищённого грунта. Грунтовая всхожесть семян составила – 75,0%.

Особенности морозостойкости геспералоз мелкоцветкового. В результате многолетних наблюдений установлено, что геспералоз мелкоцветковое является морозостойким растением и выдерживает морозы до $-20,0^{\circ}\text{C}$. По морозостойкости показатели устойчивости геспералоз мелкоцветкового находятся в пределах от $-23,3$ до $-28,9^{\circ}\text{C}$. Продолжительность морозов при абсолютном минимуме от $-14,6^{\circ}\text{C}$ на ЮБК составляет не более трёх дней.

Энтомовредителей, грибных и вирусных заболеваний на растениях обнаружено не было.

Заключение. Подтверждено, что геспералоз мелкоцветковое проходит все фазы роста и развития, как в условиях защищённого, так и в условиях открытого грунта.

При изучении плодов и семян было установлено, что наиболее вариабельным количественным параметром является длина семян, а устойчивыми количественными морфометрическими параметрами растений являются: длина, ширина плода, ширина и толщина семян. Определена очень высокая лабораторная всхожесть семян, которая составила – 80%. Установлено, что растения могут выпревать из-за переувлажнения. Следовательно, в весенне-летний периоды необходим умеренный полив для растений, а в зимний период полив необходимо исключить полностью. В целом можно отметить, что климатические условия природного ареала исследуемого растения соответствуют климатическим условиям региона интродукции геспералоз. По результатам проведенного мониторинга, на геспералоз мелкоцветковом не было обнаружено грибных, вирусных заболеваний, а также опасных энтомовредителей.

Вид рекомендуется для озеленения в условиях ЮБК и других местностей Крыма в засушливых местообитаниях и с минимальным поливом. Особенно он интересен для скальных каменистых садов и рокариев. Его возможность как суккулента может решить вопросы озеленения каменистых склонов и техногенных осыпей при строительстве различных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б.П. Климатические области зарубежных стран. М.: Гос. издат. географ. лит. 1950. 350 с.
2. Артющенко З.Т., Фёдоров А.А., Кирпичников М.Э. Атлас по описательной морфологии высших растений: семя, плод. Т. 6. Л.: Наука. 1990. 204 с.
3. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.
4. Боровиков В.П. Statistica: Искусство анализа данных на компьютере. СПб., 2003. 688 с.
5. Голубева И.В., Галушко Р.В., Кормилицын А.М. Методические указания по фенологическим наблюдениям над деревьями и кустарниками при их интродукции на юге СССР // Государственный Никитский ботанический сад. Ялта, 1977. 25 с.
6. ГОСТ 24933.2–81 Семена цветочных культур. Методы определения всхожести и энергии прорастания. Использование и издательское оформление. М.: Стандарт информ. 1986. 6 с.
7. Гниненко Ю.И., Костюков В.В., Кошелева О.В. Новые инвазивные насекомые в лесах и озеленительных посадках Краснодарского края // Защита и карантин растений. 2011. №4. С. 49-50.
8. Гумбольдт А. География растений. М., Л.: Сельхозгиз. 1936. 239 с.
9. Житков В.С. К методике изучения ритма развития растений в оранжерее // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1977. Вып. 106. С. 26.
10. Иванова И.А., Дудик Н.М. Унификация описания семян // Биологические основы семеноведения и семеноводства интродуцентов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 130-132.
11. Исигов В.П. Грибы на деревьях и кустарниках Крыма. Систематический каталог. Симферополь: Ареал, 2009. 297 с.
12. Кабанов С.В. Использование пакета Statistica 5.0. для статистической обработки опытных данных: Методические указания для дипломного проектирования для студентов лесного факультета специальностей 260400 «Лесное хозяйство» и 260500 «Садово-парковое и ландшафтное строительство». Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т. 2001. 47 с.
13. Карпун Н.Н., Айба Л.Я., Журавлева Е.Н., Игнатова Е.А., Шинкуба М.Ш. Руководство по определению новых видов вредителей декоративных древесных растений на Черноморском побережье Кавказа. Сочи-Сухум, 2015. С. 18–22.
14. Карпун Н.Н., Игнатова И.А. Энтомофауна дендрофагов во влажных субтропиках России // Сборник трудов молодых учёных, аспирантов и соискателей. Сочи, 2013. С. 43-53.
15. Карпун Н.Н., Игнатова И.А., Журавлёва Е.Н. Новые виды вредной энтомофауны на декоративных древесных растениях в Черноморском регионе Краснодарского края // Вредители и болезни древесных растений России: Материалы международной конференции VIII. СПб., 2014. С. 36.
16. Карпун Н., Игнатова Е.А., Журавлёва Е.Н. Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 211. С. 187-203.
17. Кайгородов А.И. Естественная зональная классификация климатов Земного шара. М.: Изд-во АН СССР. 1955. 118 с.
18. Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России. М.: Игран. 2011. 272 с.
19. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюллетень ГБС АН СССР. 1979. Вып. 113. С. 3.
20. Методические рекомендации по оценке устойчивости субтропических культур к экстремальным факторам среды / Составитель Н. А. Вилкова. ВАСХНИЛ, Государственный Никитский ботанический сад. Л., 1986. 19 с.
21. Рогова Т.И. Вредители тропических культур и меры борьбы с ними. М., Ч. II. 1976. С. 92–115.
22. Walter H., Lieth H. Klimadiagramm-Weltatlas. Jena // Gustav Fisher. 1960.

REFERENCES

1. Alisov, B.P. (1950). Klimaticheskie oblasti zarubezhnykh stran. Moscow. (in Russ.)
2. Artyushenko, Z.T., Fedorov, A.A., Kirpichnikov, M.E. (1990). Atlas po opisatel'noi morfologii vysshikh rastenii: semya, plod. Leningrad. (in Russ.)
3. Beideman, I.N. (1974). Metodika izucheniya fenologii rastenii i rastitel'nykh soobshchestv. Novosibirsk. (in Russ.)
4. Borovikov, V.P. (2003). Statistika: Iskustvo analiza dannykh na komp'yutere. St. Petersburg. (in Russ.)
5. Golubeva, I.V., Galushko, R.V., Kormilitsyn, A.M. (1977). Metodicheskie ukazaniya po fenologicheskim nablyudeniya nad derev'yami i kustarnikami pri ikh introduksii na yuge SSSR. In *State Nikitsky Botanical Gardens*, Yalta. 25. (in Russ.)
6. GOST 24933.2–81 (1986). Seeds of flower crops. Methods for determining germination and germination energy. Usage and publishing design. Moscow. (in Russ.)
7. Gninenko, Yu.I., Kostyukov, V.V., & Kosheleva, O.V. (2011). Novye invazivnye nasekomye v lesakh i ozelenitel'nykh posadkakh Krasnodarskogo kraia. *Zashchita i karantin rastenii*, (4), 49–50. (in Russ.)
8. Gumbolt, A. (1936). Geografiya rastenii. Moscow. (in Russ.)
9. Zhitkov, V.S. (1977). K metodike izucheniya ritma razvitiya rastenii v oranzheree. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR*, 106, 26. (in Russ.)
10. Ivanova, I.A., Dudik, N.M. (1974). Unifikatsiya opisaniya semyan. In: *Biologicheskie osnovy semenovedeniya i semenovodstva introdutsentov*, Novosibirsk, 130–132. (in Russ.)
11. Isikov, V.P. (2009). Griby na derev'yakh i kustarnikakh Kryma. Sistematicheskii katalog. Simferopol. (in Russ.)
12. Kabanov, S.V. (2001). Ispol'zovanie paketa Statistica 5.0. dlya statisticheskoi obrabotki opytnykh dannykh: Metodicheskie ukazaniya dlya diplomnogo proektirovaniya dlya studentov lesnogo fakul'teta spetsial'nosti 260400 “Lesnoe khozyaistvo” i 260500 “Sadovo-parkovoe i landshaftnoe stroitel'stvo”. Saratov. (in Russ.)
13. Karpun, N.N., Aiba, L.Ya., Zhuravleva, E.N., Ignatova, E.A., & Shinkuba, M.Sh. (2015). Rukovodstvo po opredeleniyu novykh vidov vreditelei dekorativnykh drevesnykh rastenii na Chernomorskom poberezh'e Kavkaza. *Sochi-Sukhum*, 18–22. (in Russ.)
14. Karpun, N.N., Ignatova, I.A. (2013). Entomofauna dendrofagov vo vlazhnykh subtropikakh Rossii. In *Sbornik trudov molodykh uchenykh, aspirantov i soiskatelei*, Sochi, 43–53. (in Russ.)
15. Karpun, N.N., Ignatova, I.A., & Zhuravleva, E.N. (2014). Novye vidy vrednoi entomofauny na dekorativnykh drevesnykh rasteniyakh v Chernomorskom regione Krasnodarskogo kraia. In *Vrediteli i bolezni drevesnykh rastenii Rossii: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii VIII*, St. Petersburg. (in Russ.)
16. Karpun, N., Ignatova, E.A., & Zhuravleva, E.N. (2015). Novye vidy vreditelei dekorativnykh drevesnykh rastenii vo vlazhnykh subtropikakh Krasnodarskogo kraia. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 211, 187–203. (in Russ.)
17. Kaigorodov, A.I. (1955). Estestvennaya zonal'naya klassifikatsiya klimatov Zemnogo shara. Moscow. (in Russ.)
18. Maslyakov, V.Yu., & Izhevskii, S.S. (2011). Invazii rastitel'noyadnykh nasekomykh v evropeiskuyu chast' Rossii. Moscow. (in Russ.)
19. Metodika fenologicheskikh nablyudeni v botanicheskikh sadakh SSSR (1979). *Byulleten' GBS AN SSSR*, 113, 3. (in Russ.)
20. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke ustoichivosti subtropicheskikh kul'tur k ekstremal'nykh faktoram sredy (1986). Sostavitel' N.A. Vilkova. Leningrad. (in Russ.)
21. Rogova T.I. Vrediteli tropicheskikh kul'tur i mery bor'by s nimi. Moscow. 1976. S. 92–115.
22. Walter, H., & Lieth, H. (1960). Klimadiagramm-Weltatlas. Jena. *Gustav Fisher*.

Дата поступления: 22.07.2022

Дата принятия: 15.09.2022

© Максимов А.П., Ковалёв М.С., Чичканова Е.С., 2022

УДК 574.24: 615.322

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/03>*Дьякова Н.А.***АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТРАВЕ ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО ФЛОРЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ***Dyakova N.A.***ANALYSIS OF FEATURES OF ACCUMULATION OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN GRASS OF HOLLOW OF FIVE-LOBED FLORA OF VORONEZH REGION**

Аннотация. Исследования элементного состава дикорастущего сырья являются актуальными и значимыми в силу высокой эффективности и биологической доступности металлоорганических их форм, содержащихся в растениях. Цель данного исследования – изучение макро- и микроэлементного состава травы пустырника пятилопастного естественного фитоценоза Воронежской области. Заготовку сырья осуществляли в период цветения растения в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике. Микроэлементный состав образцов изучали масс-спектрометрически на приборе “ELAN-DRC”. Выявлено, что содержание микроэлементного комплекса составляет 5,8%, определено 59 элементов. Макроэлементы составляют 96,31% всего элементного состава травы пустырника пятилопастного. Основа макроэлементов – калий (более 30 мг/г) и кальций (более 16 мг/г). Эссенциальные микроэлементы составляют 3,08% общего минерального комплекса. Среди них наибольшее содержание отмечено для кремния (более 1,4 мг/г), железа (более 0,1 мг/г). Содержание нормируемых тяжелых металлов и мышьяка в траве пустырника соответствует требованиям нормативной документации. На долю свинца, ртути, кадмия и мышьяка приходится 0,0008% общего минерального комплекса сырья. Доля токсичных и малоизученных элементов в общем минеральном комплексе травы пустырника пятилопастного составляет 0,61%. Наибольшее содержание отмечено для алюминия (191,4 мкг/г), стронция (65,2 мкг/г), бария (70,3 мкг/г), титана (19,2 мкг/г), рубидия (5,68 мкг/г). Показана высокая способность исследуемого вида к накоплению из почвы фосфора, калия, меди, цинка, кадмия, а также значительная возможность к аккумуляции кальция, магния, молибдена, никеля, стронция и теллура.

Ключевые слова: Центральное Черноземье; пустырник пятилопастный; микроэлементы; макроэлементы; коэффициент накопления.

Сведения об авторе: Дьякова Нина Алексеевна, ORCID: 0000-0002-0766-3881, Scopus Author ID: 57202334263, SPIN-код: 3477-0510, канд. биол. наук, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия, Ninochka_V89@mail.ru

Abstract. Studies of the elemental composition of wild raw materials are relevant and significant due to the high efficiency and biological availability of organometallic forms contained in plants. The purpose of the study is to study the macro- and microelement composition of motherwort herb five-lobed natural phytocenosis of the Voronezh region. Raw materials were harvested during the flowering of the plant in the Voronezh State Natural Biosphere Reserve. The microelement composition of the samples was studied mass spectroscopically on an ELAN-DRC instrument. It was revealed that the content of the microelement complex is 5.8%, 59 elements were determined. Macroelements make up 96.31% of the total elemental composition of the five-lobed hollow grass. The macroelements are based on potassium (more than 30 mg/g), as well as calcium (more than 16 mg/g). Essential trace elements make up 3.08% of the total mineral complex of the five-lobed hollow grass. Among them, the highest content was noted for silicon (more than 1.4 mg/g), iron (more than 0.1 mg/g). The content of regulated heavy metals and arsenic in the grass of the five-bladed dummy complies with the requirements of regulatory documentation. Lead, mercury, cadmium and arsenic account for 0.0008% of the total mineral complex of raw materials. The share of toxic and little-studied elements in the total mineral complex of the grass of the five-lobed dummy is 0.61%. The highest content was observed for aluminum (191.4 µg/g), strontium (65.2 µg/g), barium (70.3 µg/g), titanium (19.2 µg/g), rubidium (5.68 µg/g). The high ability of the five-lobed puberty grass to accumulate phosphorus, potassium, copper, zinc, cadmium from the soil, as well as a significant opportunity to accumulate calcium, magnesium, molybdenum, nickel, strontium and tellurium, is shown.

Keywords: Central Black Earth Region; five-lobed pimple, trace elements, macroelements; accumulation coefficient.

About the author: Dyakova Nina Alekseevna, ORCID: 0000-0002-0766-3881, Scopus Author ID: 57202334263, SPIN-code: 3477-0510, Ph.D., Voronezh State University, Voronezh, Russia, Ninochka_V89@mail.ru

Дьякова Н.А. Анализ особенностей накопления макро- и микроэлементов в траве пустыльника пятилопастного флоры Воронежской области // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 24-32. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/03>

Dyakova, N.A. (2022). Analysis of Features of Accumulation of Macro- and Microelements in Grass of Hollow of Five-Lobed Flora of Voronezh Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 24-32. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/03>

Введение. Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, и формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов. Рост уровня загрязнения приводит к дестабилизации природной среды и существованию организмов в предельных режимах биологических возможностей. Антропогенное влияние способствует деградации растительных сообществ, сокращению ареала растений, уменьшению их обилия в различных ассоциациях и формациях, изменению фитохимического и минерального состава растительных организмов [1-3].

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако, освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных элементов, в частности, токсичных, в организм человека [4-7]. Содержащиеся в растениях микроэлементы, образуют с биологически активными веществами комплексы органической природы, которые значительно эффективнее усваиваются в организме человека, чем препараты на основе неорганических соединений [8-10]. Поэтому при изучении элементного состава лекарственного растительного сырья (ЛРС) особый интерес представляют те виды, которые используются в виде комплексных фитопрепаратов, в которых фармакологический эффект высокомолекулярных веществ потенцируется действием элементов [11-13].

Ежегодно возрастающий интерес к препаратам на основе растительного сырья объясняется высокой терапевтической эффективностью таких лекарственных средств, а также, что наиболее важно, безвредностью и отсутствием побочных эффектов. Значительная доля заготовок лекарственных растений осуществляется в Центральной полосе России, отличающейся высокой плотностью населения, активной хозяйственной деятельностью, развитой сетью транспортных магистралей, большим количеством промышленных производств, интенсивными технологиями ведения сельского хозяйства. В данных условиях нарастает угроза заготовки растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, а потому – становится актуальным выявление влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений. Известно, что лекарственные растения содержат не только

эссенциальные элементы, но и различные соединения антропогенного происхождения, среди которых наиболее распространенными являются тяжелые металлы [14-16].

Анализ данных литературы показал, что лекарственные растения Центрального Черноземья практически не исследованы на содержание элементов. Имеющиеся сведения о содержании элементов в ЛРС региона показали, что эти исследования проводятся в основном по нескольким элементам, что не позволяет определить полный химический состав ЛРС и описать специфику накопления в них различных элементов [6; 10; 17].

Одним из видов, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей, является пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) – многолетнее, повсеместно встречающееся, травянистое растение, широко используемое в медицине и фармации в качестве седативного, гипотензивного, спазмолитического, кровоостанавливающего, мочегонного средства. Широкое фармацевтическое и медицинское применение данного ЛРС обусловлено не только высоким содержанием органических биологически активных веществ, основу которых составляют флавоноиды, иридоиды, алкалоиды, эфирное масло, дубильные вещества, горечи, витамин С, каротин, но богатым макро- и микроэлементным комплексом [6; 9; 18; 19].

Целью данного исследования стало изучение особенностей накопления макро- и микроэлементов в траве пустырника пятилопастного естественного фитоценоза Воронежской области.

Материалы и методы исследования. Заготовку травы пустырника пятилопастного осуществляли по фармакопейным правилам [20] в экологически чистом месте в естественной заросли, вдали от крупных городов, транспортных магистралей и промышленных предприятий, в период цветения растения (в июле 2020 г) в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике имени В.М. Пескова в Рамонском районе г. Воронежа.

Траву пустырника пятилопастного срезали ножницами, сушили теневым способом. Также отбирали пробы верхних слоев почв с места произрастания объекта исследования.

Из заготовленных образцов отбирались образцы для анализа, которые подвергались кислотному разложению смесью кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Навеску образца помещали во фторопластовый вкладыш и добавляли 5 мл смеси азотной и плавиковой кислоты. Автоклав с пробой во вкладыше помещали в микроволновую печь и разлагали пробу, используя программу разложения, рекомендованную производителем печи. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку объемом 15 мл, троекратно встряхивая вкладыш с крышкой с 1 мл деионизованной воды и перенося каждый смыв в пробирку, доводили объем до 10 мл той же водой, закрывали и перемешивали. Автоматическим дозатором со сменным наконечником отбирали аликвотную часть 1 мл и доводили до 10 мл 0,5%-ной азотной кислотой, закрывали защитной лабораторной пленкой. Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Рабочие стандартные растворы для этого готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии (“Perkin-Elmer”), содержащие разные группы элементов.

Микроэлементный состав проб изучали масс-спектрометрически на приборе “ELAN-DRC” с индуктивно связанной плазмой в соответствии с МУК 4.1.1483-03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой».

Для оценки особенностей накопления элементов из почв в траве полыни горькой рассчитывали коэффициенты накопления по формуле:

$$КН = \frac{С_{лрс}}{С_{почва}},$$

где КН – коэффициент накопления тяжелого металла; $С_{лрс}$ – концентрация тяжелого металла в лекарственном растительном сырье; $С_{почва}$ – концентрация тяжелого металла в верхних слоях почвы [2; 4].

Содержание микро- и мактоэлементов в ЛРС и в образцах почвы проводилось по 60 элементам. Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты, полученные при изучении элементного состава исследуемых образцов приведены в таблице.

Таблица

Содержание микро- и мактоэлементов в ЛРС и в образцах почвы

Элемент	Содержание в ЛРС, мкг/г	Доля в общем элементном комплексе, %	Содержание в почве, мкг/г	Коэффициент накопления
Макроэлементы				
Калий	30612,1	52,72	10500	2,92
Кальций	16905,4	29,11	19660	0,86
Натрий	56,4	0,10	3300	0,02
Магний	4018,9	6,92	4400	0,91
Фосфор	4329,6	7,46	730	5,93
<i>Всего</i>	<i>55922,4</i>	<i>96,31</i>	<i>38590</i>	<i>-</i>
Эссенциальные микроэлементы				
Ванадий	0,76	0,00131	78	0,01
Железо	192,1	0,33083	19100	0,01
Кобальт	0,56	0,00096	3,3	0,17
Кремний	1498,6	2,58087	347000	<0,01
Литий	0,284	0,00049	8,5	0,03
Никель	1,39	0,00239	2,3	0,60
Марганец	60,3	0,10385	370	0,16
Медь	6,47	0,01114	3,1	2,09
Молибден	0,67	0,00115	0,87	0,77
Селен	0,03	0,00005	8,5	<0,01
Хром	0,34	0,00059	4,2	0,08
Цинк	27	0,04650	12	2,25
<i>Всего</i>	<i>1788,5</i>	<i>3,08</i>	<i>366590,77</i>	<i>-</i>
Нормируемые токсичные микроэлементы				
Кадмий	0,034	0,00006	0,023	1,48
Мышьяк	0,19	0,00033	0,9	0,21
Ртуть	0,0041	0,000007	0,05	0,08
Свинец	0,23	0,000396	4,0	0,06
<i>Всего</i>	<i>0,46</i>	<i>0,00079</i>	<i>4,97</i>	

Элемент	Содержание в ЛРС, мкг/г	Доля в общем элементном комплексе, %	Содержание в почве, мкг/г	Коэффициент накопления
Другие токсичные и малоизученные элементы				
Алюминий	191,4	0,329626	31100	0,01
Барий	70,3	0,121070	290	0,24
Бериллий	0,015	0,000026	2,0	0,01
Вольфрам	0,0096	0,000017	0,78	0,01
Висмут	0,001	0,000002	0,11	0,01
Гадолиний	0,019	0,000033	3,0	0,01
Галлий	0,069	0,000119	8,8	0,01
Гафний	0,015	0,000026	1,6	0,01
Германий	0,0087	0,000015	1,1	0,01
Гольмий	0,007	0,000012	0,36	0,02
Диспрозий	0,011	0,000019	2,0	0,01
Европий	0,001	0,000002	0,65	<0,01
Золото	0,0032	0,000006	0,06	0,05
Иттербий	0,005	0,000009	1,1	<0,01
Иттрий	0,069	0,000119	9,9	0,01
Лантан	0,086	0,000148	18	<0,01
Лютеций	0,003	0,000005	0,16	0,02
Неодим	0,11	0,000189	15,0	0,01
Ниобий	0,029	0,000050	6,7	<0,01
Олово	0,42	0,000723	1,2	0,35
Празеохим	0,021	0,000036	4,1	0,01
Рубидий	5,68	0,009782	63	0,09
Самарий	0,047	0,000081	3,2	0,01
Серебро	0,028	0,000048	0,19	0,15
Скандий	0,92	0,001584	50,0	0,02
Стронций	65,2	0,112287	73,0	0,89
Сурьма	0,031	0,000053	0,41	0,08
Таллий	0,0069	0,000012	0,23	0,03
Тантал	0,0017	0,000003	0,5	<0,01
Теллур	0,053	0,000091	0,1	0,53
Тербий	0,005	0,000009	0,44	0,01
Титан	19,2	0,033066	2400,0	0,01
Торий	0,016	0,000028	5,4	<0,01
Тулий	0,003	0,000005	0,16	0,02
Уран	0,0069	0,000012	1,2	0,01
Цезий	0,019	0,000033	2,3	0,01
Церий	0,18	0,000310	38	<0,01
Цирконий	0,36	0,000620	78	<0,01
Эрбий	0,0069	0,000012	1,2	0,01
Всего	354,37	0,61	34183,95	-

Согласно данным, представленным в таблице, отмечается, что содержание микроэлементного комплекса составляет 4,4% в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Масс-спектроскопически определено 59 элементов, условно разделенных на макроэлементы, содержащиеся в значительных количествах (более 0,1% массы тела); микроэлементы, содержание которых варьирует в пределах от 0,001% до 0,00001%. Среди микроэлементов особую группу составляют эссенциальные микроэлементы, для которых установлена роль в обеспечении жизнедеятельности. Токсичные и малоизученные

микроэлементы включают элементы, для которых биологическая роль недостаточно изучена, многие из них обладают значительной токсичностью [12; 13].

Макроэлементы составляют 96,31% всего элементного состава травы пустырника пятилопастного (рис. 1). Основу макроэлементов составляет калий (более 30 мг/г), а также кальций (более 16 мг/г) (рис. 2). В целом, по содержанию макроэлементов можно выстроить следующий ряд убывания: калий > кальций > фосфор > магний > натрий.



Рис. 1. Содержание основных групп биологически значимых элементов в траве пустырника пятилопастного, мг/г

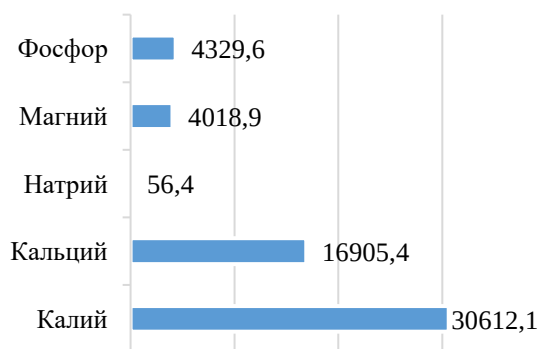


Рис. 2. Содержание макроэлементов в траве пустырника пятилопастного, мг/г

Рассчитанные коэффициенты накопления элементов из почв показали высокую способность травы пустырника пятилопастного к аккумуляции фосфора, а также калия, содержание которых в ЛРС значительно превышает их концентрацию в почвах. С заметной эффективностью, однако, менее 100% от содержания в грунте, накапливаются в изучаемом сырье магний и кальций. При этом натрий практически не накапливается в данном виде ЛРС (около 2% от содержания в почве переходит в траву пустырника пятилопастного).

Эссенциальные микроэлементы составляют 3,08% общего минерального комплекса травы пустырника пятилопастного. Среди них наибольшее содержание отмечено для кремния (более 1,4 мг/г), железа (более 0,1 мг/г). Ряд убывания содержания эссенциальных микроэлементов в сырье выглядит следующим образом: кремний > железо > марганец > цинк > медь > никель > ванадий > молибден > кобальт > хром > литий > селен. При этом показана высокая способность к аккумуляции из почв в траве пустырника пятилопастного меди и цинка (коэффициенты накопления больше 2,0). Эффективно переходит в состав ЛРС также никель и молибден. Кремний, отличающийся высокой концентрацией в составе ЛРС, накапливается в количестве менее 1% от содержания в почве произрастания вида. Остальные эссенциальные элементы имели также низкие коэффициенты накопления (не более 0,17).

Содержание нормируемых тяжелых металлов и мышьяка в траве пустырника пятилопастного соответствует требованиям нормативной документации [20]. На долю свинца, ртути, кадмия и мышьяка приходится 0,0008% общего минерального комплекса сырья (рис. 3).

Из данной группы элементов в ЛРС в наибольшей степени аккумулируется кадмий, а также – мышьяк, коэффициенты накопления составили 1,48 и 0,21 соответственно. Остальные элементы накапливаются из почв неактивно – рассчитанные показатели не превышают 0,08.

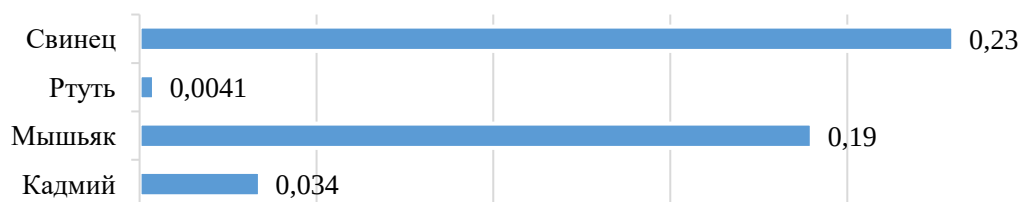


Рис. 3. Содержание нормируемых микроэлементов в траве пустырника пятилопастного, мг/г

Доля токсичных и малоизученных элементов в общем минеральном комплексе травы пустырника пятилопастного составляет 0,61%. Наибольшее содержание отмечено для алюминия (191,4 мг/г), стронция (65,2 мг/г), бария (70,3 мг/г), титана (19,2 мг/г), рубидия (5,68 мг/г). Выявлена способность к аккумуляции из почв в траве пустырника пятилопастного стронция, теллура, олова, бария, а также серебра (коэффициенты накопления составили 0,89, 0,53, 0,35, 0,24, 0,15 соответственно). Остальные элементы аккумулировались в изучаемом ЛРС не столь активно, коэффициенты накопления – менее 0,1.

Выводы. Результаты исследования показали весьма разнообразный макро- и микроэлементный состав травы пустырника пятилопастного, заготовленной в естественном фитоценозе Воронежской области. Выявлено, что содержание нормируемых токсичных тяжелых металлов и мышьяка не превышает предельно допустимых концентраций, установленных для оценки качества ЛРС.

Отмечено относительно высокое содержание, наряду с макроэлементами, кремния, железа, алюминия. Показана высокая способность травы пустырника пятилопастного к накоплению из почвы фосфора, калия, меди, цинка, кадмия, а также значительная возможность к аккумуляции кальция, магния, молибдена, никеля, стронция и теллура.

Полученные данные представляют интерес и могут служить основой для проведения дальнейших исследований с целью использования их результатов в медицинской и фармацевтической практике для создания лекарственных препаратов и биологически активных добавок для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова Н.А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Вестник ИРГСХА. 2019. №95. С. 19-30.
2. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт, 2007. 1239 с.
3. Гудкова А.А., Чистякова А.С., Сливкин А.И., Сорокина А.А. Сравнительное изучение минерального комплекса травы горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) и горца войлочного (*Persicaria tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell) // Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 20. №1. С. 35-42.
4. Рудая М.А., Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование элементного состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) различных сортов // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. №3. С. 49-59.
5. Попов А.И. Фронтальный элементный анализ цветков пижмы // Фармация. 1993. Т. 32. №1. С. 51-53.
6. Дьякова Н.А. Анализ накопления тяжелых металлов и мышьяка травой *Leonurus quinquelobatus* Gilib. // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2021. №2(54). С. 48–56. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/06>
7. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементология – новый термин или новое научное направление? // Вестник ОГУ. 2005. №2. С. 4-8.

8. Гравель И.В., Лёвушкин Д.В., Михеев И.В., Скибина А.А. Содержание макроэлементов в грудном сборе №4 // Традиционная медицина. 2021. Т. 3. №66. С. 19-26.
9. Гравель И.В., Нгуен Т.Н.К., Алексеева Н.А., Тарасенко О.А. Изучение минерального состава сырья и водных извлечений двух видов мяты // Фармация. 2013. №3. С. 24-27.
10. Гравель И.В., Иващенко Н.В., Самылина И.А. Микроэлементный состав спазмолитического сбора и его компонентов // Фармация. 2011. №1. С. 9-11.
11. Загурская Ю.В. Систематика, морфология и лекарственные свойства растения *Leonurus quinquelobatus* Gilib // Успехи современного естествознания. 2014. №12. С. 56-59.
12. Скальный А.В. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. М.: Перо, 2019. 294 с.
13. Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. Медицинская элементология. М.: Наука, 2021. 199 с.
14. Зайцева М.В., Кравченко А.Л., Стекольников Ю.А., Сотников В.А. Тяжелые металлы в системе почва-растение в условиях загрязнения // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2013. №3. С. 190-192.
15. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Шайхутдинова А.А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. №1 (33). С. 230-234.
16. Битюкова В.Р., Касимов Н.С., Власов Д.В. Экологический портрет российских городов // Экология и промышленность России. 2011. №2. С. 6–11.
17. Федосеева Л.В., Попов Д.М. Количественное определение иридоидов в сырье пустырника // Фармация. 1997. №4. С. 18-21.
18. Хишова О.М., Голяк Ю.А. Фармакологическое действие и применение в медицине пустырника // Вестник фармации. 2003. №4. С. 54-56.
19. Парфенов А.А., Фурса Н.С. Аминокислоты травы пустырника пятилопастного // Фармация. 2007. №7. С. 6-7.
20. Государственная фармакопея Российской Федерации. Т. 2. М.: ФЭМБ, 2018. 1513 с.

REFERENCES

1. D'yakova, N.A. (2019). Otsenka zagryazneniya tyazhelymi metallami verkhnikh sloev pochv urbo- i agroekosistem Tsentral'nogo Chernozem'ya. *Vestnik IrGSKhA*, (95), 19-30. (in Russ.)
2. Kurkin, V.A. (2007). *Farmakognosiya*. Samara. (in Russ.)
3. Gudkova, A.A., Chistyakova, A.S., Slivkin, A.I., & Sorokina, A.A. (2019). Sravnitel'noe izuchenie mineral'nogo kompleksa travy gortsya pochechuinogo (*Polygonum persicaria* L.) i gortsya voilochного (*Persicaria tomentosa* (Schränk) E.P. Bicknell). *Mikroelementy v meditsine*, 20(1), 35-42. (in Russ.)
4. Rudaya, M.A., Trineeva, O.V., & Slivkin, A.I. (2018). Issledovanie elementnogo sostava plodov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.) razlichnykh sortov. *Mikroelementy v meditsine*, 19(3), 49-59. (in Russ.)
5. Popov, A.I. (1993). Frontal'nyi elementnyi analiz tsvetkov pizhmy. *Farmatsiya*, 32(1), 51-53. (in Russ.)
6. Dyakova, N.A. (2021). Accumulation of Heavy Metals and Arsenic in Grass *Leonurus quinquelobatus* Gilib. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (2(54)), 48–56. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/06>
7. Skal'nyi, A.V., & Rudakov I.A. (2005). Bioelementologiya – novyi termin ili novoe nauchnoe napravlenie? *Vestnik OGU*, (2), 4-8. (in Russ.)
8. Gravel', I.V., Levushkin, D.V., Mikheev, I.V., & Skibina, A.A. (2021). Soderzhanie makroelementov v grudnom sbore №4. *Traditsionnaya meditsina*, 3(66), 19-26. (in Russ.)
9. Gravel', I.V., Nguen, T.N.K., Alekseeva, N.A., & Tarasenko, O.A. (2013). Izuchenie mineral'nogo sostava syr'ya i vodnykh izvlechenii dvukh vidov myaty. *Farmatsiya*, (3), 24-27. (in Russ.)
10. Gravel', I.V., Ivashchenko, N.V., & Samylina, I.A. (2011). Mikroelementnyi sostav spazmoliticheskogo sbora i ego komponentov. *Farmatsiya*, (1), 9-11. (in Russ.)
11. Zagurskaya, Yu.V. (2014). Sistematika, morfologiya i lekarstvennye svoistva rasteniya *Leonurus quinquelobatus* Gilib. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, (12), 56-59. (in Russ.)
12. Skal'nyi, A.V. (2019). Mikroelementy: boдрost', zdorov'e, dolgoletie. Moscow. (in Russ.)
13. Skal'nyi, A.V., Skal'naya, M.G., Kirichuk, A.A., & Tin'kov, A.A. (2021). Meditsinskaya elementologiya. Moscow. (in Russ.)
14. Zaitseva, M.V., Kravchenko, A.L., Stekol'nikov, Yu.A., & Sotnikov, V.A. (2013). Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie v usloviyakh zagryazneniya. *Uchenye zapiski Orlovskogo*

gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki, (3), 190-192. (in Russ.).

15. Nemereshina, O.N., Gusev, N.F., Petrova, G.V., & Shaikhutdinova, A.A. (2012). Nekotorye aspekty adaptatsii *Polygonum aviculare* L. k zagryazneniyu pochvy tyazhelymi metallami. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (1 (33)), 230-234. (in Russ.).

16. Bityukova, V.R., Kasimov, N.S., & Vlasov, D.V. (2011). Ekologicheskii portret rossiiskikh gorodov. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (2), 6–11. (in Russ.).

17. Fedoseeva, L.V., & Popov, D.M. (1997). Kolichestvennoe opredelenie iridoidov v syr'e pustyrnika. *Farmatsiya*, (4), 18-21. (in Russ.).

18. Khishova, O.M., & Golyak, Yu.A. (2003). Farmakologicheskoe deistvie i primeneniye v meditsine pustyrnika. *Vestnik farmatsii*, (4), 54-56. (in Russ.).

19. Parfenov, A.A., & Fursa, N.S. (2007). Aminokisloty travy pustyrnika pyatilopastnogo. *Farmatsiya*, (7), 6-7. (in Russ.).

20. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii (2018). Moscow. (in Russ.).

Дата поступления: 25.04.2022

Дата принятия: 11.07.2022

© Дьякова Н.А., 2022

УДК 574.24; 58.01/.07; 58.02

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/04>

Коренькова О.О.

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РОСТА ПОБЕГОВ КРЫМСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *Juniperus deltoides* R.P. Adams

Korenkova O.O.

FEATURES OF SEASONAL GROWTH OF SHOOTS OF THE CRIMEAN POPULATION *Juniperus deltoides* R.P. Adams

Аннотация. *Juniperus deltoides* является одним из наиболее распространенных в Крыму можжевельников. Вид включен в Красную книгу Республики Крым. Одной из ведущих причин сокращения численности популяции является низкий уровень ее естественного возобновления. Среди ведущих условий, влияющих на рост и развитие особей можно выделить ряд абиотических факторов. Исходя из чего, целью исследования является оценка особенностей сезонного роста побегов *J. deltoides* в связи с погодными и эдафорографическими условиями Горного Крыма. Задачи исследования: выявить основные абиотические факторы, влияющие на рост побегов *J. deltoides*; установить силу влияния этих факторов. Используя общепринятые в лесоводстве и геоботанике методики, проводили закладку пробных площадей с выделением модельных деревьев. Осуществляли замеры длины побегов по общепринятой методике, за текущий год и за два предшествующих. Для определения типов условий местопроизрастания, использовали методику П.С. Погребняка. В результате проведенных исследований, установлено, что наибольшее влияние на рост побегов *J. deltoides* в горах Крыма оказывает количество выпавших осадков в период с февраля по июнь. Максимальный прирост отмечался у особей западной группы и составил $5,80 \pm 0,34$ см в 2021 году. Меньшее влияние на силу роста побегов оказывает высота произрастания особей над уровнем моря. Сила влияния данного фактора составляет 52,9%. Экспозиция склона и эдафические условия мест произрастания оказывают практически одинаковое влияние (21,56% и 19,10%). Установлено, что наиболее благоприятными для роста особей *J. deltoides* являются участки очень сухих суборей с северо-восточной экспозицией склона.

Ключевые слова: *Juniperus deltoides*; прирост; побеги; лесорастительные условия; климат; популяция; Горный Крым.

Сведения об авторе: Коренькова Олеся Олеговна, ORCID: 0000-0001-6482-7312, канд. биол. наук, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия, o.o.korenkova@mail.ru

Abstract. *Juniperus deltoides* is one of the most common junipers in the Crimea. The species is included in the Red Book of the Republic of Crimea. One of the leading reasons for the decline in the population is the low level of its natural renewal. Among the leading factors affecting the growth and development of individuals, a number of abiotic factors can be distinguished. On this basis, the purpose of the study was to assess the characteristics of the seasonal growth of *J. deltoides* shoots in connection with the weather and edaphic-orographic conditions of the Crimean Mountains. Research objectives: to identify the main abiotic factors affecting the growth of *J. deltoides* shoots; establish the strength of the influence of these factors. Using the methods generally accepted in forestry and geobotany, we carried out the laying of trial plots with the selection of model trees. The length of the shoots was measured according to the generally accepted method for the current year and for the two previous ones. To determine the types of habitat conditions, we used the method of P.S. Pogrebnyak. As a result of the research, it was found that the greatest influence on the growth of shoots of *J. deltoides* in the Crimean mountains has the amount of precipitation in the period from February to June. The maximum increase was observed in individuals of the western group and amounted to 5.80 ± 0.34 cm in 2021. The growth height of individuals above sea level has a lesser effect on the strength of shoot growth. The influence of this factor is 52.9%. The exposure of the slope and the edaphic conditions of the habitats have almost the same effect (21.56% and 19.10%). It has been established that the most favorable areas for the growth of *J. deltoides* are areas of very dry sub-bodies with a northeastern exposure of the slope.

Keywords: *Juniperus deltoides*; growth; shoots; forest conditions; climate; population; Mountain Crimea.

About the author: Korenkova Olesya Olegovna, ORCID: 0000-0001-6482-7312, Ph.D., the Order of the Red Banner of Labour Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center RAS, Yalta Russia, o.o.korenkova@mail.ru

Коренькова О.О. Особенности сезонного роста побегов крымской популяции *Juniperus deltoides* R.P. Adams // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 33-42. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/04>

Korenkova, O.O. (2022). Features of Seasonal Growth of Shoots of the Crimean Population *Juniperus deltoides* R.P. Adams. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 33-42. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/04>

Введение. В настоящее время природная флора Крыма представлена 190 видами деревьев и кустарников, 5 из которых относятся к роду *Juniperus* L. – это *J. communis* L., *J. excelsa* M.-Bieb., *J. foetidissima* Willd., *J. deltoides* R.P. Adams, *J. sabina* L.. Все они включены в Красную Книгу Крыма. Среди крымских можжевельников, *J. deltoides* занимает второе место по численности популяции. По данным, Ругузовой А.И., площадь насаждений вида в 2006 г. составила 4843 га [9; 11].

J. deltoides – это один из недавно описанных представителей рода *Juniperus* L. В 2004 году выдающийся ученый Р.П. Адамс, на основании ряда проведенных исследований, среди которых: молекулярно-генетические, биохимические и морфологические, выделил из *Juniperus oxycedrus* L. – новый вид *J. deltoides*. Это реликтовый средиземноморский вид третичного периода. Входит в состав одной из древнейших секций рода *Juniperus* – *Juniperus* (синоним *Oxycedrus*). Секцию *Juniperus* можно разделить на две группы: северная (или дальневосточная) группа и средиземноморская группа. Типичным представителем северной группы является (*Juniperus communis* L.). Средиземноморская группа представлена можжевельником дельтовидным [15; 16].

Распространен *J. deltoides* в Средиземноморье и на Ближнем Востоке: в Албании, Боснии и Герцеговине, Болгарии, Хорватии, Кипре, Греции, Иране, Ираке, Израиле, Италии, Иордании, Ливане, Македонии, Румынии, Сербии, Сирии, Турции, Кавказе, Закавказье, Крыму. В основной части ареала образует маквисы и гарриги, встречается также в подлеске в сухих лесах с *Carpinus betulus* L., *Quercus ilex* L. и различных видов рода *Pinus* L. В горных лесах произрастает совместно с *Cedrus libani* A.Rich., *Pinus nigra* J.F.Arnold, *J. excelsa* и *J. foetidissima*. Распространен в высотном градиенте 1-2200 м н.у.м. на сухих каменистых склонах и маломощных почвах. Крайне редко *J. deltoides* произрастает на песчаных дюнах. Его ареал в основном ограничен регионами со средиземноморским климатом, но на Балканах встречается в более континентальных условиях [12; 16-21].

На территории России *J. deltoides* произрастает только в Крыму и в Краснодарском крае. Здесь проходит северная граница его ареала. При этом в Красную Книгу Российской Федерации не включен. В Красных книгах Республики Крым и Севастополя имеет природоохранный статус – вид, сокращающийся в численности. Среди основных лимитирующих факторов выделяют: слабое естественное возобновление, обусловленное биологическими особенностями и незаконную хозяйственную деятельность. *J. deltoides* отличается фактурной и ароматной древесиной, в результате чего массово подвергается браконьерской вырубке для заготовки поделочной древесины [6; 11].

Если антропогенный фактор сокращения численности популяции можно устранить усилением контроля за сохранением вида, то вопрос низкого уровня естественного возобновления – требует детального изучения. Среди условий, лимитирующих рост и развитие популяций можно выделить ряд абиотических факторов. Реакция растений на изменяющиеся условия среды выражается в способности приобретать выносливость, выраженную в пластичности структур и функций, выработке адаптивных изменений строения и процессов жизнедеятельности [2; 3].

Из литературных данных известно, что среди абиотических факторов, оказывающих влияние на рост и развитие побегов *J. deltoides*, ранее рядом авторов было изучено лишь влияние влажности воздуха и температурного режима [19]. Исходя из чего, возникла необходимость расширить исследования *J. deltoides* в Горном Крыму и выявить, ранее не изученные, абиотические факторы, оказывающие влияние на процессы сезонного роста побегов. Целью проведенных исследований явилась оценка особенностей сезонного роста побегов *J. deltoides* в связи с погодными и эдафо-орографическими условиями Горного Крыма. Задачи исследования: выявить основные абиотические факторы, влияющие на рост побегов *J. deltoides*; установить силу влияния этих факторов.

Материалы и методы исследования. Изучение сезонного роста побегов *J. deltoides* проводили на 18 пробных площадях (ПП), размер, которых составил 0,2 га (рис. 1). Закладывали пробные площади в природных популяциях на высоте от 40 до 620 м н.у.м., в различных эдафо-орографических условиях.



Рис. 1. Схема расположения пробных площадей в популяциях *J. deltoides* в Горном Крыму
(1-2 – окрестности г. Инкерман; 3 – г. Чирка-Каясы; 4 – г. Самналых; 5 – г. Толака-Баир;
6–8 – г. Кара-Даг; 9 – г. Дракон; 10 – м. Мартьян; 11 – г. Папая-Кая; 12–13 – г. Коба-Кая;
14 – г. Сокол; 15 – г. Каршитерс; 16 – ск. Куллю-Кая; 17 – окрестности с. Кудрино; 18 – г. Чатыр-Даг)

Используя общепринятые в лесоводстве и геоботанике методики, провели закладку пробных площадей с выделением на каждой из них 10 модельных деревьев. Для изучения

годового прироста побегов исследовали по 10 ветвей южной части кроны. Проводили замеры штангенциркулем, по общепринятой методике, за текущий год и за два предшествующих [5]. Прирост побега текущего года, образован зеленой молодой хвоей. По морфологическим признакам она не отличается от хвои предыдущих периодов вегетации. Побег предшествующего года образован не одревесневшей хвоей светло-коричневого цвета. Периферические ткани хвои в процессе развития становятся более плотными. При этом хвоя все еще содержит смолу. В возрасте двух лет побег сложен одревесневшей хвоей темно-коричневого цвета, которая очень плотная и сухая, при этом с наружной стороны все еще прослеживается продолговатая железка. Вершина хвои остроконечная. Последующая часть побега отличается одревесневшей хвоей серо-коричневого цвета, железки на ней отсутствуют. При проведении наблюдений, длина этой части побега не измерялась, т. к. в данной ситуации однозначно выделить прирост отдельного года не представляется возможным [5].

На основе анализа структуры и состава травянистых растений, характеризующих влажность почвы и ее богатство, определяли типы лесорастительных условий. Среди основных растений-индикаторов можно выделить: *Alyssum tortuosum* Waldst. et Kit. *Asphodeline lutea* (L.) Rchb. и *A. taurica* (L.) Rechb., *Carex humilis* Leyss. и *C. nitida* Host, *Elytrigia scythica* (Nevski) Nevski, *Inula ensifolia* L., *Geranium sanguineum* L., *Linum tenuifolium* L., *Orchis simia* Lam., *Paeonia tenuifolia* L. и *P. daurica* Andrews, *Potentilla recta* L., *Ruscus aculeatus* L., *Sedum acre* L., *Stipa capillata* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Thymus callieri* Borb. [9]. Кроме того, используя шкалу О. Друде, определяли частоту встречаемости растений и устанавливали их количественное участие, с применением балльной шкалы обилия видов Ж. Браун-Бланке [8]. По методике П.С. Погребняка (1968 г.) определяли типы условий местопроизрастания [10].

Для оценки влияния погодных условий на рост побегов, пробные площади были разделены на четыре географических группы: западную, южнобережную, восточную и северную. В отдельную группу вынесено дерево, произрастающее на нижнем плато г. Чатыр-Даг.

В западную группу вошли пробные площади № 1-8; в южнобережную – № 9-10; в восточную – № 11-15; а в северную – № 16-17.

Как известно из литературных данных, прирост побегов можжевельника начинается в первой декаде марта и заканчивается в третьей декаде июня, на основании чего было подсчитано количество осадков в период с февраля по июнь (включительно) [4; 14]. Для западной группы использовали данные осадков Севастопольской метеорологической станции № 33991; для восточной и южнобережных групп – Феодосийской (№ 33976) и Ялтинской (№ 33990), для северной – Симферопольской (№ 339555u), а для г. Чатыр-Даг – данные с метеостанции Ангарского Перевала (№ 33958). Полученные результаты обрабатывали, используя методы математической статистики [7].

Результаты и обсуждение. *J. deltoides* – двудомный кустарник или небольшое дерево до 10-15 м высотой. Хвоя в чередующихся мутовках по 3. Длинной 10-25 мм и 1-3 мм шириной. Шишкоягоды пазушные на коротких (1-2 мм) карликовых побегах с мутовками мелкой хвои, созревают на второй год. Зрелые шишки шаровидные или яйцевидно-шаровидные, 8-20 мм

диаметром. Семян длиной 5-12 мм в шишкоягоде 2-3 шт. В горах Крыма, в отличие от *J. excelsa*, не выступают в качестве лесообразующей породы. Чаще всего встречается в виде подлеска в сообществах *J. excelsa*, *Q. pubescens*, *P. mutica*, *Pinus brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba.

Крымский ареал этого вида простирается от мыса Фиолент (на западе) до горных массивов Карадаг (на востоке) и горного массива Агармыш (на севере). Основной ареал находится в высотном диапазоне от 50 до 750 м. Иногда поднимается до высоты более 1000 м н.у.м.

J. deltoides является более морозоустойчивым, в результате чего, его можно встретить, не только в пределах Южного берега Крыма, но и в северной части Предгорной зоны Крыма. Высота представителей данного вида, вне зависимости от его местопроизрастания в пределах Крыма, изменяется в диапазоне и составляет от 1 до 4 м. Чаще всего особи *J. deltoides* обильно плодоносят и их жизненное состояние характеризуется как хорошее и отличное. При этом, необходимо отметить, что именно особи *J. deltoides* чаще всего подвержены браконьерским рубкам.

В ходе проведенных исследований было обнаружено ранее не описанное дерево *J. deltoides*, произрастающее на нижнем плато г. Чатыр-Даг (рис. 1). Это дерево уникально тем, что произрастает на максимальной для Крыма высоте над уровнем моря (1000 м) на значительном удалении от остальной крымской популяции *J. deltoides*. При этом, его жизненное состояние оценивается как отличное, с обильным плодоношением. Таксационные характеристики соответствуют особям данного вида в пределах северной границы ареала.

В ходе исследования анализировали прирост побегов в период 2019-2021 гг. В основной части ареала минимальный прирост отмечается в 2019 г. для особей южнобережной группы и составляет $1,49 \pm 0,13$ см (табл.). Максимальными значениями, за исследуемый промежуток времени, характеризуется западная группа, прирост которой изменялся от 2,54 до 4,18 см.

Таблица

Величина годового прироста *J. deltoides* в Горном Крыму

№ ПП	2021		2020		2019	
	L $\pm$ l, см	V (%)	L $\pm$ l, см	V (%)	L $\pm$ l, см	V (%)
1	$3,03 \pm 1,10$	42,63	$2,13 \pm 0,58$	37,19	$1,93 \pm 0,52$	46,65
2	$5,68 \pm 0,94$	33,23	$2,25 \pm 0,43$	38,49	$2,20 \pm 0,42$	38,57
3	$2,93 \pm 0,64$	37,55	$2,13 \pm 0,07$	5,41	$1,87 \pm 0,15$	13,48
4	$2,77 \pm 0,15$	9,10	$2,03 \pm 0,32$	27,09	$2,40 \pm 0,27$	19,09
5	$5,28 \pm 0,31$	11,72	$5,23 \pm 0,60$	23,19	$2,10 \pm 0,31$	29,61
6	$4,24 \pm 0,40$	26,43	$3,34 \pm 0,54$	45,64	$3,09 \pm 0,35$	32,50
7	$3,64 \pm 0,62$	38,00	$3,38 \pm 0,77$	44,10	$3,02 \pm 0,13$	9,48
8	$5,80 \pm 0,34$	12,86	$3,45 \pm 0,85$	34,84	$2,90 \pm 0,10$	4,88
Западная группа	$4,18 \pm 0,31$	32,44	$3,18 \pm 0,27$	37,97	$2,54 \pm 0,14$	31,94
Кол-во осадков, мм	375		255		217	
9	$2,70 \pm 0,33$	30,00	$1,75 \pm 0,16$	21,91	$1,43 \pm 0,14$	24,44
10	$3,02 \pm 0,37$	30,19	$1,82 \pm 0,13$	17,20	$1,55 \pm 0,23$	36,00
Южно-береж. гр.	$2,89 \pm 0,24$	29,33	$1,78 \pm 0,10$	18,80	$1,49 \pm 0,13$	30,04

№ ПП	2021		2020		2019	
	L ± l, см	V (%)	L ± l, см	V (%)	L ± l, см	V (%)
Кол-во осадков, мм	322		208		156	
11	2,48 ± 0,09	8,26	2,02 ± 0,28	31,00	2,02 ± 0,16	17,29
12	2,65 ± 0,42	31,50	1,50 ± 0,35	37,14	1,85 ± 0,55	39,94
13	2,28 ± 0,12	12,17	1,64 ± 0,18	24,62	1,84 ± 0,36	42,24
14	2,64 ± 0,21	21,05	2,11 ± 0,24	30,21	2,29 ± 0,15	17,40
15	2,07 ± 0,10	11,31	2,02 ± 0,16	26,51	2,03 ± 0,22	26,51
Восточная группа	2,42 ± 0,09	20,06	1,90 ± 0,11	29,96	2,03 ± 0,12	30,32
Кол-во осадков, мм	437		153		250	
16	3,34 ± 0,92	41,32	1,76 ± 0,19	24,64	1,72 ± 0,22	28,00
17	3,21 ± 0,41	33,62	1,80 ± 0,12	17,88	1,63 ± 0,17	27,17
Северная группа	3,27 ± 0,43	35,07	1,78 ± 0,10	19,84	1,67 ± 0,13	26,38
Кол-во осадков, мм	255		146		132	
Ангартский Перевал	1,63 ± 0,47	38,24	1,38 ± 0,39	35,82	1,2 ± 0,28	36,64
Кол-во осадков, мм	446		327		229	

По данным К.А. Сергеевой [13], наиболее критическим периодом в жизни растения является период роста побегов. В это время значительное влияние на состояние растений оказывает дефицит влаги и минеральных веществ. Рост побегов можжевельника начинается в первой декаде марта и заканчивается в конце июня. Установлено, что на всей территории Крыма максимальное количество осадков, за исследуемый период, выпало в 2021 г. и составляет от 255 до 446 мм, что практически в два раза больше, чем в предыдущие годы. Для подавляющей части полуострова самым засушливым годом стал 2019 г. Количество осадков в период роста побегов составляет 130-255 мм. При этом, для востока Крыма минимальные осадки отмечены в 2020 году – 153 мм. На рисунке 2 достаточно четко прослеживается зависимость годового прироста побегов *J. deltooides* от количества осадков в период с февраля по июнь, коэффициент корреляции составил 0,99.

Абсолютно очевидно, что с увеличением количества осадков величина роста побегов также увеличивается на всей площади популяции. Это подтверждает и тот факт, что в восточной группе минимальный прирост побегов отмечен в самый засушливый 2020 год. При этом на рисунке 2 видно, что у единичного дерева на г. Чатыр-Даг при большем количестве, выпавших осадков в каждый из годов, отмечается значительно меньший прирост побегов. Данная особь стоит особняком на графике (рис. 2). Подобное явление можно объяснить тем фактом, что дерево произрастает на максимальной для вида в Крыму высоте – 1026 м н.у.м. На данной высоте значительно снижается среднемесячная температура в период роста побегов, в результате чего, интенсивность их роста также значительно сокращается. Так, средняя температура за исследуемый период на г. Чатыр-Даг составляет от 6,9°C до 8,7°C (в зависимости от года), а на остальной части ареала эта температура практически не отличается и изменяется в пределах от 11,1°C до 13,0°C (также в зависимости от года).

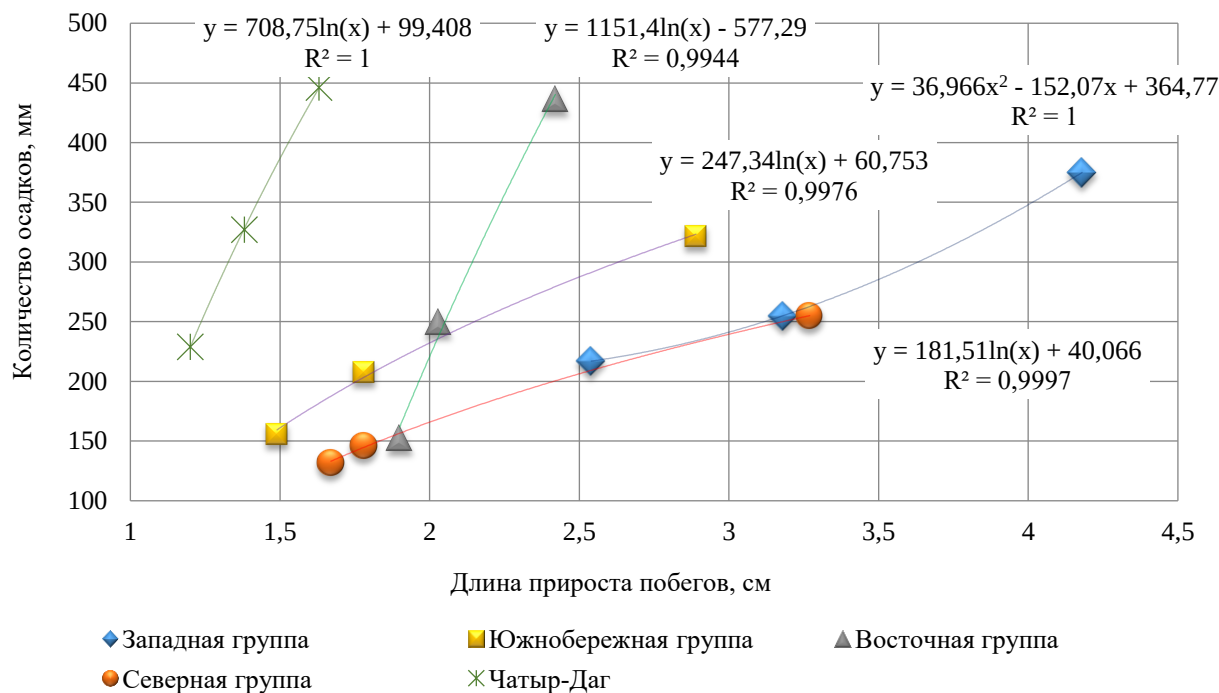


Рис. 2. Величина прироста побегов *J. deltoidea* в зависимости от количества атмосферных осадков

На основной части ареала высота произрастания особей над уровнем моря также оказывает значительное влияние на интенсивность роста побегов. Из литературных источников известно, что в засушливый год влияние высоты над уровнем моря на развитие особей проявляется незначительно [1]. Поэтому для дальнейшего исследования влияния данного фактора, учитывались только показатели 2021 года, характеризующегося максимальным количеством осадков.

С использованием дисперсионного анализа установлено, что сила влияния фактора (высоты над уровнем моря) в 2021 г. составила 52,9 % ($F_{\phi}=12,83$; F_{st} при 1%=2,87), в засушливые годы – 24-26% ($F_{\phi}=4,06$ -5,36). Выявлено, что с повышением высоты над уровнем моря наблюдается увеличение годового прироста побегов, коэффициент корреляции составил 0,94 (рис. 3).

Минимальный прирост был отмечен на высоте от 40 до 100 н.у.м. и в среднем составляет $1,74 \pm 0,34$ см. Максимальный прирост зафиксирован у особей западной группы и имеет величину $4,68 \pm 0,21$ см. Данная группа растений характеризуется наиболее высоким над уровнем моря месторасположением. Особь, произрастающая на нижнем плато г. Чатыр-Даг не являются частью одной генеральной совокупности (рис. 2), поэтому данную точку из общего графика исключили.

С использованием дисперсионного анализа установлено, что сила влияния фактора (высоты над уровнем моря) в 2021 г. составила 43% ($F_{\phi}=22,41$; F_{st} при 1%=2,80; $k_A=6$; $k_e>200$), в засушливые годы – 22-23% ($F_{\phi}=7,33$ -8,50). Для дальнейшего анализа результатов исследований использовались данные 2021 года. Было выявлено, что с повышением высоты над уровнем моря наблюдается увеличение годового прироста побегов, коэффициент

корреляции составил 0,92 (рис. 3). Минимальный прирост был отмечен на высоте 40 м н.у.м. и составляет 2,93 см. Максимальный прирост зафиксирован у особей западной группы и в среднем имеет величину 5,29 см. Данная группа растений характеризуется наиболее высоким над уровнем моря месторасположением.

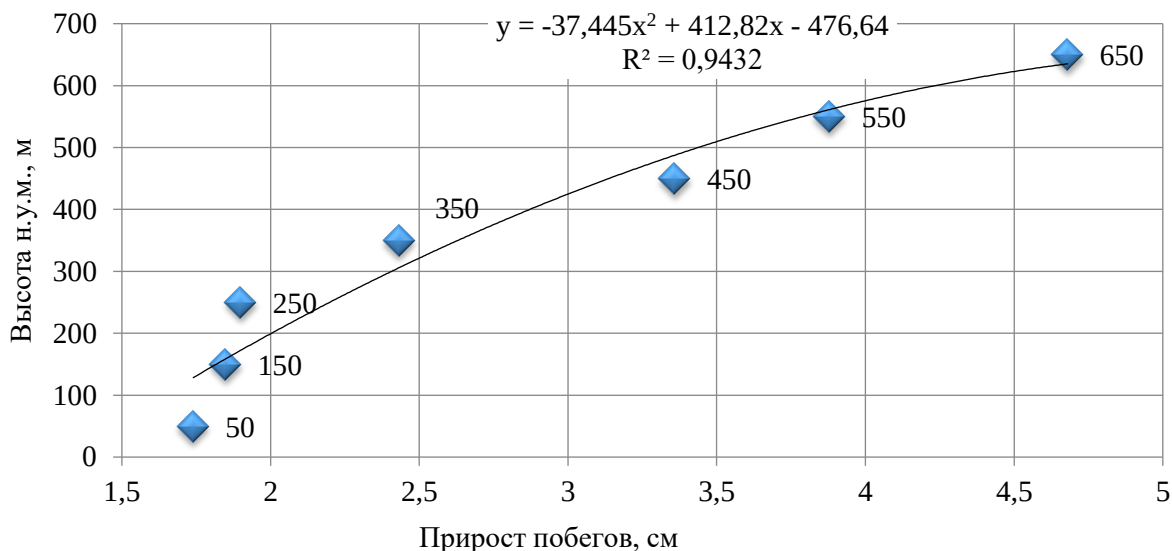


Рис. 3. Зависимость прироста побегов *J. deltooides* от высоты над уровнем моря

По данным ряда авторов, наряду с высотой над уровнем моря условия для роста и развития растений в горах определяются экспозицией склонов [2]. Установлено, что сила влияния данного фактора значительно ниже, чем двух предыдущих и составляет 21,56% ($F_{\phi}=5,36$; F_{st} при 1%=3,56).

Минимальный прирост отмечался у особей, произрастающих на наиболее жарких участках с южной и юго-восточной экспозицией и составляет 1,77–1,89 см. Максимальным ростом характеризуются особи *J. deltooides* на участках с северо-восточной экспозицией ($2,67 \pm 0,45$ см). Подобное явление можно объяснить различием тепло- и влагообеспеченности участков. Т.к. *J. deltooides* является подлесковой породой, то ему характерны участки с меньшей инсоляцией и иссушением почвы.

Еще одним фактором, влияющим на рост побегов *J. deltooides*, выступают эдафические условия мест произрастания. Сила влияния данного фактора составляет 19,10% ($F_{\phi}=6,22$; F_{st} при 1%=4,04), что практически не отличается от влияния экспозиции склона. Максимальный прирост отмечается на участках очень сухих суборей (B_0) и составляет $2,59 \pm 0,34$ см. При этом, минимальная сила роста характерна особям, произрастающим в максимально сложных эдафических условиях сухого бора (A_1). Величина их прироста – $1,78 \pm 0,26$ см.

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что максимальное влияние на величину прироста побегов *J. deltooides* в горах Крыма оказывает количество осадков, выпавших в период с февраля по июнь. Так, 2021 год характеризуется максимальным ростом побегов, на отдельных пробных площадях он составил $5,28 \pm 0,31$ см. В этом же году

выпало наибольшее количество атмосферных осадков от 255 до 437 мм (в зависимости от области исследования).

Определено, что вторым фактором, по силе влияния на рост побегов *J. deltoides*, является высота над уровнем моря. Этот показатель составил 52,9 % (в период с наибольшим количеством осадков). В засушливые годы уровень влияния гипсометрического фактора заметно снижается.

Кроме того, выявлена достоверная зависимость величины годового прироста побегов *J. deltoides* от экспозиции склона и почвенных условий территории местопроизрастания. При этом, сила влияния этих факторов практически одинаковая и составляет 21,56% и 19,10% соответственно. Так, наиболее благоприятными для роста особей *J. deltoides* являются участки очень сухих суборей с северо-восточной экспозицией склона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барри Р.Г. Погода и климат в горах. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 311 с.
2. Горышина Т.К. Экология растений. М.: Высш. школа, 1979. 368 с.
3. Донец Е.В. Особенности влияния режима осадков на годичный прирост сосны обыкновенной в условиях юго-западной части Крапивинского нефтяного месторождения // Омский научный вестник. 2014. №1(128). С. 149-151.
4. Кожевников А.П., Тишкина Е.А. Экология можжевельника. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2011. 144 с.
5. Коренькова О.О. Биолого-экологические особенности роста и развития *Juniperus foetidissima* Willd. в горном Крыму: дисс. канд. биол. наук. Ялта, 2017. 169 с.
6. Корсакова С.П., Корсаков П.Б., Багрикова Н.А. Климатогенные изменения и прогноз сроков пыления *Juniperus deltoides* (Cupressaceae) // Наука Юга России. 2020. Т. 16(3). С. 40–52. <https://doi.org/10.7868/S25000640200305>
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 350 с.
8. Методы изучения лесных сообществ / отв. ред. В.Т. Ярмишко, И.В. Лянгузова. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
9. Плугатарь Ю.В. Леса Крыма. Симферополь, 2015. 385 с.
10. Погребняк П.С. Общее лесоводство. М.: Колос, 1968. 440 с.
11. Ругузова А.И. Биологические особенности можжевельника красного (*Juniperus oxycedrus* L.) в Крыму в связи с его охраной: дисс. ... канд. биол. наук. Ялта, 2006. 163 с.
12. Садыкова Г.А., Нешатаева В.Ю. Редколесья *Juniperus excelsa* subsp. *Polycarpus* в предгорном Дагестане // Ботанический журнал. 2020. Т. 105. №2. С. 179–195. <https://doi.org/10.31857/S0006813619110164>
13. Сергеева К.А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. М.: Наука, 1971. 174 с.
14. Шиманюк А.П. Дендрология. М.: Лесная промышленность, 1967. 334 с.
15. Adams R.P., Morris A.J., Pandey R.N., Schwarzbach A.E. Cryptic speciation between *Juniperus deltoides* and *Juniperus oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean // Biochemical Systematics and Ecology. 2005. Vol. 33. №8. С. 771-787. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2005.01.001>
16. Adams R.P. Morphological comparison and key to *Juniperus deltoides* and *J. oxycedrus* // Phytologia. 2014. Vol. 96. №2. P. 58-62.
17. Auders A. G. Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species. Published by Kingsblue Publishing Limited. 2013.
18. Farjon A., Filer D. An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Brill, 2013.
19. Farjon A. A Handbook of the World's Conifers. Brill, 2010. Vol. 1.
20. Rajcevic N., Dodos T., Novakovic J. Epicuticular wax variability of *Juniperus deltoides* R.P. Adams from the central Balkan // Ecology and chemophenetics. 2020. Vol. 89. P. 104008. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104008>

21. Yousefi S., Avand M., Yariyan P., Goujani H. J., Costache R., Tavangar S., Tiefenbacher J.P. Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* species using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran // *Ecological Informatics*. 2021. Vol. 65. P. 101427. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101427>

REFERENCES

1. Barri, R.G. (1984). *Pogoda i klimat v gorakh*. Leningrad. (in Russ.).
2. Goryshina, T.K. (1979). *Ekologiya rastenii*. Moscow. (in Russ.).
3. Donets, E.V. (2014). Osobennosti vliyaniya rezhima osadkov na godichnyi prirost sosny obyknovЕННОй v usloviyakh yugo-zapadnoi chasti Krapivinskogo neftyanogo mestorozhdeniya. *Omskii nauchnyi vestnik*, (1(128)), 149-151. (in Russ.).
4. Kozhevnikov, A.P., & Tishkina, E.A. (2011). *Ekologiya mozhzhevel'nika*. Ekaterinburg. (in Russ.).
5. Koren'kova, O.O. (2017). *Biologo-ekologicheskie osobennosti rosta i razvitiya Juniperus foetidissima Willd. v gornom Krymu: diss. kand. biol. nauk*. Yalta. (in Russ.).
6. Korsakova, S.P., Korsakov, P.B., & Bagrikova, N.A. (2020). Klimatogennye izmeneniya i prognoz srokov pyleniya *Juniperus deltoides* (Cupressaceae). *Nauka Yuga Rossii*, 16(3), 40–52. (in Russ.). <https://doi.org/10.7868/S25000640200305>
7. Lakin, G.F. (1990). *Biometriya*. Moscow. (in Russ.).
8. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* (2002). V.T. Yarmishko, I.V. Lyanguzova. St. Petersburg. (in Russ.).
9. Plugatar', Yu.V. (2015). *Lesa Kryma. Simferopol'*. (in Russ.).
10. Pogrebnyak, P.S. (1968). *Obshchee lesovodstvo*. Moscow. (in Russ.).
11. Ruguzova, A.I. (2006). *Biologicheskie osobennosti mozhzhevel'nika krasnogo (Juniperus oxycedrus L.) v Krymu v svyazi s ego okhranoi: diss. ... kand. biol. nauk*. Yalta. (in Russ.).
12. Sadykova, G.A., & Neshataeva, V.Yu. (2020). Redkoles'ya *Juniperus excelsa* subsp. *Polycarpus* v predgornom Dagestane. *Botanicheskii zhurnal*, 105(2), 179–195. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0006813619110164>
13. Sergeeva, K.A. (1971). *Fiziologicheskie i biokhimicheskie osnovy zimostoikosti drevesnykh rastenii*. Moscow. (in Russ.).
14. Shimanyuk, A.P. (1967). *Dendrologiya*. Moscow. (in Russ.).
15. Adams, R. P., Morris, J. A., Pandey, R. N., & Schwarzbach, A. E. (2005). Cryptic speciation between *Juniperus deltoides* and *Juniperus oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33(8), 771-787. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2005.01.001>
16. Adams, R. P. (2014). Morphological comparison and key to *Juniperus deltoides* and *J. oxycedrus*. *Phytologia*, 96(2), 58-62.
17. Auders, A. G. (2013). *Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species*. Published by Kingsblue Publishing Limited.
18. Farjon, A., & Filer, D. (2013). *An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status*. Brill.
19. Farjon, A. (2010). *A Handbook of the World's Conifers* (2 vols.) (Vol. 1). Brill.
20. Rajčević, N., Dodoš, T., Novaković, J., Janačković, P., & Marin, P. D. (2020). Epicuticular wax variability of *Juniperus deltoides* RP Adams from the central Balkan—Ecology and chemophenetics. *Biochemical Systematics and Ecology*, 89, 104008. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104008>
21. Yousefi, S., Avand, M., Yariyan, P., Goujani, H. J., Costache, R., Tavangar, S., & Tiefenbacher, J.P. (2021). Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* species using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran. *Ecological Informatics*, 65, 101427. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101427>

Дата поступления: 22.07.2022

Дата принятия: 03.09.2022

© Коренькова О.О., 2022

UDC 574.3

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/05>

Ryabukhina M.V., Khakimov E.R., Filippova A.V., Latypov A.A.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE ANALYSIS OF THE AGE STRUCTURE OF THE STAND OF THE NATIONAL PARK “BUZULUKSKY BOR”

Рябухина М.В., Хакимов Э.Р., Филиппова А.В., Латыпов А.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»

Abstract. The forests of the steppe Trans-Urals cover a small area and are represented to a greater degree by island forests, birch outlier and inundable poplar forests. However, it is difficult to overestimate their bioecological, habitat forming, soil-fixing, protective and recreational functions. Currently, due to various forest growth conditions and forestry operations, in natural and artificial forest stands, there are processes of shrinking of the stand, epiphytotoxics of the stand with harmful insects and fungal diseases, an increase in the proportion of overmature stands, which worsen the general condition of the forest, lead to the development of outbreaks of diseases and create an inflammability. The tree plantations “Buzuluksky Bor National Park” are exposed to periodic droughts, high temperatures in spring and summer, fires in large areas, diseases, as well as continuous logging carried out in the past, which leads to a change in the structure of the stand. The article provides a history of the bor formation, which in the process of its formation was undergone serai change, the influence of various both positive and negative factors, which can be attributed to an anthropogenous factor. An analytical analysis of the changes in the forest fund of the national park “Buzuluksky Bor National Park” because of the use of logging of the main use and the impact of the pyrogenic factor is given. Changes in the area of plantings of individual species by years of forest management are also presented. The optimal age structure is determined, the value of the normative distribution of the areas of plantings for each kind of wood is calculated. Conservation and restoration of forest territories of the steppe zone, in particular “Buzuluksky Bor National Park”, the productive capacity of tree plantations, continuing of protective functions, as well as biodiversity and their contribution to global ecological processes are currently the task of prime importance and criterion for sustainable management of forest resources.

Аннотация. Леса степного Зауралья занимают небольшую площадь и представлены в большей степени островными лесами, березовыми колками и пойменными тополевыми лесами. Биоэкологические, средообразующие, почвоукрепляющие, защитные и рекреационные функции этих лесов трудно переоценить. В работе представлен анализ изменения лесного фонда национального парка в результате использования рубок главного пользования и воздействия пирогенного фактора. Даны сведения об изменениях площадей насаждений отдельных пород по годам ведения лесного хозяйства. Была определена оптимальная возрастная структура, рассчитано значение нормативного распределения площадей насаждений по каждой породе древесины. Сохранение и восстановление лесных территорий степной зоны «Национального парка «Бузулукский бор», продуктивной способности древесных насаждений, сохранения защитных функций, а также биоразнообразия и их вклада в глобальные экологические процессы, что является задачей первостепенной важности. В настоящее время в связи с различными лесорастительными условиями и лесохозяйственными работами в естественных и искусственных древостоях происходят процессы усыхания древостоя, эпифитотоксичности древостоя вредными насекомыми и грибными заболеваниями, увеличение доли перестойных насаждений, что ухудшает общее состояние леса, приводят к развитию вспышек болезней и создают пожароопасность. Древесные насаждения «Национальный парк «Бузулукский бор» подвергаются периодическим засухам, высоким температурам весной и летом, пожарам на больших площадях, болезням, а также проводимым в прошлом непрерывным рубкам, что приводит к изменению в конструкции стенда. В статье представлена история формирования бора, который в процессе своего формирования претерпевал серьезные изменения, влияние различных как положительных, так и отрицательных факторов, которые можно отнести к антропогенному фактору.

Keywords: Buzuluksky Bor National Park, dynamics of the forest area, age class of plantings, area of tree species.

About the authors: Ryabukhina Maria Vladimirovna, ORCID: 0000-0002-8409-6630, SPIN-code: 3442-3513, Ph.D., Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, Russia, marija-rjabuhina@mail.ru; Khakimov Erik Rishatovich, ORCID: 0000-0003-4222-9711, SPIN-code: 8035-8874, Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ufa, Russia, hakimov@mail.ru; Filippova Asya Vyacheslavovna, SPIN-code: 8039-8100, Dr.habil., Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia, kassio@yandex.ru; Latypov Andrey Aleksandrovich, National Park “Buzuluksky bor”, Orenburg Russia, npbuzbor@mail.ru

Ключевые слова: национальный парк «Бузулукский бор», динамика площади лесов, возрастной класс насаждений, ареал древесных пород.

Сведения об авторах: Рябухина Мария Владимировна, ORCID: 0000-0002-8409-6630, SPIN-код: 3442-3513, канд. биол. наук, Экспертно-криминалистический центр МВД России, г. Москва, Россия, marija-rjabuhina@mail.ru; Хакимов Эрик Ришатович, ORCID: 0000-0003-4222-9711, SPIN-код: 8035-8874, Уфимский юридический институт МВД России, г. Уфа, Россия, hakimov@mail.ru; Филиппова Ася Вячеславовна, SPIN-код: 8039-8100, д-р биол. наук, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия, kassio@yandex.ru; Латыпов Андрей Александрович, Национальный парк «Бузулукский бор», г. Оренбург Россия, npbuzbor@mail.ru

Ryabukhina M.V., Khakimov E.R., Filippova A.V., Latypov A.A. Ecological Aspects of the Analysis of the Age Structure of the Stand of the National Park “Buzuluksky Bor”// Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 43-52. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/05>

Ryabukhina, M.V., Khakimov, E.R., Filippova, A.V., & Latypov, A.A. (2022). Ecological Aspects of the Analysis of the Age Structure of the Stand of the National Park “Buzuluksky Bor”. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 43-52. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/05>

Introduction. The forest stands of the unique steppe forest, which received the status of the “Buzuluksky Bor National Park”, were influenced by various positive and negative factors in the process of formation and successional changes, which can include anthropogenic, including pyrogenic [1]. An important management of the Special Protected Natural Areas “Buzuluksky Bor National Park” is to understand how the formation of a unique forest phytocenosis took place, to determine the factors that change its stability and adaptation, and to predict the further development of protected areas.

The purpose of the study is to determine the optimal structure of tree plantations of the “Buzuluksky Bor National Park”.

Kovtun S.Y. (2007) notes that the formation of pine forests on the sandy terraces of the Borovka and Samara rivers occurred during the Upper Pleistocene and Holocene epoch (about 10,000 years ago), under aridization of climate [4]. The change of arid and humid climatic periods was reflected in the formation of plant complexes. A number of scientists agree that the decrease in precipitation provoked a decrease in the groundwater level, which subsequently led to an increase in the area of the swept sands. Climatic changes were the primary factors in the formation of the forest landscape, which led to the formation of specific dry (lichen), mossy (fresh, moist), and complex forests [5]. Pyrogenic effects of various geneses led to an intensive increase in non-forested land, which changed the succession of boron. Historically, the formation of boron occurred in the Atlantic humidified period (6000-2500 years BC) and the sub-Atlantic (1500-500 years BC), when there was an increase in the level of groundwater that contributed to the growth of wooded lands. These periods reduced the steppe territories within the forest, and reduced the area of dry cenoses [9; 10]. Subsequent periods

of development of the territory of the “Buzuluksky Bor National Park” occurred during the dry period. After which shifting sand formed dunes, deep sands without layers of sandy loam, gave rise to the formation of a pine complexes.

The history of the study of the forest stand and ecosystem interface in the “Buzuluksky Bor National Park” has more than 200 years; as a result, the scientific community has created an important bibliography revealing the dynamics of boron ecosystems and the patterns of their functioning [7]. The following historical periods of scientific research in the “Buzuluksky Bor National Park” can be distinguished:

First period – 1768-1933. In 1768-1774, by decree of Catherine II, an academic expedition was organized to identify, describe and study natural resources necessary for further economic development of Russia that was. 20 years later, in 1793, a general survey of the forest was carried out by the established Surveying Expedition under the Senate. This decision made it possible to create new jobs. In addition, local population was offered to work as forest wardens, while prohibiting illegal logging. One of the duties was the supervision of the forest management. Since then, this forest area has been given a name – “government-owned place Buzuluksky forest” or “government-owned forest cottage”. Survey regulation of district carried out in 1843 laid the foundations for rational forestry in the Buzuluksky forest [7].

On the initiative of Professor G.F. Morozov, a special institution was founded on this territory – the Borovoye Experimental Forestry, which by 1944 stood out as an independent organization of the research direction- the Borovaya Forest Experimental Station of All-Russian Scientific Research Institute of Forestry.

The first ideas about the allocation of this territory as a special one were voiced back in 1927. Professor M.E. Tkachenko, based on the research results of the first scientific expedition, and the recommendations of Academician V.N. Sukachev, prepared a proposal for the creation of the state reserve named as Buzuluksky Bor [9].

The 2nd period – 1933-1948. On the lands of the national park “Buzuluksky Bor”, a state reserve was founded, which worked for 15 years. In 1945, a second expedition was organized by Professor V.G. Nesterov, which resulted in the closure of the reserve, and the scientific library and museum were placed at the disposal of the All-Russia Scientific Research Institute of Forestry.

The 3rd period – 1948-1977, when interest in the study of boron by many representatives of the scientific from different fields of science sharply increased. They begin to study and test methods of planting forest cultures; develop technologies for restoring anthropogenic disturbed forest ecosystems. At the same time, due to the lack of the conservation status of boron, active development and oil production continues on the territory of forest stands.

Fourth period – 1977-2007. Committed scientists are beginning to prepare documents for the implementation of the tasks facing specially protected natural areas. A.A. Chibilev (1998) developed a scientific justification for the creation of a National park on all lands of the forest [10].

The Governor of the Orenburg Region, V.E. Elagin, by his order in 1997 created a commission. It together with the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences developed a project “On the establishment of the Buzuluksky Bor National Park in the Orenburg and

Samara Regions, and received recommendations from the Ministry of Natural Resources of Russia. The result was the decree of the Government of the Russian Federation dated 29.12.2007 No. 1952, on the establishment of the federal state budgetary institution “Buzuluksky Bor National Park” [6; 8].

The 5th period – from 2008 to the present, Buzuluksky forest receives the status of a “National Park”. Active conservational, eco-educational, forestry activities are beginning, scientists are actively involved, who continue to investigate and assess the state of the unique forest ecosystem.

At the present stage, the Buzuluksky forest was investigated: Gursky A.A. (2002), Koltunova A.I. (2015), Velmovsky P.V. (2019), Ryabinina Z.N. (2000) and other scientists whose research covers various aspects of unique tree plantations [1; 2; 6; 8].

A significant part of researchers agree that the impact of abiotic and biotic environmental factors has led to the fact that natural succession is practically absent and artificial reforestation prevails.

Anthropogenic development of new lands, including forest lands, led to the development of forest and cultural activities in the Buzuluksky Bor National Park. The areas affected by fire and salvage fellings were actively used in forestry management.

Materials and methods of research. The work used survey, analytical research methods, and archival data of forest management and accounting of the Buzuluksky forest fund for the period from 1948 to 2018, Forestry regulations for 2008 and 2018, and materials of forest management 1948-2018. The forest fund of accounting data was also used. Initially, all data was compiled into work tables according to the established forms. Then the data on the distribution of areas by land categories were summarized in an abbreviated version of Form 1 of the forest fund accounting. The age distribution of the areas and stocks of the main forest-forming species was brought into line with Form 2 of the forest fund accounting. The distribution of areas and stocks of plantings by age groups is reduced to the same ages of decline (logging), which allowed us to compare the data in dynamics from 1948 to 2018.

The studied tree species were: – scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), then pine; petiolate oak (*Quercus robur* L.), then oak, hanging birch (silver birch) (*Betula pendula* Roth), then birch; common aspen (*Populus tremula* L.), then aspen.

Results and discussion. The gross area of the forestry “Buzuluksky Bor National Park” according to the forest management is 106788, 28 hectares. The territory of the forestry is divided into 12 precinct forest areas: Bogatovskoye – 7754.51 ha; Borovoye-Opytnoye – 10507.20 ha; Borskoye – 10443.69 ha; Derzhavinskoye – 7090.30 ha; Koltubanskoye – 8302.00 ha; Komsomolskoye – 8225.00 ha; Krasno-Zorkinskoye – 8959.50 ha; Partizanskoye – 9256.90 ha; Petrovsky – 6571.00 ha; Skobelevskoye – 9793.98 ha; Chelyuskinskoe – 10093.30 ha; Shirokovskoe – 9790.90 ha.

Officially, 52.0% of the gross area of the forest is located on the territory of the Orenburg region in the Buzuluksky district, which includes Komsomolskoye, Koltubanovskoye, Borovoye-Opytnoye, Shirokovskoye, Partizanskoye, Derzhavinskoye, Chelyuskinskoye forestry. The Samara region includes 48.0% of the gross area of the forest, which includes Bogatovskoye, Bor, Krasno-

Zorkinskoye, Petrovsky, Komsomolsk, Koltuban, Skobelevskoye, Petrovsky forestry (according to the forestry regulations 2018) [5].

The analysis of the forest fund shows that since 1948 there has been a decrease in the gross area of the forest fund of the national Park “Buzuluksky Bor” by 4852 ha, while the land covered with forest vegetation increased by 41355.8 thousand ha (+78.7%).

The lands of the Buzuluksky forest covered with forest vegetation have changed since the first forest management, depending on the ratio of the areas of logging of the main use and the areas covered by fires. Thus, in 1959-1977, the average annual volume of logging of old growth and over-mature forest was 148 thous. m³, and in 1990-2018, only 35 thous. m³.

The area of land covered by fires was about 1.5 thousand hectares. Conflagration type of fire were observed in 1831 on an area of 24 thous. ha, in 1879 – on an area of 18 thous. ha and in 1926 – on an area of 6 thous. ha. As a result of catastrophic fires in 1921, 1926 and 1931, the forest management of 1936 marked the smallest percentage of forested land – 65% of the gross area (tabl. 1).

Table 1

Dynamics of forest fund distribution by forest and non-forest lands

Indicators of land characteristics	1948		1958		1989		2002		2008		2018	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1. Gross land area of the forest fund	111640	100	110710	100	111232	100	111118	100	106788	100	106788	100
2. Лесные земли – всего	76520	68.5	81170	73.3	93150	83.7	96104	86.5	94851	88.8	96639.5	90.5
2.1. Covered with forest vegetation – total	52539	47.1	61986	56.0	86190	77.5	94133	84.7	93272	87.3	93894.8	87.9
2.1.1. Including planted forest	–	–	5384	4.9	2128	1.9	392	0.4	25061	23.5	–	–
2.2. Not covered with forest vegetation – total	23981	21.5	19184	17.3	6960	6.3	1971	1.8	1579	1.5	2744.7	2.6
including: non-closed forest crops	–	–	5384	4.9	2128	1.9	392	0.4	–	–	–	–
wood glades, wastelands	19386	17.4	10368	9.4	3008	2.7	1209	1.1	–	–	2058.7	1.9
3. Non-forest lands – total	11139	10.0	10356	9.4	11122	10.0	13043	11.7	11937.28	11.2	10148.9	9.5

One of the priority areas of economic activity of forestry in Buzuluksky forest has always been reforestation, as a result of which the area of forest land increased from 76.52 thous. ha in 1948 to 96.66 thous. ha in 2018, or by +26.3% [3; 4]. The territory of standing forest increased from 5.34 thous. ha in 1958 to 25.0 thous. ha in 2008. The positive dynamics of the decrease in the areas of forest areas with artificial reforestation, the taxation indicators of which do not meet regulatory requirements and unforested cutting areas was noted. Non-forest lands decreased by 990.1 ha during the study period and in 2018 amounted to 9.5% of the gross area forest fund.

Table 2 shows the ratio of the main forest-forming species depending on the year of accounting. In particular, according to the forest management in 2018, the ratio of species was: birch – 8.8%, aspen – 10.2%, oak – 16.2%, pine – 50.8%.

Table 2

Dynamics of tree plantings areas

Species of wood			Pine tree	Oak	Aspen	Birch	Oth. species of wood	Grand total:
Accounting years	1948	ha	30.5	15.7	13.5	6.9	10	76.6
		%	39.8	20.5	17.6	9	13.1	100
	1958	ha	41.5	19.5	17.5	8.9	29	116.4
		%	35.7	16.8	15	7.6	24.9	100
	1968	ha	46.6	19.3	12.7	8.6	20.9	108.1
		%	40.6	16.8	11.1	7.5	24	100
	1979	ha	40.6	16.8	11.1	7.5	24	100
		%	46.1	16.7	10.9	7.4	17.6	98.7
	1989	ha	52	17.9	11.3	8.5	16.5	106.2
		%	49	16.9	10.6	8	15.5	100
	2002	ha	50.2	16.4	10.7	8.7	14	100
		%	50.2	16.4	10.7	8.7	14	100
	2008	ha	51.3	16.6	10.5	8.9	14.2	101.5
		%	50.5	16.4	10.3	8.8	14	100
	2018	ha	52.6	16.8	10.6	9.1	14.5	103.6
		%	50.8	16.2	10.2	8.8	14	100
Dynamics of 2018-1948.±		ha	22.1	1.1	-2.9	2.2	4.5	27
		%	72.5	7	-21.5	31.9	45	35.2

Studies from 1948 to 2018 reflect the change in the percentage of areas covered by forest plantations. They reflect the positive dynamics of the species composition, which is expressed in an increase in the area of birch plantations – by 2.2 thous. ha (+31.9), oak by 1.1 thous. ha (+7.0%), pine by 22.1 thous. ha (+11%). The area covered by aspen during the study period decreased by 2.9 thous. ha (-21.5%) from 13.5 thous. ha to 10.6 thous. ha. The area under other species increased from 10 thous. ha in 1948 to 14 thous. ha in 2018, the increase was +4.5 thous. ha (+45%). The gross area of plantings for the time period 1948-2018 increased by 27 thous. ha (+35.2%).

The age structure of the stand (tabl. 3) indicates that the average age of tree species has changed, for example, the average age of pine plantations has increased and amounted to 92 years by 2018 (+18 years). This indicates the aging of plantings in the ecosystem, bringing it closer to the category of overgrown forest. This dynamics is noted for all the studied tree species, the class of bonity and the average completeness of the stand changed slightly during the study period.

According to the volume of wood for 1 ha, the first most important wood species is pine. There is a positive trend in the accumulation of its reserves, from 298 m³/ha in 1948 to 551 m³/ha in 2018. The second most important wood species is oak. The dynamics of volume and age varies from 137 m³/ha at 35 years in 1948 and up to 284 m³/ha at 78 years in 2018. At the same time, the capacity class decreased slightly (by – 0.4), but the completeness increased by +0.2.

The third forest forming species is aspen. The average age of its plantings increased from 34 to 72 years, the capacity class increased by 0.5 and the reserve by 149 m³/ha. The fourth forest forming species is birch. Its plantings increased the age by 15 years, the area by 65% and were generally stable in productivity in comparison with other breeds.

Table 3

Dynamics of average taxation indicators of the stand

Species	Years of accounting	Age, years	Capacity class	Completeness	Stock for 1ha, m ³		Stock change	
					Mature and overmature tree	Forested	Average, m ³ /ha	Total, thousand/m ³
Pine	1948	74	1.2	0.56	298	211	2.7	79.5
	1958	86	1.2	0.69	357	242	3	102
	1968	69	1.2	0.67	366	225	3.5	141
	1979	71	1.2	0.63	398	249	4.2	194.4
	1989	78	1.3	0.65	390	255	3.7	176
	2002	89	1.2	0.7	435	340	4.4	210.9
	2008	90	1.2	0.74	487	423	5.1	244
	2018	92	1.2	0.78	551	468	5.7	279
Oak	Dynamics 2018-1948±	+18	–	+0.2	+253	+257	+3.0	+200
	1948	35	2.9	0.57	137	81	2.3	36.1
	1958	41	3.2	0.66	151	98	2.4	38.7
	1968	47	3.1	0.68	150	122	2.7	44.9
	1979	56	3.1	0.67	160	141	2.7	44.6
	1989	66	3.1	0.65	192	168	2.6	42.5
	2002	70	2.0	0.68	224	227	2.8	42.9
	2008	73	2.0	0.7	255	271	3.1	43.3
Aspen	Dynamics 2018-1948±	+43	+0.4	+0.2	+147	+247	+0.9	+8.4
	1948	34	2.0	0.69	191	110	3.6	48.3
	1958	35	2.2	0.74	180	130	3.7	53.8
	1968	35	1.5	0.76	196	147	4.2	46.2
	1979	39	1.9	0.75	233	160	4.3	47
	1989	48	1.8	0.76	243	195	4.2	43.8
	2002	57	1.7	0.77	258	228	3.8	38.6
	2008	65	1.6	0.77	271	259	3.5	33.2
Birch	Dynamics 2018-1948±	+38	+0.5	+0.1	+93	+149	-0.5	-20
	1948	33	2.1	0.59	147	90	2.6	18.4
	1958	38	2.1	0.69	145	113	3.1	22.4
	1968	42	1.9	0.66	158	130	3.2	24.4
	1979	49	1.7	0.67	200	151	3.3	24.6
	1989	56	1.9	0.67	195	174	3.1	24
	2002	65	1.7	0.68	216	195	3.0	19.7
	2008	56	1.9	0.67	195	172	3.1	24.1
Aspen	2018	48	2.1	0.66	172	155	3.2	28.5
	Dynamics 2018-1948±	+15	0	+0.1	+25	+65	+0.6	+10.1

The areas and stock volume by age groups were distributed taking into account the exploitability age adopted by forest management. In order to compare mature and overmature plantings for all accounting periods, the plantings were assigned to the age corresponding to the age of exploitability established by the rules of forest management: for pine – 121, oak – 71, birch – 61, aspen – 51 and more years. The analysis shows a wide range of distribution of plantings by age classes (tabl. 4). The indicators vary significantly, and the areas of mature and overmature pine plantations increased to 36.9% by 2018 against 20.1% in 1948.

The analysis of age-related changes in oak plantations shows significant changes since 1948, when the area of plantations was 6.8% in the I age class, and by 2018 it dropped to 0.9%. An increase in the area of plantings is noted in the VII and subsequent oak age classes from 7.0% in 1948 to 78.5% by 2018.

Table 4

Distribution of plantings by structural classes, (%)

Series	Years of accounting	Age class										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X and more	VII and higher
Pine	1948	20.5	7.1	7.3	7.0	11.5	26.5	15.8	4.1	0.2	–	20.1
	1958	23.6	5.0	7.3	8.3	5.8	24.8	23	2.2	–	–	25.2
	1968	31.4	9.0	6.4	9.3	5.4	11.4	22.4	4.2	0.5	–	27.1
	1979	19	26.7	5.3	7.2	7.3	6.6	17.6	9.7	0.6	–	27.9
	1989	9.8	32.6	8.8	5.8	8.8	4.8	10.4	16.8	2.0	0.2	29.4
	2002	2.7	16.8	27.1	5.8	6.8	8.3	7.9	12.6	11.6	0.4	32.5
	2008	2.0	15.6	32.1	16.8	10.9	12.8	8.2	10.1	14.6	2.3	34.1
	2018	1.5	14.1	21.7	28.4	12.3	9.3	9.6	8.3	17.9	3.4	36.9
	S.d.	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	–	–	–	14.3
Oak	1948	6.8	10.7	24.7	26.8	12.3	8.4	3.3	2.5	2.3	2.2	7.0
	1958	3.7	7.7	11.7	32.3	20.6	11.8	7.6	4.6	–	–	4.6
	1968	1.1	4.1	9.5	15.7	25.8	25.7	13	3.4	1.1	0.6	5.1
	1979	0.7	2.1	4	10.7	17.7	28.3	23	10.3	2.2	1	13.5
	1989	0.1	1.8	2.9	5.4	9.6	20.4	26.9	21.4	8.6	2.9	32.9
	2002	0.1	0.4	1.9	3.8	3.8	6.9	13.9	31.0	27.8	10.1	82.8
	2008	0.2	0.5	2.2	4.1	4.2	7.1	12.4	28.2	25.3	14.2	80.3
	2018	0.9	1.2	2.6	4.9	4.8	8.9	13.6	24.5	21.2	18.6	78.5
	S.d.	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	–	–	12.5
Aspen	1948	9.6	19.3	23.2	25	14.6	5.2	2.1	0.8	0.2	–	8.3
	1958	5.1	12.5	18.2	25.6	24.1	11.8	2.6	0.1	–	–	14.5
	1968	10.4	7.9	16.6	20	28.2	13.5	3	0.4	–	–	16.9
	1979	11.4	12.6	9.7	16.1	21	23	7.5	1.3	0.1	–	29.2
	1989	2.8	8.5	15.1	10.5	17.1	22.8	17.1	4.8	0.8	0.5	46
	2002	1.9	1.9	7.7	12.5	10.6	20.2	22.1	19.2	2.9	0.5	44.7
	2008	2.2	2.2	6.8	11.8	8.7	18.9	24.5	23.1	3.1	1.9	46.1
	2018	1.9	1.9	5.7	10.2	7.3	17.4	28.7	26.9	4.4	2.8	48.3
	S.d.	16.6	16.7	16.7	16.7	16.7	16.2	–	–	–	–	16.6
Birch	1948	4.4	26	18.5	16.2	15.1	10.7	5.8	2.5	0.8	–	9.1
	1958	1.2	7.5	23.9	24.8	21.9	23.4	6.4	0.9	–	–	7.3
	1968	1.1	2.8	8	36.4	25.5	28	3.6	1.7	0.1	–	5.4
	1979	2.6	3.5	4	13.6	39.7	23.3	9.1	3.6	0.6	–	7.3
	1989	1.6	3	4.4	4.1	19.3	37.7	21.5	6.7	1.7	–	29.9
	2002	1.2	2.4	3.7	3.7	6.1	10.9	35.4	28.2	7.3	1.1	71.8
	2008	0.9	2.2	4.3	4.2	7.2	8.9	37.2	32.1	8.4	–	74.2
	2018	2.4	3.8	3.8	3.5	7.9	5.4	38.6	36.2	9.6	–	78.7
	S.d.	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	–	–	–	14.3

S.d. – Standart distribution of plantings areas (%)

The area of aspen plantings in the I age class was 9.6% in 1948, and by 2018 it had decreased to 1.9%, however, the area of its overmature plantings has doubled over 70 years.

A similar distribution of the area of plantings by age classes is observed in birch plantings; in particular, in the I age class in 1948, they were 4.4%, and by 2018 they had decreased to 2.4%. In the VII age class, their area in 1948 was 9.1%, and by 2018 it reached 78.7%.

There are several reasons to explain the trends in the accumulation of forested land by species in comparison with 1948. This was probably influenced by the prohibitions of reforestation logging introduced since 1978, and therefore their small volume prevented the renewal of the age structure of plantations. The second reason may be severe droughts observed in 1998, 2009, 2010, 2012, 2015. The Orenburg region can be considered their epicenter, where there are all types of droughts: early spring, autumn-summer, summer-autumn, combined and stable. This factor is of great importance for the stability of birch and oak plantations.

Conclusion. The complex age structure of the forest fund, the ratio of the areas of forest stands of different ages form the features of the functioning of the forest biocenosis, as well as determine the prospects for forest management, will allow identifying criteria for assessing the health and sustainability of forests at present and in the future. The age structure of the forest fund of the National Park “Buzuluksky Bor” according to the above tree species is not optimal from the point of view of forest management.

Forestry activities of the National Park “Buzuluksky Bor” should be focused on the normative distribution of plantings, which will lead to the alignment of the age structure. The article presents the values of the normative distribution of the areas of plantings (%) for the main tree species of the Buzuluk forest, taking into account the age class. The normative distribution of pine, oak, birch plantings, taking into account the age class, does not change, aspen plantings change slightly. The obtained values show an equalized structure of tree species, which is aimed at the formation of sustainable forest management and reforestation, reducing the accumulation of over-standing plantings. The above normative distribution of the stand is justified by the peculiarities of the economic activity of the national park, which does not provide for logging of the main use. In our opinion, the optimization of the age structure of the stand is possible to a greater extent with the reasonable use of logging for main use, which will minimize negative factors such as inflammability, an increase in the number of harmful insects and fungal diseases.

REFERENCES

1. Vel'movskii, P. V., & Chibilev, A. A. (2019). Neftyanye promysly Buzulukskogo bora: istoriya osvoeniya, ekologicheskie posledstviya i riski, perspektivy ikh minimizatsii. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, (4), 41-41. (in Russ.).
2. Godnev, L.E. (1973). Izuchenie ustoichivosti posevov sosny v mokhovykh borakh NP “Buzulukskii bor”: Avtoref. ... kand. diss. Moscow. (in Russ.).
3. Gurskii, A.A., Safonov, D.N., & Gurskii, A.A. (2002). Dinamika lesnogo fonda NP “Buzulukskii bor”. In *Innovatsionnaya deyatel'nost' na predpriyatiyakh lesnogo kompleksa*, 1, Voronezh, 137–141. (in Russ.).
4. Kovtun, S.Yu. (2009). Antropogennye izmeneniya landshaftov natsional'nogo parka ‘Buzulukskii bor’. In *III Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Perm'*, 41-44. (in Russ.).
5. Kovtun, S.Yu. (2011). Antropogennoe izmenenie landshaftov v Buzulukskom boru. In *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, (3), 223-226. (in Russ.).

6. Koltunova, A. I. (2015). Ustoichivost' nasazhdenii v Buzulukskom boru v usloviyakh razrabotki neftyanykh mestorozhdenii. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (6 (56)), 63-65. (in Russ.).
7. Nesterov, V.G. (1950). Obshchii ocherk NP «Buzulukskii les» i khozyaistva v nem. *Trudy Buzulukskoi ekspeditsii*, 2, 174. (in Russ.).
8. Ryabinina, Z.N., & Knyazev, M.S. (2009). *Opredelitel' sosudistyykh rastenii Orenburgskoi oblasti*. Moscow. (in Russ.).
9. Snytko, V.A., Chibilev, V.P. Chichagov, & Shchipek, T. (2007). Buzulukskii bor (Orenburgskaya oblast') – poligon istoriko-geograficheskikh issledovaniy. In *Teoriya, metody i innovatsii v istoricheskoi geografii: Materialy III Mezhdunarodnoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 23-25 aprelya 2007 g.)*, St. Petersburg. 38-42. (in Russ.).
10. Chibilev, A.A. (1998). Ekologo-geograficheskie printsipy organizatsii Natsional'nogo parka «Buzulukskii bor». In *Problemy stepnogo prirodopol'zovaniya i sokhraneniya prirodnogo raznoobraziya: Sbornik materialov nauchnoi konferentsii (Orenburg, 25-27 marta 1998 g.)*, Orenburg, 73-76. (in Russ.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вельмовский П.В., Чибилёв А.А. Нефтяные промыслы Бузулукского бора: история освоения, экологические последствия и риски, перспективы их минимизации // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. №4. С. 41-41.
2. Годнев Л.Е. Изучение устойчивости посевов сосны в моховых борах НП «Бузулукский бор»: Автореф. ... канд. дисс. М.; 1973.
3. Гурский А.А., Сафонов Д.Н., Гурский А.А. Динамика лесного фонда НП «Бузулукский бор» // Инновационная деятельность на предприятиях лесного комплекса. Т. 1. Воронеж, 2002. С. 137–141.
4. Ковтун С.Ю. Антропогенные изменения ландшафтов национального парка «Бузулукский бор» // III Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Пермь, 2009. С. 41-44.
5. Ковтун С.Ю. Антропогенное изменение ландшафтов в Бузулукском бору // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2011. №3. С. 223-226.
6. Колтунова А. И. Устойчивость насаждений в Бузулукском бору в условиях разработки нефтяных месторождений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. №6 (56). С. 63-65.
7. Нестеров В.Г. Общий очерк НП «Бузулукский лес» и хозяйства в нем // Труды Бузулукской экспедиции. Т. II. 1950. 174 с.
8. Рябинина З.Н., Князев М.С. *Определитель сосудистых растений Оренбургской области*. М.: Ассоциация научных изданий ВМК, 2009. 758 с.
9. Снытко В.А., Чибилев В.П. Чичагов, Щипек Т. Бузулукский бор (Оренбургская область) – полигон историко-географических исследований // Теория, методы и инновации в исторической географии: Материалы III Международной конференции (Санкт-Петербург, 23-25 апреля 2007 г.). СПб, 2007. С. 38-42.
10. Чибилев А.А. Эколого-географические принципы организации Национального парка «Бузулукский бор» // Проблемы степного природопользования и сохранения природного разнообразия: Сборник материалов научной конференции (Оренбург, 25-27 марта 1998 г.). Оренбург, 1998. С. 73-76.

Дата поступления: 14.07.2022

Дата принятия: 09.09.2022

© Ryabukhina M.V., Khakimov E.R., Filippova A.V., Latypov A.A., 2022

УДК 581.9

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/06>

Рябинина З.Н., Рябухина М.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ОСТРОВНЫХ БОРОВ ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА *Pinus sylvestris*
ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ
И ЮЖНОЙ ОКРАИНЫ УРАЛЬСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

Ryabinina Z.N., Ryabukhina M.V.

COMPARATIVE FLORISTIC STUDIES OF ISLAND HOGS
OF THE SOUTHERN BORDER OF THE *Pinus sylvestris*
RANGE ON THE TERRITORY OF THE EAST EUROPEAN PLAIN
AND THE SOUTHERN OUTSKIRTS OF THE URAL MOUNTAIN COUNTRY

Аннотация. В представленной статье рассмотрены естественные реликтовые боры *Pinus sylvestris* L. в пределах юго-западной границы ареала на стыке геоморфологических районов и флористических областей в пределах Оренбургской области. Реликтовые насаждения характеризуются высоким флористическим разнообразием и подразделяются на основании геоботанических исследований на следующие сообщества: травяно-мшистые сосняки; лишайниковые сосняки; дубово-липовые сосняки; травяные сосняки понижений и всхолмлений – Бузулукский бор; травяные сосняки понижений; редколесья на выходах горных пород – Карагай – Покровский бор. Адрианопольский, Болотовский, Аландский островные боры представлены редколесьем на выходах горных пород с присутствием участков понижений и всхолмлений – травяные сосняки. Выявленная флористическая дифференциация между исследованными борами, в большей степени связана с изолированностью и удаленным расположением на ограниченной территории в регионе с нарастающей интенсивностью хозяйственного использования на протяжении последних десятилетий, а также с эволюционными процессами формирования ареала *Pinus sylvestris* L. на стыке двух частей света Европы и Азии, которые проявляются в особенностях геоморфологического строения и схождения ботанико-географических зон.

Ключевые слова: флористический состав, ассоциация, островные реликтовые боры, фитоценоз.

Сведения об авторах: Рябинина Зинаида Николаевна, SPIN-код: 8217-4361, д-р биол. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Россия, vtn1972@mail.ru; Рябухина Мария Владимировна, ORCID: 0000-0002-8409-6630, SPIN-код: 3442-3513, канд. биол. наук, Экспертно-криминалистический центр МВД России, г. Москва, Россия, Marija-rjabuhina@mail.ru

Abstract. The article considers the natural relict forests of *Pinus sylvestris* L. within the southwestern boundary of the range at the junction of geomorphological areas and floristic areas within the Orenburg region. Relict plantings are characterized by high floral diversity and are subdivided on the basis of geobotanical studies into the following communities: grass-mossy pine forests; lichen pine forests; oak-lime pine forests; grass pine forests of depressions and hills – Buzuluksky forest; grass pine forests of depressions; sparse woodlands at rock outcrops – Karagai – Pokrovsky forest. Adrianople, Bolotovskiy, Aland island forests are represented by sparsely wooded rock outcrops with the presence of areas of depressions and hills – grass pine forests. The revealed floristic differentiation between the studied forests is largely associated with isolation and remote location in a limited area in a region with increasing intensity of economic use over the past decades, as well as with the evolutionary processes of the formation of the *Pinus sylvestris* L. habitat. at the junction of two parts of the world of Europe and Asia, which are manifested in the features of the geomorphological structure and convergence of botanical and geographical zones.

Keywords: floral composition, association, island relict forests, phytocenosis.

About the authors: Ryabinina Zinaida Nikolaevna, SPIN-code: 8217-4361, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, vtn1972@mail.ru; Ryabukhina Maria Vladimirovna, ORCID: 0000-0002-8409-6630, SPIN-code: 3442-3513, Ph.D., Expert-Criminalistic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, Russia, Marija-rjabuhina@mail.ru

Рябина З.Н., Рябухина М.В. Сравнительные флористические исследования островных боров южной границы ареала *Pinus sylvestris* территории Восточно-Европейской равнины и южной окраины Уральской горной страны // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. №4(60). С. 53-67. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/06>

Ryabinina, Z.N., & Ryabukhina, M.V. (2022). Comparative Floristic Studies of Island Hogs of the Southern Border of the *Pinus sylvestris* Range on the Territory of the East European Plain and the Southern Outskirts of the Ural Mountain Country. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 53-67. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/06>

Введение. Леса с доминированием *Pinus sylvestris* L. обладают наибольшим ареалом среди прочих видов хвойных древесных растений. Это связано с высокой адаптацией данного вида к окружающей среде, в частности почвенным условиям, увлажнению, освещенности, температурному режиму. Лучше всего *Pinus sylvestris* L. развивается на богатых суглинистых почвах. Чистые древостои формируются на песчаных отложениях и на верховых болотах.

Современное распространение лесов с доминированием *Pinus sylvestris* L. территории Восточно-Европейской равнины, Уральской горной страны подзона Южно-Уральской низкогорной лесостепной провинции и степной провинции Зауральского плато во многом сложилось в результате антропогенных смен, возникающих после пожаров, которые характерны для степной зоны, а также хозяйственного использования территории. В настоящее время в лесостепной и степной зонах исследуемой территории практически отсутствуют сосновые леса не затронутые пожарами и последующему восстановлению с использованием подсадки культур (сеянцы и саженцы, выращенные в лесных питомниках). Средняя продолжительность жизни естественных лесных насаждений составляет 100-150 лет до 350 лет и более, однако сохранившиеся участки с реликтовым древостоем представлены единично, площадь участков постоянно сокращается, что приводит к полному замещению реликтовых боров искусственными насаждениями.

Большое эколого-биологическое значение имеют степные и лесостепные боры и небольшие группы реликтовых сосен, произрастающие на границах ареала, флористических областей, в условиях эколого-географических разностей [4; 5; 9].

В настоящее время особый интерес вызывают реликтовые сосны на территории Оренбуржья, представленные островными борами [8] по причине того, что они отражают специфику пограничного положения на стыке европейской, сибирской и туранской флористических областей на южной окраине Уральской горной страны, а также являются «форпостом» на южной границе ареала [7].

Сравнительные флористические исследования островных боров южной границы ареала *Pinus sylvestris* L. на территории Оренбургской области ранее не проводились.

В связи с этим была поставлена цель – провести флористические исследования реликтовых популяций *Pinus sylvestris* L. южной границы ареала лесостепной и степной зон территории Оренбургской области.

Характеристика района исследования. Климат Оренбургской области резко континентальный, характеризуется жарким летом и холодной зимой с устойчивым снежным покровом, относительно малым количеством осадков, а также высокими годовыми

амплитудами температуры. Самое продолжительное время года – зима, которая длится более 4 месяцев и отличается продолжительными метелями, суровыми морозами, достигающими 40-49°C. Лето солнечное и жаркое, средняя температура июля составляет 20-22,6°C. Однако в дневные часы, особенно в июле, температура воздуха поднимается до 30-45°C. Осадки на территории Оренбургской области распределяются неравномерно. Их количество убывает с северо-запада (450 мм в год) на юго-восток (260 мм в год). Максимальное количество осадков выпадает на хребте Малый Накас (до 550 мм в год) [12].

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили 5 популяций *P. sylvestris* в степной, лесостепной и лесной зонах Оренбургской области.

Сведения о расположении реликтовых насаждений сосны обыкновенной были получены согласно данным Министерства лесного и охотничьего хозяйства Оренбургской области (2018 г.).

Составлено более 150 описаний конкретных фитоценозов с преобладанием реликтового древостоя сосны обыкновенной. Геоботанические исследования проводились на площадках размером 2500 м², для учета травянистых форм закладывали площади размером 100 м² по регулярному принципу в Бузулукском (Бузулукский бор), Кувандыкском (Карагай-Покровский бор) и Кваркенсом (Адрианопольский, Аландский и Болотовский боры) районах.

Описание площадей и дальнейшая обработка результатов проводились согласно стандартным методикам [1; 2; 6; 11].

Результаты и их обсуждение. В Оренбургской области островные сосновые боры относятся к степным лесам Евразийской степной области Заволжско-Казахстанской степной провинции. Они расположены на различных в геоморфологическом отношении структурах, что определяет разнообразие их типологии, в том числе – остепнённые сосняки с лишайниковым покровом, широколиственно-сосновые и сосновые леса со степными и южноборовыми кустарниками, со значительным участием в травяном покрове степных и лугово-степных растений.

Бузулукский бор. Бузулукский бор, расположенный в бассейне реки Боровки, относится к соснякам, расположенным на песчаных холмах – остепненные сосняки с большим количеством степных псаммофитов. Наиболее типичными, для данного массива, являются лишайниковые, мшистые, сложные и травяные боры, они составляют более 2/3 массива.

Лишайниковые боры занимают 1% от всей площади сосновых насаждений. Они расположены по вершинам дюн и отмечены в Державинском, Боровом опытном лесничествах. Это сухие боры с пересеченным рельефом и очень глубоким залеганием грунтовых вод, с покровом наземных лишайников *Cladonia rangiferina*, *C. gracilis*, *C. arbuscula*, *Cetraria islandica*. В остепненных сосняках с разреженным лишайниковым покровом кустарники замещаются степными ксерофильными злаками. Древостой чистые, низко продуктивные, подлесок слабо выражен или совсем отсутствует. Встречаются отдельные экземпляры *Chamaecytisus ruthenicus*, *Genista tinctoria*, *Sorbus aucuparia*, *Acer platanoides*, в травостое *Festuca rupicola*, *Koeleria cristata*, *Anemonoides ranunculus*, лишайники рода *Cladonia*.

Мшистые сосняки занимают 65% от общей площади «Бузулукского бора». Расположены на возвышенных местах с бедными, скудными, сухими почвами, приурочены к песчаным дюнам всхолмлениям и междюнным котловинам с надпочвенным покровом из зеленных мхов *Pleurosium shreberi*, *Dicranum polysetum*, не образующих сплошного покрова. Для мшистых сосняков характерно наличие травяного яруса с участием ксерофитов и мезоксерофитов: *Veronica incana*, *Viola tricolor*, *V. rupestris* на ряду с *Ortilia secunda*, *Pyrola rotundifolia*, *Maianthemum bifolium*, с разреженным покровом из степных кустарников *Cerasus fruticosa*, *Spiraea crenata*, *Rosa majalis* и др., и напочвенным покровом из зеленых мхов, не образующих сплошного покрытия.

Мшистые сосняки – единственное место произрастания *Lycopodium clavatum* в бору. Самые распространенные в мшистых борах здесь орляково-зеленомошные сосняки на почвах супесчаных и легкосуглинистых с *Pteridium aquilinum* и элементами дубравной флоры. *Pinus sylvestris* (dom.) *Antennaria dioica*, *Calamagrostis epigeios*, *Pteridium aquilinum*, *Maianthemum bifolium*, *Ortilia secunda*, *Rubus saxatilis*, *Pulsatilla patens*. В напочвенном покрове преобладают зеленые мхи *Dicranum polysetum*, *Pleurosium aquilinum*, *Pleurosium schreberi*. Проективное покрытие травяного яруса 20-30%. Наиболее характерна ассоциация *Cladonio (rangiferina) – Neottiantho (cucullata) – Pinetum (sylvestris)* (табл. 1).

Травянистые сосняки – занимают 8% от общей площади бора. Это чистые сосняки с густым травяным покровом и кустарниковым ярусом из *Cerasus fruticosa*, *Rhamnus cathartica*, *Euonymus verrucosa*, иногда *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*. Ассоциация *Equiseto (scirpoides) – Cypripediumeto (calceolus) – Pinetum (sylvestris)*. Травянистая ярус эталонный участок травяного бора пологих всхолмлений был выделен в 1928 году В.Н. Сукачевым. Ассоциация *Equiseto (scirpoides) – Cypripediumeto (calceolus) – Pinetum (sylvestris)*. Травянистый ярус с общим проективным покрытием 60-70%. В качестве доминантов выступают *Festuca valessiaca*, *Stipa pennata*, *S. pulcherrima* с покрытием 40-50%. Обычны *Rosa majalis*, *Thymus serpyllum*, *Fragaria vesca*, *Viola tricolor*, *Chamaenerion angustifolium* и др. Флористическое ядро представлено лесостепными, степными и бореальными видами (табл. 1).

Наиболее характерна ассоциация *Cladonio (rangigirina) – Neittiantho (cucullata) – Pinetum (sylvestris)* (табл. 1).

Ассоциация *Dicrano (schreberi) Pteridiumo (aquilinum) – Pinetum (sylvaetris)*. Диагностические виды *Diphasiastrum complanatum*, *Pteridium aquilinum*, *Pinus sylvestris* (dom), *Anttenaria dioica*, *Calamagrostis epigeios*, *Maiathemum bifolium*, *Ortilia secunda*, *Rubus saxatilis*, *Pulsatila patens*. В напочвенном покрове преобладают зеленые мхи *Dicranum polysetum*, *Pleurosium aquilinum*, *Pleurosium schreberi*. Проективное покрытие травяного яруса 20-30%. Ассоциация *Quercuso (robur) – Tilio (cordata) – Pinetum (sylvestris)*.

Сложные сосняки занимают 25% общей площади бора. Верхний ярус – мощные сосны высотой более 30 м, во втором ярусе широколиственные породы – *Quercus robur*, *Tilia cordata*, в подлеске *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *Euonymus verrucosa*, *Crataegus volgensis*, *Rhamnus cathartica*.

Таблица 1

Флористический состав сообществ Бузулукского бора

Виды	Ассоциации			
	Dicrano (schreberi) – Pteridium (aquilinum) – Pinetum (sylvestris)	Cladonio (rangiberina) – (cuculata) – Pinetum (sylvestris)	Quercu (robur)_Tilio (cordata) – Pinetum (sylvestris)	Equiseto (scirpoides) – Cypripedium (calceolus) Pinetum (sylvestris)
	1*	2*	3*	4*
<i>Cetraria islandica</i>		+		
<i>Cladonia coccifera</i>		+		
<i>Cladonia gracilis</i>		+		
<i>Cladonia rangiferina</i>		+		
<i>Dicranum polysetum</i>	+			
<i>Pleurozium aquilinum</i>	+			
<i>Pleurozium schreberi</i>	+			
<i>Diphasiastrum complanatum</i>	+	+		
<i>Lycopodium clavatum</i>	+			
<i>Lycopodium annotinum</i>	+	+		
<i>Equisetum scirpodium Michaux</i>			+	+
<i>Equisetum palustre</i>			+	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	+			
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>			+	
<i>Predium aquilinum</i>	+			
<i>Pinus sylvestris</i>	+	+	+	+
<i>Acer platanoides</i>			+	
<i>Aegopodium podagraria</i>			+	
<i>Alnus incana</i>			+	+
<i>Antennaria dioica</i>	+	+		
<i>Anemone sylvestris</i>			+	+
<i>Anemonoides ranunculoides</i>	+	+		
<i>Asarum europaeum</i>	+	+	+	
<i>Betula pubescens</i>	+			
<i>Bupleurum falcatum</i>	+	+	+	
<i>Calamagrostis epigeios</i>			+	+
<i>Carex pilosa Scop.</i>			+	+
<i>Cephalanthera rubra Rich.</i>			+	
<i>Chamaenerion angustifolium</i>				+
<i>Chamaecytisus borusthenicus</i>	+			
<i>Chimaphila umbellata</i>	+	+		
<i>Convallaria majalis</i>			+	
<i>Corylus avellana</i>			+	
<i>Crataegus volgensis</i>			+	
<i>Cypripedium calceolus</i>				+
<i>Cypripedium macranrhon</i>			+	
<i>Dianthus krylovianus</i>	+	+		
<i>Euonymus verricosa</i>			+	+
<i>Festuca valessiaca</i>	+	+	+	+
<i>Fragaria vesca</i>			+	+
<i>Fritillaria ruthenica</i>			+	+
<i>Gagea minima</i>	+		+	
<i>Galium edoratum</i>			+	
<i>Geranium sylvaticum</i>				+
<i>Goodyera repens</i>	+			

Виды	Ассоциации			
	Dicrano (schreberi) – Pteridium (aquilinum) – Pinetum (sylvestris)	Cladonio (rangiberina) – (cuculata) – Pinetum (sylvestris)	Quercus (robur)_Tilio (cordata) – Pinetum (sylvestris)	Equiseto (scirpoides) – Cypripumeto (calceolus) Pinetum (sylvestris)
	1*	2*	3*	4*
<i>Hedysarum grandiflorum</i>				+
<i>Helichrisum arenarium</i>	+	+		
<i>Iris pumila</i>	+	+		
<i>Lathyrus niger</i>			+	
<i>Lathyrus vernus</i>	+	+	+	
<i>Lonicera tatarica</i>			+	
<i>Maianthemum bifolium</i>		+	+	+
<i>Melica nutans</i>				+
<i>Neottianthe cucullata</i>	+	+		
<i>Orthilia secunda</i>	+	+		
<i>Pyrola chlorantha</i>	+			
<i>Pyrola minor</i>			+	
<i>Pyrola rotundifolia</i>	+	+	+	
<i>Quercus robur</i>			+	
<i>Silene nutans</i>	+	+	+	
<i>Sorbus aucuparia</i>			+	+
<i>Stellaria holostea</i>				+
<i>Stipa pennata</i>			+	+
<i>Stipa pulcherrima</i>			+	+
<i>Thymus serpyllum</i>	+		+	+
<i>Tilia cordata</i>			+	
<i>Tragopogon tanaiticus</i>	+	+		
<i>Viburnum opulus</i>			+	+
<i>Viola mirabilis</i>			+	
<i>Viola rupestris</i>	+	+		
<i>Viola tricolor</i>		+	+	+

Примечание: 1 – Мшистые боры, 2 – Лишайниковые боры, 3 – Сложные боры, 4 – Травянистые боры

В составе сложных боров чаще всего встречаются сосняк липово-мшистый, сосняк липовый, сосняк дубово-липовый. «Сложные боры» по В.Н. Сукачеву (1928) расположены на более плодородных почвах по окраинам Бузулукского бора, окаймляя его со всех сторон [10].

Эталонные, хорошо сформировавшиеся участки дубово-липовых сосняков с соснами 200-300 летнего возраста отмечены в Партизанском и Боровом опытном лесничестве.

Наиболее распространены ассоциации:

Thymuseto (marschalianus) – Stipeto (salesskii) – Pinetum (sylvestris);

Thymuseto (bashkiriensis) – Festuceto (rupicola) – Pinetum (sylvestris);

Карагай – Покровский бор. На территории Оренбургской области в пределах Урало-Сакмарского междуречья в пойме р. Губерли находятся островной сосновый бор – Карагай-Покровский, расположенный в районе одноименного посёлка на выходах скальных пород верхнерифейского возраста. Карагайский бор – скалисто-лесное урочище в ущельеобразной долине реки Губерля. Сосновый бор произрастает на выходах гранитов и окружающих их метаморфических пород – кристаллических сланцев.

По характеру растительности Карагайский бор является рефугиумом – убежищем реликтовой флоры. Карагайский бор в настоящее время является самым южным и единственным из сосновых боров на всем Урало-Сакмарском междуречье. Он сохранился со времен «холодной лесостепи», которая доминировала на равнинах и холмогорьях Южного Урала несколько сот тысяч лет назад.

В травяном покрове Карагай-Покровского бора представлено большое число лесных видов: *Lathyrus gmelinii*, *Paris quadrifolia*, *Melica nutans*, *Pulmonaria mollis*.

По окраинам сосняков, на выходах коренных пород, отмечено большое количество петрофитов: *Orostachys spinosa*, *Dianthus acicularis*, *Elitrigia pruiniferum*. Присутствующие здесь элементы реликтовой флоры связаны с «холодной лесостепью» [3]. И облещением, бывшем на данной территории, – это в первую очередь *Cystopteris fragilis*, *Polypodium vulgare*, *Asplenium septentrionale* [7; 8] (табл. 2).

Таблица 2

Диагностические виды Карагай-Покровского бора

Диагностические виды для Карагай-Покровского бора	Ассоциации	
	Травянистые сосняки понижений и склонов	Редколесья на выходах горных пород
<i>Aconitum nemorosum</i>	+	
<i>Adoxa moschellina</i>	+	
<i>Allium inderiense</i>	+	+
<i>Allium obliquum</i>	+	
<i>Alyssum lenense</i>		+
<i>Bupleurum aureum</i>	+	
<i>Centaurea sibirica</i>		+
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>		+
<i>Hylotellephium triphyllum</i>	+	
<i>Orostachys thyrsiflora</i>		+
<i>Thymus bashkiriensis</i>		+
<i>Thymus marschallianus</i>	+	
<i>Festuca rupicola</i>	+	
<i>Stipa zalesskii</i>	+	
<i>Tragopogon orientalis</i>	+	
<i>Gymnocarpium robertianum</i>		+
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+	

На данной территории наиболее распространены сосняки разнотравно-злаковые с доминированием *Pinus sylvestris* и многочисленных степных и лесостепных видов *Inula hirta*, *Silene nutans*, *Dianthus uralensis*, *Sedum hybridum*, *Potentilla humifusa*, *Artemisia austriaca*, *Trifolium medium*, *Thymus bashkiriensis*, *Tulipa biflora*, *Stipa dasyphylla*, *Cotoneaster mamajevii*. Ассоциации разнотравно-злаковых сосновых лесов *Pyneta*, *Thymuseto (bashkiriensis)* – *Festuceto (rupicola)* – *Pinetum (sylvestris)* (табл. 3).

Древостой одноярусный из *Pinus sylvestris* L. I-II бонитета, высотой 24-25 м в возрасте 80-100 лет, сомкнутость крон 0,6-0,7, на выходах горных пород – одиночные деревья. Как примесь встречается *Betula pendula*, *Populus tremula* по окраинам бора и выходам коренных горных пород. Подлесок не выражен.

Таблица 3

Флористический состав сообществ Карагай-Покровского, Адрианопольского, Аландского и Болотовского реликтовых боров

Общие виды для сообществ Карагай-Покровского, Аландского, Адрианопольского и Болотовского боров	Карагай- Покровский бор		Адрианопольский, Аландский, Болотовский боры	
	Ассоциации			
	Т	Р	Т	Р
<i>Achnatherum splendens</i>		+		+
<i>Alisum tortrosum</i>		+		+
<i>Amoria montana</i>	+		+	+
<i>Astragalus brachylobus</i>	+		+	
<i>Astragalus onobrochis</i>		+		+
<i>Calamagrasis arundinaceae</i>		+	+	+
<i>Campanula sibirica</i>		+		+
<i>Carduus acanthoides</i>	+	+	+	+
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	+			+
<i>Dianthus acicularis</i>		+		+
<i>Dianthus uralensis</i>	+	+	+	+
<i>Stipa lesessingiana</i>		+	+	+
<i>Thymus marschalianus</i>	+			+
<i>Tragopogon dasyrhynchus</i>	+	+		+
<i>Elytrigia pruinifera</i>		+	+	+
<i>Ephedra distachya</i>	+	+	+	+
<i>Ephorbia sequieriana</i>		+	+	+
<i>Festuca rubra</i>		+	+	+
<i>Fragaria viridis</i>	+	+	+	+
<i>Gagea pusilla</i>	+	+	+	
<i>Galatella villosa</i>	+	+	+	+
<i>Galium verum</i>	+		+	
<i>Hedysarum argyrophyllum</i>		+	+	+
<i>Inula hirta</i>		+	+	
<i>Iris scariosa</i>	+		+	+
<i>Jurinea multiflora</i>		+		+
<i>Onobrichis tanaitica</i>		+		+
<i>Onosma simplicissima</i>		+		+
<i>Onosma tinctoria</i>	+		+	
<i>Oxytropis pilosa</i>		+	+	
<i>Oxytropis spicata</i>		+		+
<i>Sedum hybridum</i>	+	+	+	+
<i>Seseli libanotis</i>	+		+	+
<i>Woodsia ilvensis</i>		+		+
<i>Asplenium ruta-muraria</i>		+		+
<i>Asplenium septentrionale</i>	+		+	
<i>Polypodium vulgare</i>		+		+

Примечание: Т – Травянные сосняки; Р – Редколесье на выходах горных пород

В верховье реки Суундук расположен островной район с сосново-лиственными борами и разреженными сосняками. Преобладают сосновые колки, приуроченные к местам выхода на земную поверхность горных пород кислого состава – гранитов и продуктов их разрушения. Образование таких колков связано с историей формирования Урала – это остатки произраставших ранее в Зауралье сосново-лиственных боров и березняков, дошедших до нас со времен ледниковой эпохи.

Адрианополюский, Аландский и Болотовский боры. Самая южная точка распространения *Pinus sylvestris* L. в Оренбургском Зауралье – сосновый коллок у посёлка Айдырля, а самые большие сосновые колки у посёлков Болотовск и Зеленодольск, рядом с ними расположены типичные степи и полупустыни. Для района исследования характерны выходы твердых кристаллических пород, что приводит к появлению азональных явлений в растительном покрове – распространению на возвышенностях сосновых боров, создающих ландшафт «ложной лесостепи» приуроченных к выходам гранита и неполно развитым щебнистым почвам. В травяном покрове таких колков и боров преобладают степные и лугово-степные виды с примесью типично лесных видов: *Lathyrus vernus*, *Angelica sylvestris* и др. Преобладают сухие остепненные типы леса. И мелкозлаковые сосновые редколесья. На склонах различной крутизны распространены кустарниковые степи со *Spirea creata*, *S. hypericifolia*, *Caragana frutex*, *Cerasus fruticosa*, *Cotonester melanocarpus*, *Rosa majalis*, петрофитные степи с *Orostachys spinosa*, *Centaurea sibirica*, *Alyssum tortuosum*, *A. lenense*, *Ephedra distachya* и др. Наиболее распространены ассоциации: *Sedumeto (hybridum) – Pinetum (sylvestris) u Stipeto (pennatum) – Pinetum (sylvestris)* (табл. 3).

В районах исследования были выявлены растения споровые, голосеменные и покрытосеменные, которые расположены в представленном списке согласно отделам в алфавитном порядке. Названия видов растений даются по сводке С.К. Черепанова (1995) с изменениями согласно более поздних таксономических обработок Флоры Восточной Европы, определителя сосудистых растений Оренбургской области (2009) [8; 11]:

1. Lichenophyta: *Cetraria islandica* (L.) Ach.; *Cladonia coccifera* (L.) Willd.; *Cladonia gracilis* (L.) Willd.; *Cladonia rangiferina* (L.) F. H. Wigg.;
2. Bryophyta: *Dicranum polysetum* Sw.; *Pleurozium aquilinum* Mitt.; *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.;
3. Lycopodiophyta: *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub; *Lycopodium clavatum* L.; *Lycopodium annotinum* L.;
4. Equisetophyta: *Equisetum scirpoides* Michaux; *Equisetum palustre* L.;
5. Polypodiophyta: *Asplenium ruta-muraria* L.; *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm.; *Athyrium filix-femina* (L.) Roth.; *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.; *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schottl.; *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm.; *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.; *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.; *Polypodium vulgare* L.; *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.; *Thelypteris palustris* Schott.; *Woodsia ilvensis* (L.) R. Br.;
6. Pinophyta (Gymnospermae): *Pinus sylvestris* L.; *Juniperus sabina* L.; *Ephedra distachya* L.;
7. Magnoliophyta (Angiospermae): *Acer platanoides* L.; *Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski.; *Aconitum nemorosum* Bieb. ex Reichenb.; *Aconitum lycoctonum* L.; *Adoxa moschatellina* L.; *Aegopodium podagraria* L.; *Allium inderiense* Fisch. ex Bunge.; *Allium obliquum* L.; *Alnus incana* (L.) Moench.; *Alyssum lenense* Adams; *Alyssum tortuosum* Woldst. et Kit. ex Willd.; *Amoria montana* (L.) Sojak.; *Antennaria dioica* (L.) Gaerth.; *Anemone sylvestris* L.; *Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub.; *Angelica sylvestris* L.; *Artemisia austriaca* Jacq.; *Asarum europaeum* L.; *Astragalus brachylobus* Fisch. ex DC.; *Astragalus karelinianus* M. Pop.; *Astragalus onobrychis* L.;

Betula pendula Roth.; *Betula pubescens* Ehrh.; *Bromus squarrosus* L.; *Bupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm.; *Bupleurum falcatum* L.; *Bupleurum miltinerve* DC.; *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth.; *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.; *Campanula sibirica* L.; *Caragana frutex* (L.) C. Koch.; *Carduus acanthoides* L.; *Carex pilosa* Scop.; *Centaurea sibirica* L.; *Cephalanthera rubra* (L.) Rich.; *Cerasus fruticosa* Pall.; *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch ex Woioszcz) Klsakova; *Chamaecytisus borysthenicus* (Gruner.) Klaskova; *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton.; *Convallaria majalis* L.; *Convolvulus arvensis* L.; *Corylus avellana* L.; *Cotoneaster mamajevii* Knjasev; *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt.; *Crataegus volgensis* Pojark.; *Cypripedium calceolus* L.; *Cypripedium macranthon* Sw.; *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.; *Dianthus rigidus* Bieb.; *Dianthus uralensis* Korsh.; *Dianthus krylovianus* Juz.; *Elytrigia pruinifera* Nevski.; *Equisetum scirpoides* Michaux.; *Euonymus verrucosa* Scop.; *Euphorbia seguieriana* Neck.; *Festuca rubra* L.; *Festuca rupicola* Heuff.; *Festuca valesiaca* Gaud.; *Fragaria vesca* L.; *Fragaria viridis* (Duch.) Weston.; *Frangula alnus* Mill.; *Fritillaria ruthenica* Wikstr.; *Gagea minima* (Z.) Ker-Gaul.; *Gagea pusilla* (F. W. Schmidt.) Schult. et Schult. fil.; *Galatella vilosa* (L.) Reichenb. fil.; *Galium odoratum* (L.) Scop.; *Galium verum* L.; *Genista tinctoria* L.; *Geranium schrenkianum* Trautv. ex Pavl.; *Geranium sylvaticum* L.; *Glycyrrhiza korshinskyi* Grig.; *Goodyera repens* (L.) R. Br.; *Hedysarum argyrophyllum* Ledeb.; *Hedysarum grandiflorum* Pall.; *Helichrysum arenarium* (L.) Moench.; *Hieracium umbellatum* L.; *Hylotelephium triphillum* (Haw.) Holub.; *Inula hirta* L.; *Inula salicina* L.; *Iris pumila* L.; *Iris scariosa* Willd. ex Zink.; *Jurinea arachnoidea* Bunge.; *Jurinea cyanoides* (L.) Reichend.; *Jurinea multiflora* (L.) B. Fedtsch.; *Koleria cristata* (L.) Pers.; *Lathyrum niger* (L.) Bernh.; *Lathyrum tuberosus* L.; *Lathyrus vernus* (L.) Bernh.; *Lilium martagon* L.; *Linaria debilis* Kiprian.; *Lonicera tatarica* L.; *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt.; *Melica nutans* L.; *Melilotus albus* Medik.; *Melilotus officinalis* (L.) Pall.; *Neottianthe cuculata* (L.) Schlechter.; *Onobrychis tanaitica* Sprengl.; *Onosma simplicissima* L.; *Onosma tinctoria* Bieb.; *Orostachys thyrsiflora* Fisch.; *Orostachys spinosa* (L.) C.A. Mey.; *Orthilia secunda* (L.) House.; *Oxytropis pilosa* (L.) DC.; *Oxytropis spicata* (Pall.) O. et B. Fedtsch.; *Padus avium* Mill.; *Polygonatum odoratum* (Mil.) Druce.; *Paris quadrifolia* L.; *Phlomoidea tuberosa* (L.) Moench.; *Pilosella officinarum* F. Schultr. et Sch. Bip.; *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht.; *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem.; *Pulsatilla patens* (L.) Mill.; *Pulsatilla uralensis* (Lrmels.) Tzvel.; *Pyrola chloratha* Sw.; *Pyrola minor* L.; *Pyrola rotundifolia* L.; *Pyrola media* Sw.; *Quercus robur* L.; *Rhamnus cathartica* L.; *Rosa majalis* Herm.; *Rubus caesius* L.; *Rubus saxatilis* L.; *Scorzonera ensifolia* Biev.; *Sanguisorba officinalis* L.; *Sedum arce* L.; *Sedum hybridum* L.; *Seseli annuum* L.; *Seseli glabratum* Will. ex Spreng.; *Seseli ledebourii* G. Don.; *Seseli libanotis* (L.) Koch.; *Silene nutans* L.; *Sorbus aucuparia* L.; *Spiraea crenata* L.; *Spiraea hipericifolia* L.; *Stellaria holostea* L.; *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr.; *Stipa pennata* L.; *Stipa zalesskii* Wilensky.; *Thymus bashkiriensis* Klok. et Shost.; *Thymus marshallianus* Willd.; *Thymus serpyllum* L.; *Tilia cordata* Mill.; *Tragopogon orientalis* L.; *Tragopogon tanaiticus* Artemcr; *Trifolium medium* L.; *Tulipa patens* Agardh. ex Schult. et Schult. fil.

В районах исследования в изучаемых сообществах выявлены редкие и исчезающие виды растений, которые нуждающихся в особом контроле за их состоянием и численностью в

природной среде: *Asplenium ruta-muraria* L.; *Gymnocarpium filix-mas* (L.) Newm.; *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.; *Lycopodium clavatum* L.; *Lycopodium annotinum* L.; *Equisetum scirpoides* Michx.; *Anemone sylvestris* L.; *Antennaria dioica* (L.) Gaerth.; *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton.; *Corylus avellana* L.; *Euonymus verrucosa* Scop.; *Lathyrus niger* (L.) Bernh.; *Orthilia secunda* (L.) House.; *Pyrola rotundifolia* L.; *Scorsonera ensifolia* Bieb.

Таблица 4

Диагностические виды Аландского, Болотовского и Адрианопольского боров

Диагностические виды для Аландского, Болотовского и Адрианопольского боров	Ассоциации	
	Травянистые сосняки	Редколесье на выходах горных пород
<i>Astragalus karelinianus</i>		+
<i>Bupleurum multinerve</i>	+	
<i>Cotoneaster mamajevii</i>		+
<i>Diantus rigidus</i>		+
<i>Trifolium medium</i>	+	
<i>Tulipa patens</i>		+
<i>Orostachis spinosa</i>		+
<i>Pulsatilla uralensis</i>	+	
<i>Seseli glabratum</i>		+
<i>Seseli ledebourii</i>	+	
<i>Festuca rupicola</i>	+	+
<i>Hieracium umbellatum</i>	+	
<i>Jurinea cyanooides</i>	+	+
<i>Linaria debilis</i>		+
<i>Sedum hybridum</i>		+
<i>Stipa pennatum</i>	+	
<i>Pinus sylvestris</i>	+	+

Согласно результатам проведенных исследований, на флористический состав изученных нами реликтовых боров оказывает влияние ландшафтно географическая приуроченность, согласно которой исследуемые боры делятся на 3 группы.

Первая группа образована реликтовыми соснами Бузулукского бора территории Восточно-Европейской равнины на участках лесостепной зоны Заволжско-Предуральской возвышенной провинции и степной зоны Общесыртовско-Предуральской возвышенной провинции (табл. 1).

Вторую группу составляют реликтовые сосны Карагай-Покровского бора территории Уральской горной страны лесостепной зоны Зилаирская-Сакмарская низкогорная провинция, Подобласть гор Южного Урала, луговые (богаторазнотравно-злаковые) степи, Зилаирская-Сакмарская низкогорной провинции и Зауральская высоко-равнинной провинции подзона северной степи, разнотравно – ковыльная степь.

Третью группу составляют реликтовые сосны Адрианопольского, Болотовского, Аландского боров Зауральской высоко-равнинной провинции подзоны северной степи, разнотравно-ковыльной и типчаково-ковыльной степей.

При сравнительном анализе флористического состава был рассчитан коэффициент Сьюдента-Чекановского для ассоциации травянистых сосняков, как наиболее встречающихся,

на территории всех исследуемых реликтовых боров. Уровень сходства равен 0,6, что указывает на не значительное количество отличий в ассоциациях травянистых сосняков исследуемых боров.

Сравнительный анализ типов ассоциаций определяет наличие в Карагай-Покровском Аландском и Адрианопольском борах отмечаются наличие уникальных ассоциации с доминированием суккулентов. Отличительной особенностью ассоциаций Бузулукского бора являются значительные площади, покрытые папоротниками, присутствие плаунов и орхидных. При этом стоит отметить уникальные виды исследуемых боров, для Бузулукского бора: *Lycopodium clavatum* (L.), *Drosera rotundifolia* (L.), *Orthilia secunda* (L.) House, *Pyrola media* Sw., *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter, *Alnus incana* (L.) Mocnch; *Anemone sylvestris* L.; *Euonymus verrucosa* Scop.; *Festuca valessiaca* Gaud; *Geranium silvaticum* L.; *Hedysarum grandiflorum* Pall.; *Stipa pennata* L.; *Viola tricolor* L. и др. видами.

Типичными видами для Адрианопольского, Аландского боров являются: *Galium verum* L., *Astragalus brachylobus* Fisch. ex DC. Для Карагай-Покровского и Болотовского боров можно отметить следующие общие виды: *Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski., *Alisum tortrosum* Waldst. et Kit. ex Willd., *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb., *Onosma simplicissima* L., *Oxytropis spicata* (Pall.) O. et B. Fedtsch., *Woodsia ilvensis* (L.) R. Br., *Asplenium ruta-muraria* L., к видам отмеченным только в Болотовском бору можно отнести: *Chamaecytisus ruthenicus* (Fesch. ex Wiszcz.) Klaskova, *Tragopogon dasyrhynchus* Artemcz.

В исследуемых борах выявлены редкие и исчезающие виды растений включенные в Красные книги РФ (2008) и Оренбургской области (2019), в частности: *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.; *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newn.; *Allium inderriense* Fisch. ex Bunge; *Stipa zalesskii* Wilensky; *Viola mirabilis* L. и другие (табл. 5).

Таблица 5

Редкие и исчезающие виды растений, отмеченные в изученных сообществах и включенные в Красные книги РФ (2008) и Оренбургской области (2019)

№ п/п	Виды	Виды занесенные в Красную книгу РФ (2008)	Виды занесенные в Красную книгу Оренбургской области (2019 г.) категории редкости	Боры										
				Бузулукский		Карагай-Покровский		Адрианопольский, Аландский, Болотвский						
				Сообщества										
				Травяно-мшистые сосняки	Лишайниковые сосняки	Дубово-липовые сосняки	Травяные сосняки понижений и всхолмлений	Травяные сосняки понижений	Редколесья на выходах горных пород	Адрианопольские островные леса	Болотовские островные леса	Редколесья на выходах горных пород		
1	<i>Asplenium septentrionale</i>							+		+				
2	<i>Athyrium filix-femina</i>						+	+						
3	<i>Cystopteris fragilis</i>								+		+			
4	<i>Dryopteris cartusiana</i>					+		+						
5	<i>Dryopteris filix-mas</i>					+		+						
6	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>					+								

№ п/п	Виды	Виды занесенные в Красную книгу РФ (2008)	Виды занесенные в Красную книгу Оренбургской области (2019 г.) категории редкости	Боры											
				Травяно-мшистые сосняки	Лишайниковые сосняки	Дубово-липовые сосняки	Травяные сосняки понижений и всхолмлений	Травяные сосняки понижений	Редколесья на выходах горных пород	Адрианополюсья островные леса	Болотовские островные леса	Редколесья на выходах горных пород			
													Бузулукский	Карагай- Покровский	Адрианопольский, Аландский, Болотвский
													Сообщества		
7	<i>Gymnocarpium robertianum</i>					+		+							
8	<i>Matteuccia struthiopteris</i>							+							
9	<i>Polypodium vulgare</i>								+	+					
10	<i>Pteridium aquilinum</i>					+		+							
11	<i>Thelypteris palustris</i>						+	+							
12	<i>Woodsia ilvensis</i>								+						
13	<i>Diphasiastrum complanatum</i>						+								
14	<i>Adoxa moschatellina</i>		3					+							
15	<i>Allium inderriense</i>		3					+							
16	<i>Allium obliquum</i>		3					+							
17	<i>Asarum europaeum</i>		3	+		+	+								
18	<i>Astragalus karelinianus</i>		3						+		+				
19	<i>Bupleurum aureum</i>		2					+			+	+			
20	<i>Cephalanthera rubra</i>	РФ	1			+									
21	<i>Cypripedium calceolus</i>	РФ	1			+	+								
22	<i>Cypripedium macranthon</i>	РФ	3				+								
23	<i>Dianthus acicularis</i>		3						+		+				
24	<i>Dianthus uralensis</i>		3					+	+	+	+	+			
25	<i>Fritillaria ruthenica</i>	РФ	1												
26	<i>Glycyrrhiza korshinskyi</i>		3									+			
27	<i>Goodyera repens</i>		2												
28	<i>Hedysarum grandiflorum</i>	РФ	2												
29	<i>Helichrysum arenarium</i>		3		+				+	+	+				
30	<i>Iris pumila</i>	РФ	3		+	+									
31	<i>Iris scariosa</i>	РФ	2							+		+			
32	<i>Neottianhe cuculata</i>	РФ	1		+										
33	<i>Mainthemum bifolium</i>	РФ	2												
34	<i>Onosma tinctoria</i>		2								+	+			
35	<i>Orostachys thyrsoiflora</i>		3					+	+						
36	<i>Pulsatilla patens</i>		2	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
37	<i>Sedum hybridum</i>		3					+	+	+	+	+			
38	<i>Stipa zaleskii</i>				+		+	+	+	+	+	+			
39	<i>Viola mirabilis</i>		3			+									

Примечание: 1 – вид на грани уничтожения; 2 – сокращающийся в численности; 3 – редкий вид

Наибольшее флористическое разнообразие в популяциях сосны обыкновенной в Кувандыкском р-не на участке Саринского сырцово-плакорного района, где скалисто-лесное урочище в ущельеобразной долине реки Губерли образуют Карагай-Покровский бор. Одним из факторов, способствующих обособленности данной популяции сосен, является значительная географическая удаленность от других массивов (более 250 км), антропогенная изоляция территории, уникальные ландшафтно-геоморфологические условия произрастания. Карагай-Покровский бор является реликтом ледникового периода, когда массивы сосново-березовых и сосново-лиственных лесов были широко распространены среди степей.

Стоит отметить, что в настоящее время Карагай-Покровский и Болотовский боры практически уничтожены в результате воздействия пирогенного фактора, но отмечается некоторая положительная тенденция самовосстановления.

Вывод. Условия резко континентального климата, сложная структурная организация природных ландшафтов Оренбургской области, лимитирующие пирогенные и антропогенные факторы привели к формированию реликтовых сосновых боров характеризующихся высоким флористическим разнообразием, которое сформировалось в конкретных, зонально-климатических, эдафических и ценотических условиях. Естественно-экстремальные экотопы, в частности островные боры, на территории районов исследования характеризуются факторами, обеспечивающим процессы интенсивного формообразования, в частности хорологической цикличностью, при которой периоды стабильности чередуются периодами различного генезиса: засухой, вымоканием, вымораживанием, выгоранием, высокой мозаичностью пространственного распределения реликтовых видов, ограниченных друг от друга антропогенно трансформированными территориями и естественно-географическими объектами. Снижение темпа роста реликтового древостоя в экстремальных экотопах определяют низкую скорость конкурентного исключения видов, следовательно, высокую вероятность развития не только доминирующих быстрорастущих форм, но и редких второстепенных вариаций, не сохраняющихся, в большей степени, в оптимальных для вида условиях произрастания. Совокупность и разнообразие вышеуказанных факторов определяет формирование набора адаптивных вариаций, фитоценоза в целом.

Это определяет значимость сохранения реликтового древостоя *Pinus sylvestris* и его генофонда на южной окраине ареала распространения и обосновывает необходимость разработки действенных мер направленных на охрану, сохранение реликтовых боров и их естественное восстановление.

Исследования проводились на базе Федерального исследовательского центра биологических систем и агротехнологий РАН в соответствии с государственной программой сельскохозяйственных исследований «Фундаментальные исследования России» (№0526-2022-0014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 232с.
2. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. С. 5–11.
3. Мильков Ф.Н. О двухъярусной структуре равнинных ландшафтов // Научные доклады высшей школы. Геолого-географические науки. 1958. №1. С. 144–149.

4. Милютин Л.И. Кузьмин С.Р., Кузьмина Н.А., Новикова Т.Н. О внутривидовой систематике *Pinus sylvestris* (Pinaceae) // Ботанический журнал. 2010. Т. 95. №12. С. 1755-1762.
5. Милютин Л.И. Особенности краевых популяций древесных растений // Экология популяций: Сборник науч. ст. М.: Наука, 1991. С. 86–97.
6. Розенберг Г.С. Количественные методы фитоиндикации // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. Ч. III. Н. Новгород, 1998. С. 5–27.
7. Рябина З.Н. Конспект флоры Оренбургской области. Екатеринбург: Ин-т степи УрО РАН, 1998. 163 с.
8. Рябина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 758 с.
9. Санников С.Н., Петрова И.В. Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 247 с.
10. Сукачев В.Н. Растительные сообщества: (Введение в фитосоциологию). Л.; М.: Книга, 1928. 232 с.
11. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95, 1995. 990 с.
12. Чибилев А.А. Физико-географическое районирование Южного Урала как основа для формирования экологического каркаса региона // Степи Северной Евразии: материалы VII междунар. симпозиума. Оренбург, 2015. С. 916–919.
13. Чибилев А.А., Чибилев А.А. Природное районирование Урала с учетом широтной зональности, высотной поясности и вертикальной дифференциации ландшафтов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. Вып. 1. С. 1660–1665.

REFERENCES

1. Vasilevich, V.I. (1969). Statisticheskie metody v geobotanike. Leningrad. (in Russ.).
2. Greig-Smit, P. (1967). Kolichestvennaya ekologiya rastenii. Moscow. 5–11. (in Russ.).
3. Mil'kov, F.N. (1958). O dvukh"yarusnoi strukture ravninnykh landshaftov. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Geologo-geograficheskie nauki*, (1), 144–149. (in Russ.).
4. Milyutin, L.I. Kuz'min, S.R., Kuz'mina, N.A., & Novikova, T.N. (2010). O vnutrividovoi sistematike *Pinus sylvestris* (Pinaceae). *Botanicheskii zhurnal*, 95(12), 1755-1762. (in Russ.).
5. Milyutin, L.I. (1991). Osobennosti kraevykh populyatsii drevesnykh rastenii. In *Ekologiya populyatsii: Sbornik nauch. st.*, Moscow, 86–97. (in Russ.).
6. Rozenberg, G.S. (1998). Kolichestvennye metody fitoindikatsii. In *Ekologicheskii monitoring. Metody biologicheskogo i fiziko-khimicheskogo monitoring*, N. Novgorod, 5–27. (in Russ.).
7. Ryabinina, Z.N. (1998). Konspekt flory Orenburgskoi oblasti. Ekaterinburg. (in Russ.).
8. Ryabinina, Z.N., & Knyazev, M.S. (2009). Opredelitel' sosudistyykh rastenii Orenburgskoi oblasti. Moscow. (in Russ.).
9. Sannikov, S.N., & Petrova, I.V. (2003). Differentsiatsiya populyatsii sosny obyknovЕННОй. Ekaterinburg. (in Russ.).
10. Sukachev, V.N. (1928). Rastitel'nye soobshchestva: (Vvedenie v fitosotsiologiyu). Moscow. (in Russ.).
11. Cherepanov, S.K. (1995). Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). St. Petersburg. (in Russ.).
12. Chibilev, A.A. (2015). Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Yuzhnogo Urala kak osnova dlya formirovaniya ekologicheskogo karkasa regiona. In *Stepi Severnoi Evrazii: materialy VII mezhdunar. Simpoziuma*, Orenburg, 916–919. (in Russ.).
13. Chibilev, A.A., & Chibilev, A.A. (2012). Prirodnoe raionirovanie Urala s uchetom shirotnoi zonal'nosti, vysotnoi poynosti i vertikal'noi differentsiatsii landshaftov. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 14(1), 1660–1665. (in Russ.).

Дата поступления: 08.08.2022

Дата принятия: 03.09.2022

© Рябина З.Н., Рябухина М.В., 2022

Хныкин А.С., Иванцова Е.А., Лебедева Т.Н.

ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ПАУКОВ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Khnyckin A.S., Ivantsova E.A., Lebedeva T.N.

CHANGES IN SPIDER COMMUNITIES UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL POLLUTION

Аннотация. В статье рассмотрены аспекты трансформации сообщества пауков под влиянием антропогенного пресса в сухостепных условиях Волгоградской области. Представлены данные об изменении численности и видового состава отряда *Aranei* по мере удаления от типичных для города источников загрязнения: несанкционированной свалки (в государственной лесной полосе Камышин-Сталинград), автомагистрали (2-я Продольная, в районе проспекта Университетский) и энергетического предприятия (Волгоградская ТЭЦ-3). Пробы отбирались возле объекта загрязнения, за пределами законодательно определённой зоны, на которой влияние источника загрязнения снижается до приемлемых для ведения хозяйства величин (например, в случае с автомобильными дорогами это границы полосы отчуждения) и посередине между объектом и границей зоны отчуждения. В случае с несанкционированными свалками законодательной регламентации нет, а потому за размеры зоны отчуждения принято расстояние в 30 м. При сборе пауков использовались открытые почвенные энтомологические ловушки Барбера диаметром 10 см, с фиксирующим раствором. Для оценки качественных изменений видового состава пауков (без учёта численности особей каждого вида) использован индекс Чекановского-Сьёренсена, а для качественных (с учётом численности особей) индекс количественного сходства Брея-Кёртиса. В результате проведенных исследований установлено качественное соотношение видового разнообразия представителей отряда *Aranei* на территории вблизи источников антропогенного загрязнения, получены сравнительные данные о степени сходства видового состава пауков на ключевых полигонах. Результаты исследований показали, что влияние всех источников загрязнения на сообщества пауков велико, но оно заметно ослабевает по мере удаления от них, а за границами зоны отчуждения снижается до приемлемых величин.

Abstract. The article considers aspects of the transformation of the spider community under the influence of anthropogenic pressure in the dry-steppe conditions of the Volgograd region. Data on changes in the number and species composition of the *Aranei* order as they move away from the most typical sources of pollution for the city: an unauthorized landfill (in the Kamyshin-Stalingrad state forest belt), a highway (2nd Longitudinal, near Universitetskijprospekt) and an energy enterprise (Volgograd Thermal Power Plant-3) are presented. Samples were taken near the object of pollution, outside the legally defined zone where the influence of the source of pollution is reduced to acceptable values for farming (for example, in the case of highways, these are the boundaries of the exclusion zone) and in the middle between the object and the boundary of the exclusion zone. In the case of unauthorized landfills, there is no legislative regulation, and therefore a distance of 30 m is taken as the size of the exclusion zone. When collecting spiders, open soil entomological Barber traps with a diameter of 10 cm, with a fixing solution, were used. To assess the qualitative changes in the species composition of spiders (without taking into account the number of individuals of each species), the Chekanovsky-Sørensen index was used, and for qualitative (taking into account the number of individuals), the Bray-Curtis index of quantitative similarity was used. As a result of the carries out research, the qualitative ratio of the species diversity of the *Aranei* order representatives in the territory near the sources of anthropogenic pollution was established, comparative data on the degree of similarity of the species composition of spiders at key polygons were obtained. The results of the research have shown that the influence of all pollution sources on spider communities is great, but it noticeably weakens with distance from them, and beyond the boundaries of the exclusion zone decreases to acceptable values.

Ключевые слова: пауки, Волгоградская область, антропогенное загрязнение, биоразнообразие, сухая степь.

Сведения об авторах: Хныкин Александр Сергеевич, ORCID: 0000-0001-8577-1960, SPIN-код: 9019-1493, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия, ther-aan@mail.ru; Иванцова Елена Анатольевна, ORCID: 0000-0003-4265-9703, SPIN-код: 5091-8252, д-р с.-х. наук, Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия, ivantsova.volgu@mail.ru; Лебедева Татьяна Николаевна, SPIN-код: 2577-1207, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия, lebedeva-t@vfanc.ru

Keywords: spiders, Volgograd region, anthropogenic pollution, biodiversity, dry steppe.

About the authors: Khnyckin Alexander Sergeevich, ORCID: 0000-0001-8577-1960, SPIN-code: 9019-1493, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, theraan@mail.ru; Ivantsova Elena Anatolievna, ORCID: 0000-0003-4265-9703, SPIN-code: 5091-8252, Institute of Natural Sciences Volgograd State University, Volgograd, Russia, ivantsova.volgu@mail.ru; Lebedeva Tatyana Nikolaevna, SPIN-code: 2577-1207, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, lebedeva-t@vfanc.ru

Хныкин А.С., Иванцова Е.А., Лебедева Т.Н. Изменения сообществ пауков при антропогенном загрязнении окружающей среды // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 68-77. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/07>

Khnyckin, A.S., Ivantsova, E.A., & Lebedeva, T.N. (2022). Changes in Spider Communities Under the Influence of Anthropogenic Environmental Pollution. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 68-77. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/07>

Введение. В условиях высоких темпов развития человечества влияние источников антропогенного воздействия на живые организмы играет все большую роль в сокращении биоразнообразия. Подобные изменения в структуре биоценоза могут привести к масштабным последствиям. Подобные последствия будут нести неопределенный характер и отрицательно влиять на устойчивость экосистемы в целом. На сегодняшний день не теряет остроты проблема изученности видового разнообразия пауков, как и проблема влияния антропогенного загрязнения окружающей природной среды на их сообщества. Несмотря на удовлетворительный уровень изучения видового состава Юга Европейской Части России [1; 6-8; 12; 13; 15], вопрос о влиянии антропогенного воздействия на сообщества пауков, в том числе и для Волгоградской области имеет очень важное значение.

Цель исследований заключалась в изучении закономерностей между различными источниками загрязнения и изменениями в видовом составе пауков. В задачи исследований входил выбор объектов с различным характером негативного влияния на окружающую среду, находящихся в равных микроклиматических условиях, а также исследование изменений в сообществах пауков по мере удаления от объекта загрязнения. В данной работе охарактеризовано влияние антропогенного загрязнения на сообщества пауков в аридных условиях Волгоградской области. Для этого было исследовано биологическое разнообразие пауков возле типичных для города объектов негативного воздействия на окружающую среду: несанкционированная свалка, автомагистраль и энергетическое предприятие.

Материалы и методы. При сборе пауков использовались открытые почвенные энтомологические ловушки Барбера диаметром 10 см, с фиксирующим раствором (6% раствор

уксусной кислоты). Ловушки закладывались линейной трансектой по 10 штук на расстоянии 5 м друг от друга. Серии ловушек устанавливались непосредственно возле источника загрязнения, а также на расстоянии $0,5N$ и $>N$ от него. За величину N принималось расстояние, на котором влияние источника загрязнения снижается до приемлемых для ведения хозяйства величин (например, в случае с автомобильными дорогами это границы полосы отчуждения). Ловушки проверялись с интервалом в 7 дней. Собранный материал фиксировался в 70% спиртовом растворе.

В 2020 году исследования проводились с 12.07 по 23.08 и заняли в общей сложности 182 ловушко-суток. За указанный период отловлено 186 особей из 28 видов, 19 родов и 12 семейств. Динамическая плотность пауков составила 102 особи/100 ловушко-суток. Видовая идентификация проводилась сотрудником ИАЗ ЮНЦ РАН А.В. Пономарёвым, а также авторами при помощи отечественных и зарубежных определителей и интернет-источников [2; 6; 10; 16] (<https://araneae.nmbe.ch/key>, <https://wsc.nmbe.ch>, <https://clck.ru/32nv7M>).

Собранный материал хранится в ст. Раздорская Ростовской области.

Поскольку сухая степь является наиболее характерным зональным ландшафтом в регионе исследования на широте г. Волгограда, для исследований аранеофауны были выбраны три ключевых участка, находящихся в сухостепном биотопе, с расположенными на них разными источниками загрязнения окружающей среды:

- несанкционированная свалка ТБО ($N48^{\circ}38'41,80''$ $E44^{\circ}23'06,76''$),
- 2-я Продольная автомагистраль ($N48^{\circ}38'19,73''$ $E44^{\circ}25'47,55''$),
- энергетическое предприятие «Волгоградская ТЭЦ-3» ($48^{\circ}27'18,88''$ $E44^{\circ}40'16,82''$).

Несанкционированная свалка твердых бытовых отходов, расположенная на участке Государственной лесной полосы Камышин-Сталинград возле урочища Лысая Гора, представляет собой техногенный массив размещения отходов навалом, насыпью. В массиве свалочных масс, как известно, протекают процессы биохимического и химического разложения отходов, формирующие эмиссии загрязняющих веществ (в виде биогаза и фильтрата), оказывающих негативное воздействие на состояние окружающей среды [4]. Источником загрязнения атмосферного воздуха от свалки является биогаз, выделяющийся из тела полигона и образующийся в толще твёрдых бытовых отходов, размещенных на свалке. Под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс распада органической составляющей отходов. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основную объёмную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Возникает угроза пожароопасности, а также происходит загрязнение окружающей среды [5]. Размеры полосы отчуждения вдоль несанкционированных свалок законодательно не указаны, поэтому за величину было принято N расстояние, равное 30 м от границы свалки.

Основным источником загрязнения окружающей среды при эксплуатации автомобильных дорог является транспорт. В результате работы двигателя внутреннего сгорания в окружающую природную среду выбрасываются такие загрязнители, как N_2 , O_2 , H_2O , CO_2 , CO , окислы азота, углеводороды, альдегиды, сажа, бенз(а)пирен-3,4. Воздушным и водным путем на прилегающую территорию переносятся вредные и токсичные

вещества. Помимо этого, прилегающие территории также подвергается акустическому и вибрационному загрязнению. Согласно Федеральному закону от 08.11.2007 N 257-ФЗ (<https://clck.ru/32nuzb>), полоса отчуждения для автомобильных дорог 1-й и 2-й категорий составляет 75 м.

В значительной степени отрицательное воздействие от ТЭЦ-3 связано с огромным потреблением кислорода и выделением углекислого газа (табл. 1), что приводит к повышению температуры из-за большого количества парниковых газов, и в результате – к возникновению кислотных дождей. Работа ТЭЦ сопровождается выбросом твердых частиц, оседающих непосредственно вблизи источника выбросов. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, размеры СЗЗ возле ТЭЦ-3 должны составлять не менее 500 м (<https://clck.ru/32nuvF>).

Таблица 1

Количество и состав выбросов в атмосферный воздух ТЭЦ-3
(по данным Реестра ОНВОС, <https://clck.ru/32nuhv3>)

Наименование вещества	Масса, т/год
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	4560,95
Азот (II) оксид (Азота оксид)	741,15
Углерод (Сажа)	124,66
Сера диоксид	5174,4
Углерод оксид	1224,43
Алканы C12-C19 (Углеводороды предельные C12-C19, растворитель РПК-265П и др.)	31,19
Мазутная зола теплоэлектростанций /в пересчете на ванадий/	13,36

Для подсчёта степени сходства биотопов использовался индекс Чекановского-Сьёренсена:

$$I_{cs} = \frac{2a}{(a+b) + (a+c)}$$

где а – число общих видов для обоих биотопов; b – число видов, имеющих только в первом биотопе; с – число видов, имеющих только во втором биотопе

Для сравнения проб с учётом данных о численности особей – индекс количественного сходства Брея-Кёртиса:

$$B = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$$

где C_{ij} – это сумма меньших значений только для тех видов, которые являются общими для обеих выборок, S_i и S_j – общее количество экземпляров, подсчитанных на обеих выборках.

При расчётах обоих индексов не учитывались неполовозрелые особи за исключением тех, чью видовую принадлежность можно идентифицировать не только по взрослым экземплярам.

Результаты исследований. Расположение почвенных ловушек на полигоне «Свалка» представлена на рисунке 1. Древесная растительность участка Государственной лесной полосы Камышин-Сталинград представлена вязом (*Ulmus sp.*), дикой грушей (*Pyrus communis L.*), робинией (*Robinia pseudoacacia L.*).

В 350 м к северу от ключевого участка расположены посадки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh). В травянистом покрове присутствуют цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), шалфей (*Salvia* sp.), типчак (*Festuca* sp.), ковыли (*Stipa* spp.).



Рис. 1. Расположение почвенных ловушек на полигоне «Свалка»

Всего здесь обнаружено 55 особей из 15 видов, 15 родов и 10 семейств. Как можно видеть из таблицы 2, на данном ключевом полигоне наблюдается резкая смена сообществ пауков по мере отдаления от источника негативного антропогенного воздействия.

Таблица 2

**Количественное соотношение видового разнообразия
на территории несанкционированной свалки**

Семейство	Вид	Возле объекта	0,5H
Agelenidae	<i>Tegenaria lapicidinarum</i>		1m, 2 juv.
Gnaphosidae	<i>Berlandina cinerea</i>	1 juv.	
	<i>Gnaphosa</i> sp.	2 juv.	2 juv.
	<i>Nomisio aussereri</i>	2m	3m
	<i>Zelotes longipes</i>	1m	1m
Lycosidae	<i>Lycosa praegrans</i>		3m
Oxyopidae	<i>Oxyopes globifer</i>		1m, 1f
Philodromidae	<i>Thanatus</i> sp.	1 juv.	
Pholcidae	<i>Pholcus ponticus</i>		1f
Salticidae	<i>Aelurillus</i> sp.		1 juv.
	<i>Attulus</i> sp.		6 juv.
	<i>Pellenes</i> sp.		2 juv.
Thomisidae	<i>Xysticus</i> sp.		1 juv.
Titanoecidae	<i>Nurscia albosignata</i>		1f
Zodariidae	<i>Zodarium thoni</i>		2f

Примечание: здесь и далее в таблицах: m – самец; f – самка; juv. – ювенильные

Сравнение трансект, расположенных возле объекта и на расстоянии 0,5Н на ключевом полигоне «Свалка» показало, что индекс Чекановского-Сьеренсена составил 0,33, а Брея-Кертиса – 0,73. Указанные значения индексов свидетельствуют о наибольшей степени сходства видового состава как с учётом численности особей, так и без такового. Однако, как можно видеть из таблицы 2, численность пауков возле свалки значительно ниже. Следовательно, влияние свалок на видовой состав пауков наименьшее среди обследованных объектов, но пауки держатся от них на значительном расстоянии.

На ключевом полигоне «2-я Продольная» преобладает степная травянистая растительность. Непосредственно возле автомагистрали доминировали полыни (*Artemisia spp.*), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.). По мере удаления от дороги растительность сменялась пыреем ползучим (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), житняком гребенчатым (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.), овсяницами (*Festuca spp.*) и пр. Древесная растительность присутствовала в виде отдельных деревьев вяза (*Ulmus sp.*), лоха (*Elaeagnus sp.*). Расположение почвенных ловушек на полигоне «2-я Продольная автомагистраль» представлена на рисунке 2.

На данном ключевом полигоне отловлено 82 особи из 19 видов, 16 родов и 9 семейств. Как можно видеть из таблицы 2, возле проезжей части динамическая плотность популяции низкая и по мере удаления от неё значительно увеличивается. Это предположительно связано с вибрационным воздействием автотранспорта, т.к. пауки весьма чувствительны к колебаниям почвы и атмосферного воздуха. Однако влияние загрязнителей в атмосферном воздухе также сильно влияют на пауков, о чём свидетельствуют данные, демонстрирующие существенную разницу в сообществах пауков между трансектами 0,5 Н и >Н.



Рис. 2. Расположение почвенных ловушек на полигоне «2-я Продольная»

Таблица 3

**Количественное соотношение видового разнообразия
на территории, прилегающей к 2 Продольной автомагистрали**

Семейство	Вид	Возле объекта	0,5Н	>Н
Agelenidae	<i>Agelena sp.</i>			1 juv.
Gnaphosidae	<i>Berlandina cinerea</i>			1f, 1 juv.
	<i>Civizelotes caucasi</i>			2f
	<i>Drassodes caspius</i>	1f		1f
	<i>Gnaphosa lucifuga</i>			1f
	<i>Gnaphosa steppica</i>			2f
	<i>Gnaphosa taurica</i>		1f	
	<i>Gnaphosa sp.</i>		1 juv.	3juv.
	<i>Micaria rossica</i>	1m, 1f		
	<i>Nomisio aussereri</i>	1 juv.		3m
Lycosodae	<i>Lycosa praegrans</i>		2m	
	<i>Lycosidae gen. sp.</i>			2 juv.
Mimetidae	<i>Ero koreana</i>			1m
Oxyopidae	<i>Oxyopes lineatus</i>			1 f
Philodromidae	<i>Thanatus vulgaris</i>			1 m
	<i>Thanatus sp.</i>			3 juv.
Salticidae	<i>Aelurillus m-nigrum</i>		2m	
	<i>Aelurillus v-insignitus</i>		3f	3f
	<i>Aelurillus sp.</i>	4 juv.	2juv.	14 juv.
	<i>Attulus sp.</i>		5juv.	
	<i>Phlegrabicognatha</i>			1 m
	<i>Salticidae gen. sp.</i>		7juv.	5 juv.
Theridiidae	<i>Steatoda albomaculata</i>		2m	
Zodariidae	<i>Zodarion sp.</i>		2 juv.	

При сравнительном анализе степени сходства пауков на этом ключевом полигоне установлено, как видно из таблицы 4, что наибольшим видовым сходством здесь обладают точки непосредственно возле проезжей части и за пределами её влияния, тогда как общее сходство, с учётом отловленных особей, между ними существенно ниже. При этом сообщество пауков полностью сменяется через 50 м от проезжей части (расстояние 0,5Н), что в совокупности с низкой численностью пауков возле 2-й Продольной позволяет сделать вывод о наиболее сильном влиянии вибрационного загрязнения окружающей среды от проезжающего автотранспорта на сообщество пауков, поскольку воздушное загрязнение распространяется на гораздо большее расстояние.

Таблица 4

**Сравнение степени сходства видового состава пауков
на ключевом полигоне «2-я Продольная» по индексам биоразнообразия**

	Возле объекта-0,5Н	0,5Н->Н	Возле объекта->Н
Ics	0	0,1	0,27
B	1	0,83	0,82

Расположение почвенных ловушек на полигоне «ТЭЦ-3» представлено на рисунке 3. Древесная растительность полигона ТЭЦ-3 представлена тополем чёрным (*Populus nigra* L.) и вязом (*Ulmus sp.*), травянистая – полынями (*Artemisia spp.*), прутняком (*Bassia prostrata* (L.) Beck), житняком (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.), пыреем (*Elytrigia repens* (L.) Nevski).



Рис. 3. Расположение почвенных ловушек на полигоне «ТЭЦ-3»

Данные о количественном соотношении видового разнообразия на территории вблизи ТЭЦ-3 представлены в таблице 5. Таксономическое разнообразие пауков здесь составило 49 особей из 12 видов, 10 родов и 4 семейств. Среди рассмотренных полигонов видовое разнообразие аранеофауны здесь является наименьшим, что предположительно связано с микроклиматическими условиями (ТЭЦ-3 находится на 25 км южнее остальных объектов). Установлено, что динамическая плотность популяции пауков по мере удаления от объекта меняется слабо; в данном случае этот показатель можно считать неизменным.

Таблица 5

Количественное соотношение видового разнообразия на территории вблизи ТЭЦ-3

Семейство	Вид	0Н	0,5Н	>Н
Gnaphosidae	<i>Civizelotes caucasius</i>	1f		1f
	<i>Drassodes sp.</i>		1 juv.	1 juv.
	<i>Gnaphosa leporina</i>	3f		
	<i>Gnaphosa steppica</i>			1f
	<i>Nomisio aussereri</i>			3m
	<i>Zelotes sp.</i>		1 juv.	
Lycosodae	<i>Alopecosa sp.</i>	2 juv.	3juv.	
	<i>Lycosa praegrans</i>			1m
Oxyopidae	<i>Oxyopes globifer</i>			1m, 1f
Salticidae	<i>Aelurillus m-nigrum</i>			1m
	<i>Aelurillus v-insignitus</i>	1f		
	<i>Aelurillus sp.</i>	8 juv.	4juv.	8 juv.
	<i>Phlegra bicognatha</i>			2m
	<i>Salticidae gen. sp.</i>		5juv.	

Данные о степени сходства видового состава пауков на ключевом полигоне «ТЭЦ-3» по индексам биоразнообразия представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Сравнение степени сходства видового состава пауков
на ключевом полигоне «ТЭЦ-3» по индексам биоразнообразия**

	Возле объекта-0,5Н	0,5Н->Н	Возле объекта->Н
Ics	0,25	0,28	0,17
B	0,86	0,94	0,94

Установлено, что видовое разнообразие местности возле ТЭЦ-3 претерпело наименьшие изменения под воздействием источника загрязнения по сравнению с остальными ключевыми полигонами. Однако, с учётом количества отловленных особей каждого вида эти изменения значительны. На участке от объекта до 0,5Н биологическое разнообразие пауков отличается на 0,86. При сравнении с другими точками индекс Брея-Кёртиса почти равен 1, что означает почти полное различие в сообществах пауков между ними. Предположительно это указывает на неоднородность микроклиматических условий на ключевом полигоне исследования.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что возле ТЭЦ и автомагистралей в результате антропогенного воздействия на атмосферный воздух наблюдается значительное влияние на изменение видового состава и численность пауков. Мелкие несанкционированные свалки сильно влияют на разнообразие пауков, но их влияние редко распространяется дальше 20 м от свалки. Возле автомобильных дорог показатель динамической плотности популяции достаточно низкий и по мере удаления от автомагистрали значительно увеличивается, что предположительно связано с вибрационным воздействием автотранспорта. Однако, негативное влияние выбросов автотранспорта в атмосферный воздух на сообщества пауков снижается до приемлемых величин только за пределами полосы отчуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов Г.М., Алиева С.В. Итоги изучения фауны пауков (Aranei) Республики Дагестан // Юг России: экология и развитие. 2011. №1. С. 44-66.
2. Ажеганова Н.С. Краткий определитель пауков (Aranei) лесной и лесостепной зоны СССР. Л.: Наука, 1968. 147 с.
3. Иванцова Е.А. Проблемы и перспективы управления твердыми бытовыми отходами // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2016. № 2(35). С. 148-159.
4. Коротаев В.Н. Научно-методические основы и технические решения по снижению экологической нагрузки при управлении движением твердых бытовых отходов: дис. ... д-ра. техн. наук. Пермь, 2000. 319 с.
5. Питеркина Т.В., Михайлов К.Г. Аннотированный список пауков (Aranei) Джаныбекского стационара // Животные глинистой полупустыни Заволжья (конспекты фаун и экологические характеристики). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 62-88.
6. Пономарев А.В., Ивлиев П.П. О фауне пауков (Aranei) дельты Дона // Вестник ЮНЦ РАН, 2008. Т. 4. № 1. С. 61-67.
7. Пономарев А.В., Хныкин А.С. Пауки (Aranei) Волгограда и его окрестностей // Юг России: экология, развитие. 2013. №4. С. 109-136.
8. Тыщенко В.П. Определитель пауков европейской части СССР. Л.: Наука, 1971. 281 с.
9. Хныкин А.С. Сезонные изменения видового состава лесной аранеофауны Волгоградской области // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2016. С. 343-348.

10. Хныкин А.С. Сезонная динамика численности и видового состава пауков околоводных биотопов Волгоградской агломерации // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II Междунар. науч.-практ. Солёное Займище, 2017. С. 140-142.
11. Khnykin A.S., Ivantsova E.A. Biological Diversity of the Spiders Herpetobiont Population of Degraded Biotopes in Volgograd city and its Surroundings // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2021. №2. С. 63-69. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/08>
12. Norton T. W. Conservation of biological diversity in temperate and boreal forest ecosystems // Forest Ecology and Management. 1996. Vol. 85. №1-3. P. 1-7.
13. Roberts M. J. Collins Field Guide to Spiders of Britain & Northern Europe. – HarperCollins, 1995.

REFERENCES

1. Abdurakhmanov, G.M., & Alieva, S.V. (2011). Itogi izucheniya fauny paukov (Aranei) Respubliki Dagestan. *Yug Rossii: ekologiya i razvitie*, (1), 44-66. (in Russ.).
2. Azheganova, N.S. (1968). Kratkii opredelitel' paukov (Aranei) lesnoi i lesostepnoi zony SSSR. Leningrad. (in Russ.).
3. Ivantsova, E.A. (2016). Problemy i perspektivy upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya*, (2(35)), 148-159. (in Russ.).
4. Korotaev, V.N. (2000). Nauchno-metodicheskie osnovy i tekhnicheskie resheniya po snizheniyu ekologicheskoi nagruzki pri upravlenii dvizheniem tverdykh bytovykh otkhodov: dis. ... d-ra. tekhn. nauk. Perm'. (in Russ.).
5. Piterkina, T.V., & Mikhailov, K.G. (2009). Annotirovannyi spisok paukov (Aranei) Dzhanybekskogo stantsionara. In *Zhivotnye glinistoi polupustyni Zavolzh'ya (konspekty faun i ekologicheskie kharakteristiki)*, Moscow, 62-88. (in Russ.).
6. Ponomarev, A.V., & Ivliev, P.P. (2008). O faune paukov (Aranei) del'ty Dona. *Vestnik YuNTs RAN*, 4(1), 61-67. (in Russ.).
7. Ponomarev, A.V., & Khnykin, A.S. (2013). Pauki (Aranei) Volgograda i ego okrestnostei. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, (4), 109-136. (in Russ.).
8. Tyshchenko, V.P. (1971). Opredelitel' paukov evropeiskoi chasti SSSR. Leningrad. (in Russ.).
9. Khnykin, A.S. (2016). Sezonnye izmeneniya vidovogo sostava lesnoi araneofauny Volgogradskoi oblasti. In *Ekologicheskaya bezopasnost' i okhrana okruzhayushchei sredy v regionakh Rossii: teoriya i praktika: materialy II Vseros. nauch.-prakt. konf.*, Volgograd, 343-348. (in Russ.).
10. Khnykin, A.S. (2017). Sezonnaya dinamika chislennosti i vidovogo sostava paukov okolovodnykh biotopov Volgogradskoi aglomeratsii. In *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoi sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: II Mezhdunar. nauch.-prakt. Solenoe Zaimishche*, 140-142. (in Russ.).
11. Hnykin, A. S., & Ivantsova, E. A. (2021). Biological Diversity of the Spiders Herpetobiont Population of Degraded Biotopes in Volgograd city and its Surroundings. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (2), 63-69. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/08>
12. Norton, T. W. (1996). Conservation of biological diversity in temperate and boreal forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 85(1-3), 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03745-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03745-0)
13. Roberts, M. J. (1995). *Collins Field Guide to Spiders of Britain & Northern Europe*. HarperCollins.

Дата поступления: 25.04.2022

Дата принятия: 22.06.2022

© Хныкин А.С., Иванцова Е.А., Лебедева Т.Н., 2022

УДК 576.895[59936/.38+599.32]

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/08>

Стариков В.П., Майорова А.Д., Вершинин Е.А., Егоров С.В.,
Кравченко В.Н., Наконечный Н.В., Берников К.А., Сарапульцева Е.С.

ПАЗАРИТИЧЕСКИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА (ВОСТОЧНЫЙ МАКРОСКЛОН)

Starikov V.P., Mayorova A.D., Vershinin E.A., Egorov S.V.,
Kravchenko V.N., Nakonechny N.V., Bernikov K.A., Sarapultseva E.S.

PARASITIC ARTHROPODS OF SMALL MAMMALS IN THE SUBPOLAR URALS (EASTERN MACRO-SLOPE)

Аннотация. В 2020 и 2021 гг. на территории Приполярного Урала (восточный макросклон) в районе горы Неройка (Березовский район Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) в разных высотных поясах (от 407 до 1018 м над уровнем моря) проведены учётные мелководных млекопитающих (насекомоядные и мышевидные грызуны) и их эктопаразитов. Всего установлено 15 видов паразитических гамазовых клещей, 1 вид иксодовых клещей, 11 видов блох и 1 вид вшей. Для более полного выявления состава мелких млекопитающих (прокормителей эктопаразитов) использовали два метода учётов – ловчих канавок и ловушко-линий. Среди гамазовых клещей независимо от способа отлова насекомоядных и грызунов доминировали специфические паразиты водяной полевки – *Laelaps muris* и *Hyperlaelaps amphibius*. При этом доля водяной полевки в сообществе мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон) не превышала 7%. В группу доминирующих видов также входил *Laelaps algericus*, зарегистрированный лишь на трёх видах (из 16 видов мелких млекопитающих, учтённых на Приполярном Урале): водяной полевке, тёмной полевке и полевке Миддендорфа. Из редких видов гамазовых клещей особый интерес представляет нахождение *Haemogamasus dauricus*, вид, который ранее не отмечался на Урале и в Западной Сибири. На изученной территории единично зарегистрирован иксодовый клещ *Ixodes persulcatus*. Находка этого клеща одна из наиболее северных в азиатской части Российской Федерации. Среди представителей отрядов блох и вшей велика доля специфических видов (землероек и лесных полевков). Возможно, это определяется высокой подвижностью землероек, их тесным контактом с грызунами, а также спецификой методов учётов животных.

Ключевые слова: гамазовые и иксодовые клещи; блохи; вши; мелкие млекопитающие; Приполярный Урал.

Сведения об авторах: Стариков Владимир Павлович, ORCID: 0000-0003-4849-2158, д-р биол. наук, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия, vp_starikov@mail.ru; Майорова Антонина Дмитриевна, канд. биол. наук, Ивановский

Abstract. Surveys of small mammals (insectivorous and rodents) and their ectoparasites were carried out in the Subpolar Urals (eastern macro-slope) near Mount Neroyka (Berezovsky district, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra) in different altitude zones (from 407 to 1018 m above sea level) in 2020 and 2021. A total of 15 species of parasitic gamasid mites, 1 species of ixodid ticks, 11 species of fleas and 1 species of lice were identified. Two counting methods, ditch with pitfalls and trap-lines, were used to better reveal the composition of small mammals (feeders of ectoparasites). Specific parasites of Eurasian water voles, *Laelaps muris* and *Hyperlaelaps amphibius*, dominated among gamasid mites regardless of the method of trapping insectivores and rodents. At the same time, the proportion of the Eurasian water vole in the small mammal community of the Subpolar Urals (eastern macro-slope) did not exceed 7%. The group of dominant species also included *Laelaps algericus*, which was recorded in only three species (of 16 small mammal species recorded in the Subpolar Urals): the Eurasian water vole, the field vole and the Middendorff's vole. Among rare species of gamasid mites, *Haemogamasus dauricus* is of particular interest, a species not previously recorded in the Urals and Western Siberia. *Ixodes persulcatus* is a single occurrence in the area. The find of this tick is one of the most northerly in the Asian part of the Russian Federation. Among representatives of flea and lice groups the share of specific species (shrews and red-backed voles) is high. This is probably due to the high mobility of shrews, their close contact with rodents, and the specificity of animal counting methods.

Keywords: gamasid mites; ixodid ticks; fleas; lice; small mammals; Subpolar Urals.

About authors: Starikov Vladimir Pavlovich, ORCID: 0000-0003-4849-2158, Dr. habil., Surgut State University, Surgut, Russia,

государственный университет, г. Иваново, Россия; Вершинин Евгений Александрович, ORCID: 0000-0003-3322-058X канд. биол. наук, Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока, г. Иркутск, Россия; Егоров Сергей Владимирович, д-р биол. наук, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева, г. Иваново, Россия; Кравченко Вероника Николаевна, ORCID: 0000-0002-6516-1580, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия; Наконечный Николай Владимирович, ORCID: 0000-0003-4437-5667, канд. биол. наук, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия; Берников Кирилл Александрович, ORCID: 0000-0001-9577-8760, канд. биол. наук, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия; Сарапульцева Екатерина Сергеевна, ORCID: 0000-0001-5302-5453, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия

vp_starikov@mail.ru; Mayorova Antonina Dmitrievna, Ph.D., Ivanovo State University, Ivanovo, Russia; Vershinin Eugene Alexandrovich, ORCID: 0000-0003-3322-058X, Ph.D., Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East, Irkutsk, Russia; Egorov Sergey Vladimirovich, Dr. habil., Ivanovo State Agricultural Academy by D.K. Belyaev, Ivanovo, Russia; Kravchenko Veronika Nikolaevna, ORCID: 0000-0002-6516-1580, Surgut State University, Surgut, Russia; Nakonechny Nikolai Vladimirovich, ORCID: 0000-0003-4437-5667, Ph.D., Surgut State University, Surgut, Russia; Bernikov Kirill Alexandrovich, ORCID: 0000-0001-9577-8760, Ph.D., Surgut State University, Surgut, Russia; Sarapultseva Ekaterina Sergeevna, ORCID: 0000-0001-5302-5453, Surgut State University, Surgut, Russia.

Стариков В.П., Майорова А.Д., Вершинин Е.А., Егоров С.В., Кравченко В.Н., Наконечный Н.В., Берников К.А., Сарапульцева Е.С. Паразитические членистоногие мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон) // Вестник Нижневартского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 78-88. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/08>

Starikov, V.P., Mayorova, A.D., Vershinin, E.A., Egorov, S.V., Kravchenko, V.N., Nakonechny, N.V., Bernikov, K.A., & Sarapultseva, E.S. (2022). Parasitic Arthropods of Small Mammals in the Subpolar Urals (Eastern Macro-Slope). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 78-88. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/08>

Введение. По особенностям природных условий Уральские горы принято делить на пять крупных областей: Южный, Средний, Северный, Приполярный и Полярный Урал. Мелкие млекопитающие в лучшей степени изучены на Южном, Среднем, Северном и Полярном Урале. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации, посвященные этой группе животных [4; 6; 14; 22; 32].

Приполярный Урал представляет значительный интерес для многих специалистов. Это наиболее высокая, менее доступная часть Уральских гор, где природа сохранилась почти в неизменном виде. В териологическом отношении этот район наименее исследован. Планируемое и частично происходящее хозяйственное освоение Приполярного Урала требует всестороннего изучения биоты, в том числе в оценке эпизоотологического и эпидемиологического состояния её компонентов. В разное время исследование мелких млекопитающих Приполярного Урала проводилось как на западном [10; 28], так и на восточном макросклонах [30]. Примерно через 50 лет (1977-1984 гг.) грызунов на Приполярном Урале (восточный макросклон) изучал К.И. Бердюгин [2-3]. Материал по землеройкам (сборы К.И. Бердюгина) этой территории был обобщён Л.П. Шаровой [31].

К настоящему времени в многочисленных публикациях в целом отражена роль эктопаразитов, переносящих возбудителей болезней человека и животных и поддерживающих тем или иным способом циркуляцию инфекций в природе. Поэтому важно знать фауну и экологию паразитических членистоногих, особенно на малоизученных территориях. Нет

сомнения в том, что значительно меньше внимания уделялось изучению состава паразитофауны мелких млекопитающих Уральских гор, особенно это наглядно по сравнению с прилегающей с востока Западно-Сибирской равниной. Для Уральских гор приводятся немногочисленные работы по отдельным группам паразитических членистоногих [16; 18; 25], либо по комплексу эктопаразитов (блохи, вши, гамазовые и иксодовые клещи) [19; 21; 27]. Однако все эти работы ограничивались Южным, Средним или Северным Уралом. Для более северных широт Уральских гор известно лишь краткое сообщение В.В. Турьевой с соавторами [29]. Эти исследования касались западного макросклона Приполярного Урала, где зарегистрировано 10 видов блох, 2 вида вшей и 33 вида гамазовых клещей, в том числе свободноживущих. В качестве прокормителей эктопаразитов преимущественно отмечены грызуны (более 90%), добытые исключительно методом ловушко-линий. На восточном макросклоне Приполярного Урала подобных исследований ранее не проводилось.

Материалы и методы. Наши исследования мелких млекопитающих (насекомоядные и грызуны) и их эктопаразитов проведены в 2020 и 2021 гг. на восточном макросклоне Приполярного Урала в районе горы Неройка (Берёзовский район, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры). Обследовано 28 биотопов в разных высотных поясах (от 407 до 1018 м над уровнем моря) [24]. Для отлова животных использовали методы ловчих канавок и ловушко-линий [13]. Всего учтено 970 особей мелких млекопитающих 16 видов: европейский крот *Talpa europaea* Linnaeus, 1758, обыкновенная бурозубка *Sorex araneus* Linnaeus, 1758, тундряная бурозубка *S. tundrensis* Merriam, 1900, средняя бурозубка *S. caecutiens* Laxmann, 1788, равнозубая бурозубка *S. isodon* Turov, 1924, малая бурозубка *S. minutus* Linnaeus, 1766, обыкновенная кутора *Neomys fodiens* Pennant, 1771, азиатский бурундук *Eutamias sibiricus* Laxmann, 1769, лесная мышовка *Sicista betulina* Pallas, 1779, рыжая полёвка *Myodes glareolus* Schreber, 1780, красная полёвка *M. rutilus* Pallas, 1779, красносерая полёвка *Craseomys rufocanus* Sundevall, 1846, водяная полёвка *Arvicola amphibius* Linnaeus, 1758, тёмная полёвка *Agricola agrestis* Linnaeus, 1761, полёвка Миддендорфа *Alexandromys middendorffii* Poliakov, 1881 и полёвка-экономка *A. oeconomus* Pallas, 1776. Русские и латинские названия видов насекомоядных и грызунов приведены по А.А. Лисовскому с соавторами [15].

Паразитологической оценке было подвергнуто 922 зверька, с которых собрано четыре группы эктопаразитов. Гамазовые клещи: *Haemogamasus ambulans* Thorell, 1872, *H. dauricus* Bregetova, 1950, *H. horridus* Michael, 1892, *H. liponyssoides* Ewing, 1925, *H. mandschuricus* Vitzthum, 1930, *H. nidi* Michael, 1892, *Hirstionyssus eusoricis* Bregetova, 1956, *H. isabellinus* (Oudemans, 1913), *Androlaelaps casalis* (Berlese, 1887), *Eulaelaps stabularis* C.L. Koch, 1836, *Hyperlaelaps amphibius* (Zakhvatkin, 1948), *H. arvalis* Zakhvatkin, 1948, *Laelaps algericus* Hirst, 1925, *L. hilaris* C.L. Koch, 1836, *L. muris* (Ljungh, 1799). Иксодовые клещи: *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930. Блохи: *Ctenophthalmus uncinatus* (Wagner, 1898), *Palaeopsylla soricis* (Dale, 1878), *Corrodopsylla birulai* (Ioff, 1928), *Rhadinopsylla integella* Jordan et Rothschild, 1921, *Amalaraeus penicilliger* (Grube, 1851), *Megabothris rectangulatus* (Wahlgren, 1903), *M. turbidus* (Rothschild, 1909), *Nosopsyllus consimilis* (Wagner, 1898), *Amphipsylla rossica* Wagner, 1912, *A. sibirica*

Wagner, 1898, *Peromyscosylla silvatica* (Meinert, 1896). Вши: *Hoplopleura edentula* Fahrenholz, 1916.

Латинские названия видов гамазовых клещей приведены по Каталогу паразитических гамазовых клещей млекопитающих Северной Евразии [20], иксодовых клещей – по монографии [26], блох – в соответствии с электронным ресурсом [5], вшей – по Дурдену и Муссеру [35].

В работе использованы общепринятые в паразитологии индексы: индекс встречаемости – ИВ (число зараженных особей в процентах от исследованных), индекс обилия – ИО (среднее число паразитов, приходящееся на одного исследованного зверька), экз. и средняя интенсивность заражения зверьков эктопаразитами – ИЗ (среднее число паразитов, обнаруженных на одном зараженном животном, экз. [1].

Результаты и обсуждение. Гамазовые клещи. На мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон) зарегистрировано 15 видов паразитических гамазовых клещей. Из 16 отмеченных видов насекомоядных и грызунов они паразитировали на 10 из них (табл. 1). Для представителей насекомоядных млекопитающих, как и в других частях их ареалов, характерно сравнительно низкое видовое разнообразие гамазовых клещей и показателей их обилия (от 0,02 до 0,07 экз.). При этом особо обращает на себя внимание – полное отсутствие клещей у животных, отловленных методом ловушко-линий. Среди представителей этой группы млекопитающих доминировал клещ *L. muris*, на его долю приходилось около 43% от всех зарегистрированных клещей.

Существенно богаче фауна паразитических гамазовых клещей на грызунах, на которых зарегистрированы все 15 видов клещей, отмеченных нами в горах Приполярного Урала. В учётах с помощью методов ловчих канавок и ловушко-линий также доминировал клещ *L. muris* (соответственно 48,3 и 58,2%), при этом водяная полевка, для которой *L. muris* является специфическим паразитом, с помощью ловушек (давилок) вообще не отлавливалась. Подобная ситуация была характерна и для западного макросклона Приполярного Урала, здесь также отмечены наибольшие показатели обилия для *L. muris* [29]. В группу доминантов, наряду с *L. muris*, также входили клещи *H. amphibius* (специфический паразит водяной полевки) и *L. algericus*. В отношении последнего вида известно, что основным его хозяином является *M. musculus* Linnaeus, 1758 [12]. Однако на Приполярном Урале в районе горы Неройки синантропных грызунов не обнаружено [2; 23]. Здесь представители этого вида паразитировали на полевках водяной, тёмной и Миддендорфа. Ещё более широкий круг прокормителей *L. algericus* отмечен нами для мелких млекопитающих Южного Зауралья. Из редких видов особо обращает на себя внимание клещ *H. dauricus*, в Европейской части России зарегистрированный лишь в Саратовской области [8], а также в ряде районов Азиатской части, за исключением Урала и Западной Сибири [9; 20].

Иксодовые клещи. На Западно-Сибирской равнине наиболее северные находки *I. persulcatus* [17] были выявлены вблизи населенного пункта Нижние Нары-Кары – на р. Обь (63°47' с.ш.). В сентябре 2020 г. с красносерой полёвки в горах Приполярного Урала нами была снята одна личинка *I. persulcatus* (64°57' с.ш.). Подобный процесс расширения ареала *I.*

persulcatus к северу в связи с потеплением климата наблюдается и в Центральной Сибири. Так, впервые этот вид зарегистрирован в среднем течении р. Енисей – 62°17' с.ш. [33], обнаружен он и в Магаданской области [11]. Сходные тенденции расширения его ареала к северу характерны и для Европейской России [7], а также некоторых северных стран Западной Европы [36-37]. При этом, если расширение ареала *I. persulcatus* на севере европейской территории России происходит в очень ограниченных масштабах, то в азиатской части РФ ареал расширяется более существенно [34].

Блохи. В сборах на мелких млекопитающих восточного макросклона Приполярного Урала установлено 11 видов блох. На насекомоядных млекопитающих отмечено 6 видов блох (табл. 2). Среди этой группы животных (учёты с помощью ловчих канавок) ярко выражено доминирование специфических видов – *C. birulai* и *P. soricis*. Суммарно на их долю приходилось более 97% от всех учтённых блох. Велика доля блох насекомоядных и у представителей отряда грызунов (около 55%, учёты с помощью ловчих канавок). Совершенно иной состав доминирующих блох грызунов в учётах давилками. В этом случае доминировали *M. rectangulatus*, *P. silvatica* и *A. rossica* (соответственно 43,5, 13 и 13%). На западном склоне Приполярного Урала основу паразитоценоза блох мелких млекопитающих составили *M. rectangulatus* и *P. silvatica* [29].

Вши. На грызунах и насекомоядных восточного макросклона Приполярного Урала зарегистрирован один вид вши *H. edentula* (специфический паразит лесных полёвок). Кроме основных прокормителей эта вошь в небольшом числе встречалась на обыкновенной бурозубке, красносерой, водяной и тёмной полевках (табл. 3). На западном склоне Приполярного Урала выявлено два вида вшей мелких млекопитающих – *Hoplopleura acanthopus* (Burmeister, 1839) и *Polyplax borealis* Ferris, 1933 [29].

Таблица 1

**Гамазовые клещи мелких млекопитающих Приполярного Урала
(восточный макросклон), 2020-2021 гг.**

Вид прокормителя	Учеты методом ловчих канавок							Учеты методом ловушко-линий						
	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды клещей	Число, экз.	ИБ	ИЗ	ИО	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды клещей	Число, экз.	ИБ	ИЗ	ИО
<i>T. europaea</i>	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>S. araneus</i>	87	2	<i>L. muris</i>	6	2,30	3,00	0,07	3	–	–	–	–	–	–
		1	<i>H. isabellinus</i>	3	1,15	3,00	0,03							
		1	<i>H. arvalis</i>	3	1,15	3,00	0,03							
		1	<i>A. casalis</i>	2	1,15	2,00	0,02							
		1	<i>H. ambulans</i>	2	1,15	2,00	0,02							
<i>S. tundrensis</i>	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>S. caecutiens</i>	43	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>S. isodon</i>	28	2	<i>L. muris</i>	2	7,14	1,00	0,07	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>H. arvalis</i>	1	3,57	1,00	0,04							
<i>S. minutus</i>	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>N. fodiens</i>	65	1	<i>L. muris</i>	1	1,54	1,00	0,02	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>H. liponyssoides</i>	1	1,54	1,00	0,02							
<i>E. sibiricus</i>	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
<i>S. betulina</i>	28	1	<i>L. muris</i>	4	3,57	4,00	0,14	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>E. stabularis</i>	1	3,57	1,00	0,04							
<i>M. glareolus</i>	87	1	<i>H. arvalis</i>	6	1,15	6,00	0,07	105	3	<i>L. muris</i>	9	2,86	3,00	0,09

Вид прокормителя	Учеты методом ловчих канавок							Учеты методом ловушко-линий						
	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды клещей	Число, экз.	ИВ	ИЗ	ИО	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды клещей	Число, экз.	ИВ	ИЗ	ИО
		2	<i>L. muris</i>	4	2,30	2,00	0,05		2	<i>H. nidi</i>	2	1,90	1,00	0,02
		3	<i>H. isabellinus</i>	4	3,45	1,33	0,05		2	<i>H. horridus</i>	2	1,90	1,00	0,02
		1	<i>H. ambulans</i>	1	1,15	1,00	0,01		1	<i>E. stabularis</i>	1	0,95	1,00	0,01
		1	<i>H. nidi</i>	1	1,15	1,00	0,01		1	<i>H. isabellinus</i>	1	0,95	1,00	0,01
									1	<i>H. mandschuricus</i>	1	0,95	1,00	0,01
<i>M. rutilus</i>	57	1	<i>L. muris</i>	1	1,75	1,00	0,02	29	1	<i>L. muris</i>	5	3,45	5,00	0,17
		1	<i>H.</i>	1	1,75	1,00	0,02		1	<i>H. nidi</i>	1	3,45	1,00	0,03
		1	<i>liponyssoides</i>	1	1,75	1,00	0,02							
			<i>H. dauricus</i>											
<i>C. rufocanus</i>	58	2	<i>Hg. nidi</i>	3	3,45	1,50	0,05	5	2	<i>L. muris</i>	4	40,00	2,00	0,80
								1		<i>H. isabellinus</i>	1	20,00	1,00	0,20
<i>A. amphibius</i>	61	12	<i>L. muris</i>	78	19,67	6,50	1,28	–	–	–	–	–	–	–
		6	<i>H. amphibius</i>	26	9,84	4,33	0,43		–	–	–	–	–	–
		2	<i>L. hilaris</i>	11	3,28	5,50	0,18		–	–	–	–	–	–
		4	<i>L. algericus</i>	11	6,56	2,75	0,18		–	–	–	–	–	–
		3	<i>H. nidi</i>	4	4,92	1,33	0,07		–	–	–	–	–	–
		2	<i>H. isabellinus</i>	3	3,28	1,50	0,05		–	–	–	–	–	–
		1	<i>E. stabularis</i>	1	1,64	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
<i>A. agrestis</i>	143	9	<i>L. muris</i>	22	6,29	2,44	0,15	27	3	<i>L. muris</i>	14	11,11	4,67	0,52
		4	<i>L. algericus</i>	13	2,80	3,25	0,09		1	<i>E. stabularis</i>	1	3,70	1,00	0,04
		2	<i>H. isabellinus</i>	9	1,40	4,50	0,06		1	<i>H. eusoricis</i>	1	3,70	1,00	0,04
		2	<i>H. nidi</i>	5	1,40	2,50	0,03							
		2	<i>H. arvalis</i>	5	1,40	2,50	0,03							
		1	<i>A. casalis</i>	5	0,70	5,00	0,03							
<i>A. middendorffii</i>	49	2	<i>L. muris</i>	5	4,08	2,50	0,10	9	2	<i>L. algericus</i>	11	22,22	5,50	1,22
		3	<i>H. arvalis</i>	3	6,12	1,00	0,06		1	<i>H. nidi</i>	1	11,11	1,00	0,11
		1	<i>H. ambulans</i>	2	2,04	2,00	0,04							
		1	<i>H. nidi</i>	2	2,04	2,00	0,04							
		1	<i>E. stabularis</i>	1	2,04	1,00	0,02							
		1	<i>Hg. horridus</i>	1	2,04	1,00	0,02							
		1	<i>A. casalis</i>	1	2,04	1,00	0,02							
		1	<i>H. eusoricis</i>	1	2,04	1,00	0,02							
<i>A. oeconomus</i>	16	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–

Таблица 2

Блохи мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон), 2020-2021 гг.

Вид прокормителя	Учеты методом ловчих канавок							Учеты методом ловушко-линий						
	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды блох	Число, экз.	ИВ	ИЗ	ИО	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды блох	Число, экз.	ИВ	ИЗ	ИО
<i>T. europaea</i>	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>S. araneus</i>	87	13	<i>C. birulai</i>	34	14,94	2,62	0,39	3	–	–	–	–	–	–
		4	<i>P. soricis</i>	7	4,60	1,75	0,08		–	–	–	–	–	–
		1	<i>C. uncinatus</i>	1	1,15	1,00	0,01		–	–	–	–	–	–
		1	<i>P. silvatica</i>	1	1,15	1,00	0,01		–	–	–	–	–	–
<i>S. tundrensis</i>	3	1	<i>A. penicilliger</i>	1	33,33	1,00	0,33	–	–	–	–	–	–	–
<i>S. caecutiens</i>	43	4	<i>C. birulai</i>	6	9,30	1,50	0,14	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>P. soricis</i>	2	2,33	2,00	0,05		–	–	–	–	–	–
<i>S. isodon</i>	28	4	<i>C. birulai</i>	11	14,29	2,75	0,39	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>P. soricis</i>	2	3,57	2,00	0,07		–	–	–	–	–	–
		1	<i>M. rectangulatus</i>	2	3,57	2,00	0,07		–	–	–	–	–	–
		1	<i>P. silvatica</i>	1	3,57	1,00	0,04		–	–	–	–	–	–
<i>S. minutus</i>	10	1	<i>C. birulai</i>	1	10,00	1,00	0,10	–	–	–	–	–	–	–
<i>N. fodiens</i>	65	14	<i>C. birulai</i>	63	21,54	4,50	0,97	–	–	–	–	–	–	–
		5	<i>P. soricis</i>	20	7,69	4,00	0,31		–	–	–	–	–	–
<i>E. sibiricus</i>	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
<i>S. betulina</i>	28	2	<i>A. penicilliger</i>	2	7,14	1,00	0,07	–	–	–	–	–	–	–
		1	<i>M. rectangulatus</i>	2	3,57	2,00	0,07		–	–	–	–	–	–

Вид прокормителя	Учеты методом ловчих канавок							Учеты методом ловушко-линий						
	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды блох	Число, экз.	ИБ	ИЗ	ИО	Осмотрено зверьков	Заражено зверьков	Виды блох	Число, экз.	ИБ	ИЗ	ИО
		1	<i>M. turbidus</i>	1	3,57	1,00	0,04		–	–	–	–	–	–
		1	<i>C. birulai</i>	1	3,57	1,00	0,04		–	–	–	–	–	–
<i>M. glareolus</i>	87	5	<i>C. birulai</i>	8	5,75	1,60	0,09	105	3	<i>M. rectangulatus</i>	7	2,86	2,33	0,07
		2	<i>M. turbidus</i>	2	2,30	1,00	0,02		2	<i>M. turbidus</i>	2	3,90	1,00	0,02
		1	<i>P. soricis</i>	2	1,15	2,00	0,02		1	<i>P. silvatica</i>	1	0,95	1,00	0,01
		1	<i>M. rectangulatus</i>	1	1,15	1,00	0,01		1	<i>C. birulai</i>	1	0,95	1,00	0,01
		1	<i>P. silvatica</i>	1	1,15	1,00	0,01							
		1	<i>C. uncinatus</i>	1	1,15	1,00	0,01							
<i>M. rutilus</i>	57	2	<i>C. birulai</i>	23	3,51	11,50	0,40	29	2	<i>C. birulai</i>	2	6,90	1,00	0,07
		2	<i>P. soricis</i>	5	3,51	2,50	0,09		1	<i>A. rossica</i>	1	3,45	1,00	0,03
		2	<i>A. penicilliger</i>	4	3,51	2,00	0,07		1	<i>C. uncinatus</i>	1	3,45	1,00	0,03
		2	<i>M. rectangulatus</i>	3	3,51	1,50	0,05		1	<i>A. penicilligen</i>	1	3,45	1,00	0,03
		2	<i>A. rossica</i>	3	3,51	1,50	0,05		1	<i>P. silvatica</i>	1	3,45	1,00	0,03
		1	<i>P. silvatica</i>	1	1,75	1,00	0,02							
		1	<i>M. turbidus</i>	1	1,75	1,00	0,02							
<i>C. rufocanus</i>	58	6	<i>C. birulai</i>	7	10,34	1,17	0,12	5	–	–	–	–	–	–
		2	<i>N. consimilis</i>	3	3,45	1,50	0,05		–	–	–	–	–	–
		2	<i>M. rectangulatus</i>	2	3,45	1,00	0,03		–	–	–	–	–	–
		2	<i>P. soricis</i>	2	3,45	1,00	0,03		–	–	–	–	–	–
		1	<i>M. turbidus</i>	1	1,72	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
		1	<i>A. rossica</i>	1	1,72	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
		1	<i>P. silvatica</i>	1	1,72	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
		1	<i>C. uncinatus</i>	1	1,72	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
		1	<i>A. penicilliger</i>	1	1,72	1,00	0,02		–	–	–	–	–	–
<i>A. amphibius</i>	61	13	<i>C. birulai</i>	28	21,31	2,15	0,46	–	–	–	–	–	–	–
		5	<i>A. penicilliger</i>	6	8,20	1,20	0,10		–	–	–	–	–	–
		4	<i>P. soricis</i>	4	6,56	1,00	0,07		–	–	–	–	–	–
		3	<i>M. rectangulatus</i>	3	4,92	1,00	0,05		–	–	–	–	–	–
		1	<i>A. rossica</i>	2	1,64	2,00	0,03		–	–	–	–	–	–
<i>A. agrestis</i>	143	8	<i>C. birulai</i>	13	5,59	1,63	0,09	27	1	<i>M. rectangulatus</i>	1	3,70	1,00	0,04
		7	<i>M. rectangulatus</i>	11	4,90	1,57	0,08		1	<i>N. consimilis</i>	1	3,70	1,00	0,04
		5	<i>A. rossica</i>	7	3,50	1,40	0,05		1	<i>A. rossica</i>	1	3,70	1,00	0,04
		3	<i>M. turbidus</i>	4	2,10	1,33	0,03							
		2	<i>R. integella</i>	2	1,40	1,00	0,01							
		1	<i>A. penicilliger</i>	1	0,70	1,00	0,007							
		1	<i>P. soricis</i>	1	0,70	1,00	0,007							
		1	<i>N. consimilis</i>	1	0,70	1,00	0,007							
		1	<i>P. silvatica</i>	1	0,70	1,00	0,007							
		1	<i>A. sibirica</i>	1	0,70	1,00	0,007							
<i>A. middendorffii</i>	49	2	<i>M. rectangulatus</i>	2	4,08	1,00	0,04	9	1	<i>A. sibirica</i>	1	11,11	1,00	0,11
		1	<i>A. sibirica</i>	1	2,04	1,00	0,02		1	<i>A. rossica</i>	1	11,11	1,00	0,11
		1	<i>M. turbidus</i>	1	2,04	1,00	0,02		1	<i>P. silvatica</i>	1	11,11	1,00	0,11
		1	<i>A. rossica</i>	1	2,04	1,00	0,02							
		1	<i>P. silvatica</i>	1	2,04	1,00	0,02							
<i>A. oeconomus</i>	16	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–

Таблица 3

**Распределение *Hoplopleura edentula* на мелких млекопитающих
Приполярного Урала (восточный макросклон), 2020–2021 гг.**

Вид,	Осмотрено зверько	Заражено зверьков	Собрано вшей	Показатели заражения		
				ИБ, %	ИЗ, экз.	ИО, экз.
<i>S. araneus</i>	87 / 3	1 / –	1 / –	1,15 / –	1,00 / –	0,01 / –
<i>M. glareolus</i>	87 / 105	– / 21	– / 82	– / 20,00	– / 3,90	– / 0,78
<i>M. rutilus</i>	57 / 29	– / 4	– / 10	– / 13,79	– / 2,50	– / 0,34
<i>C. rufocanus</i>	58 / 5	1 / 2	1 / 32	1,79 / 40,00	1,00 / 16,00	0,02 / 6,40
<i>A. amphibius</i> *	61	2	8	3,22	4,00	0,13
<i>A. agrestis</i>	143 / 27	1 / –	1 / –	0,70 / –	1,00 / –	0,07 / –
Прочие виды, на которых вши не найдены	244 / 15	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –

Примечание: метод учета: ловчих канавок / ловушко-линий; * – ловчих канавок

Заключение. По результатам исследования на восточном макросклоне Приполярного Урала впервые установлено обитание представителей 28 видов четырёх групп паразитических членистоногих. Среди них 15 видов гамазовых клещей, 11 видов блох и по одному виду иксовых клещей и вшей. Среди гамазовых клещей, добытых с помощью двух методов учёта прокормителей преобладали специфические виды водяной полевки – *L. muris* и *H. amphibius*, вместе на долю которых приходилось 58% от всех учтенных клещей. При этом доля водяной полевки в сообществе мелких млекопитающих Приполярного Урала не превышала 7%.

Находка *I. persulcatus* на Приполярном Урале одна из наиболее северных в азиатской части Российской Федерации. Среди представителей отрядов блох и вшей велика доля специфических видов (землероек, лесных полевок). Возможно, это определяется высокой подвижностью землероек, их тесным контактом с грызунами, а также спецификой методов учётов животных.

Знание состава эктопаразитов западного склона Приполярного Урала, северной тайги равнинной Западной Сибири может свидетельствовать о том, что в паразитологическом отношении территория восточного макросклона Приполярного Урала далека от завершения. В связи с продолжающимся промышленным освоением Урала контакты человека с природными очагами инфекций будут более тесными, применительно к изученной территории, речь, в первую очередь, идёт о туляремии. Поэтому изучение фауны хранителей возбудителя – млекопитающих и переносчиков членистоногих, входящих в биоценотические связи друг с другом, представляет большой практический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беклемишев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1961. Т. 40. № 2. С. 149-158.
2. Бердюгин К.И. Грызуны гор Приполярного Урала // Мелкие млекопитающие Уральских гор (экология млекопитающих Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 73-78.
3. Бердюгин К.И. К проблеме влияния антропогенных факторов на млекопитающих Приполярного Урала // Экология. 2000. № 5. С. 393-395.
4. Бердюгин К.И., Большаков В.Н., Балахонов В.С. Павлинин В. В., Пасхальный С.П., Штро В.Г. Млекопитающие Полярного Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. 384 с.
5. Блохи (Siphonaptera): Зоологический институт, Санкт-Петербург / С. Медведев, А. Лобанов, М. Дианов. СПб.: Зоологический институт РАН, 2003.
6. Большаков В.Н. Новое местонахождение красно-серой полевки на Южном Урале // Зоологический журнал. 1963. Т. 62. Вып. 8. С. 1272-1273.
7. Бугмырин С.В., Назарова Л.Е., Беспятова Л.А., Иешко Е.П. К вопросу о северной границе распространения *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) в Карелии // Известия РАН. Серия Биологическая. 2013. № 2. С. 240-244.
8. Давидович В.Ф. Ландшафтно-географические особенности фауны гамазовых клещей мышевидных грызунов Саратовской области // Первое акарологическое совещ. (Тез. докл.). М.-Л., 1966. С. 76-77.
9. Давыдова М.С., Никольский В.В. Гамазовые клещи Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 124 с.
10. Демидов В.В. К фауне мелких млекопитающих Приполярного Урала // Современные проблемы зоологии и совершенствование методики её преподавания в вузе и школе: Тез. Всесоюз. науч. конф. зоологов педвузов. Пермь, 1976. С. 236-237.
11. Докучаев Н.Е. Обнаружение таёжного клеща *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) в Магаданской области // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН, 2015. № 1. С. 123-125.

12. Земская А.А. Паразитические гамазовые клещи и их медицинское значение. М.: Медицина, 1973. 168 с.
13. Карасева Е.В., Телицына А.Ю., Жигальский О.А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
14. Кириков С.В. Южная оконечность Урала как зоогеографическая граница // Зоологический журнал. 1936. Т. 15. Вып. 2. С. 1056-1058.
15. Лисовский А.А., Шефтель Б.И., Савельев А.П., Ермаков О.А., Козлов Ю.А., Смирнов Д.Г., Стахеев В.В., Глазов Д.М. Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты // Сборник трудов Зоологического музея МГУ. 2019. Т. 56. 191 с.
16. Литвинова Л.Н., Лыков В.А. К фауне блох мелких млекопитающих Южного Урала и Зауралья // Вопросы арахноэнтомологии. Фауна и экология пауков и кровососущих членистоногих: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1977. С. 65-68.
17. Малюшина Е.П. О северной границе распространения *Ixodes persulcatus* P. Sch. в Тюменской области // Природноочаговые болезни. Тюмень, 1963. С. 54-55.
18. Марвин М.Я. Блохи грызунов Среднего Урала и Зауралья // Тез. докл. совещ. зоологов Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1957. С. 53-54.
19. Марвин М.Я., Босенко В.К., Рылова А.Г. Материалы по эктопаразитам млекопитающих Свердловской области // Бюллетень МОИП. 1960. Т. 65. № 2. С. 37-40.
20. Никулина Н.А. Каталог паразитических гамазовых клещей млекопитающих Северной Евразии (территория России). СПб: РАН, 2004. Ч. 1. 170 с.
21. Попова И.Ф., Стариков В.П. Эктопаразиты обыкновенной слепушонки Зауралья и европейского крота Урала // Вопросы экологии Зауралья. Земля Курганская: прошлое и настоящее. Шадринск: Исеть, 1995. С. 147-153.
22. Сабанеев Л.П. Позвоночные Среднего Урала и географическое распространение их в Пермской и Оренбургской губерниях. М.: МОИП. 1874. 204 с.
23. Стариков В.П., Наконечный Н.В., Берников К.А., Бородин А.В. Население мелких млекопитающих Приполярного Урала // Безопасный Север – чистая Арктика: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Сургут: СурГУ, 2020. С. 300-304.
24. Стариков В.П., Наконечный Н.В., Берников К.А. Сообщества мелких млекопитающих Приполярного Урала (восточный макросклон) и прилегающей равнины // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии: Материалы конференции с международным участием. М.: КМК. 2022. С. 339.
25. Сюткина К.А. Некоторые данные об иксовых клещах Урала и сопредельных областей // Сб. науч. работ по природно-очаговым и кишечным инфекциям на Урале. Свердловск, 1957. С. 133-136.
26. Таёжный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука, 1985. 416 с.
27. Топоркова Л.Я., Сюткина К.А. К вопросу о фауне эктопаразитов мышевидных грызунов горных лесов Южного Урала // Учёные записки Уральского государственного университета им. А.М. Горького. Свердловск, 1959. Вып. 31. С. 91-95.
28. Турьева В.В. Эколого-фаунистический обзор мелких млекопитающих западного склона Приполярного Урала // Животный мир западного склона Приполярного Урала. Сыктывкар, 1977. С. 30-43.
29. Турьева В.В., Новожилова Э.Н., Юшков В.Ф. Мелкие млекопитающие и их паразитофауна на западном склоне Приполярного Урала // Млекопитающие Уральских гор. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 79-80.
30. Флеров К.К. Очерки по млекопитающим Полярного Урала и Западной Сибири // Известия АН СССР, 1933. № 3. С. 445-470.
31. Шарова Л.П. Фауна землероек Урала и прилегающих территорий // Экология млекопитающих Уральских гор. Екатеринбург: Наука, 1992. С. 3-51.
32. Шварц С.С. Биология размножения и возрастная структура популяций широко распространенных видов полевок на Крайнем Севере // Труды АН СССР. 1959. Вып. 1. С. 239-254.
33. Якушов В.Д., Шефтель Б.И. Биологические последствия потепления климата в Центральной Сибири // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии: Материалы конференции с международным участием. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 2022. С. 418.
34. Ясюкевич В.В., Казакова Е.В., Попов И.О., Семенов С.М. Распространение клещей *Ixodes ricinus* L., 1758 и *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) на территории России и

соседних стран и наблюдаемые изменения климата // Доклады академии наук. 2009. Т. 427. № 5. С. 688-692.

35. Durden L. A., Musser G. G. The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions. New York: American Museum of Natural History, 1994.

36. Jääskeläinen A., Korhonen T., Kuusi M., Vapalahti O. Tick-borne encephalitis in Finland // EpiNorth. 2011. Vol. 12. №2. P. 40.

37. Lindgren E., Tälleklint L., Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus* // Environmental health perspectives. 2000. Vol. 108. №2. P. 119-123. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108119>

REFERENCES

1. Beklemishev, V.N. (1961). Terminy i ponyatiya, neobkhodimye pri kolichestvennom izuchenii populyatsii ektoparazitov i nidikolov. *Zoologicheskii zhurnal*, 40(2), 149-158. (in Russ.).

2. Berdyugin, K.I. (1986). Gryzuny gor Pripolyarnogo Urala. In *Melkie mlekopitayushchie Ural'skikh gor (ekologiya mlekopitayushchikh Urala)*, Sverdlovsk, 73-78. (in Russ.).

3. Berdyugin, K.I. (2000). K probleme vliyaniya antropogenykh faktorov na mlekopitayushchikh Pripolyarnogo Urala. *Ekologiya*, (5), 393-395. (in Russ.).

4. Berdyugin, K.I., Bol'shakov V.N., Balakhonov V.S. Pavlinin V. V., Paskhal'nyi S.P., Shtro V.G. (2007). Mlekopitayushchie Polyarnogo Urala. Ekaterinburg. (in Russ.).

5. Blokhi (Siphonaptera): Zoologicheskii institute (2003). St. Petersburg. (in Russ.).

6. Bol'shakov, V.N. (1963). Novoe mestonakhozhdenie krasno-seroi polevki na Yuzhnom Urale. *Zoologicheskii zhurnal*, 62(8), 1272-1273. (in Russ.).

7. Bugmyrin, S.V., Nazarova, L.E., Bespyatova, L.A., & Ieshko, E.P. (2013). K voprosu o severnoi granitse rasprostraneniya *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) v Karelii. *Izvestiya RAN. Seriya Biologicheskaya*, (2), 240-244. (in Russ.).

8. Davidovich, V.F. (1966). Landshaftno-geograficheskie osobennosti fauny gamazovykh kleshchei myshevidnykh gryzunov Saratovskoi oblasti. In *Pervoe akarologicheskoe soveshch. (Tez. dokl.)*, Moscow. 76-77. (in Russ.).

9. Davydova, M.S., & Nikol'skii, V.V. (1986). Gamazovye kleshchi Zapadnoi Sibiri. Novosibirsk. (in Russ.).

10. Demidov, V.V. (1976). K faune melkikh mlekopitayushchikh Pripolyarnogo Urala. In *Sovremennye problemy zoologii i sovershenstvovanie metodiki ee prepodavaniya v vuze i shkole: Tez. Vsesoyuz. nauch. konf. zoologov pedvuzov*, Perm', 236-237. (in Russ.).

11. Dokuchaev, N.E. (2015). Obnaruzhenie taezhnogo kleshcha *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) v Magadanskoi oblasti. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, (1), 123-125. (in Russ.).

12. Zemskaya, A.A. (1973). Paraziticheskie gamazovye kleshchi i ikh meditsinskoe znachenie. Moscow. (in Russ.).

13. Karaseva, E.V., Telitsyna, A.Yu., & Zhigal'skii, O.A. (2008). Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh. Moscow. (in Russ.).

14. Kirikov, S.V. (1936). Yuzhnaya okonechnost' Urala kak zoogeograficheskaya granitsa. *Zoologicheskii zhurnal*, 15(2), 1056-1058. (in Russ.).

15. Lisovskii, A.A., Sheftel', B.I., Savel'ev, A.P., Ermakov, O.A., Kozlov, Yu.A., Smirnov, D.G., Stakheev, V.V., & Glazov, D.M. (2019). Mlekopitayushchie Rossii: spisok vidov i prikladnye aspekty. In *Sbornik trudov Zoologicheskogo muzeya MGU*, 56, 191. (in Russ.).

16. Litvinova, L.N., & Lykov, V.A. (1977). K faune blokh melkikh mlekopitayushchikh Yuzhnogo Urala i Zaural'ya. In *Voprosy araknoentomologii. Fauna i ekologiya paukov i krovososushchikh chlenistonogikh: Mezhev. sb. nauch. tr., Perm'*, 65-68. (in Russ.).

17. Malyushina, E.P. (1963). O severnoi granitse rasprostraneniya *Ixodes persulcatus* P. Sch. v Tyumenskoi oblasti. In *Prirodnookhagovye bolezni*, Tyumen', 54-55. (in Russ.).

18. Marvin, M.Ya. (1957). Blokhi gryzunov Srednego Urala i Zaural'ya. In *Tez. dokl. soveshch. zoologov Sibiri*, Novosibirsk, 53-54. (in Russ.).

19. Marvin, M.Ya., Bosenko, V.K., & Rylova, A.G. (1960). Materialy po ektoparazitam mlekopitayushchikh Sverdlovskoi oblasti. *Byulleten' MOIP*, 65(2), 37-40. (in Russ.).

20. Nikulina, N.A. (2004). Katalog paraziticheskikh gamazovykh kleshchei mlekopitayushchikh Severnoi Evrazii (territoriya Rossii). St. Petersburg. (in Russ.).

21. Popova, I.F., & Starikov, V.P. (1995). Ektoparazity obyknovЕННОй slepushonki Zaural'ya i evropeiskogo krota Urala. In *Voprosy ekologii Zaural'ya. Zemlya Kurganskaya: proshloe i nastoyashchee*, Shadrinsk, 147-153. (in Russ.).
22. Sabaneev, L.P. (1874). Pozvonochnye Srednego Urala i geograficheskoe rasprostraneniye ikh v Permskoi i Orenburgskoi guberniyakh. Moscow. (in Russ.).
23. Starikov, V.P., Nakonechnyi, N.V., Bernikov, K.A., & Borodin, A.V. (2020). Naseleniye melkikh mlekopitayushchikh Pripolyarnogo Urala. In *Bezopasnyi Sever – chistaya Arktika: Materialy III Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Surgut, 300-304. (in Russ.).
24. Starikov, V.P., Nakonechnyi, N.V., & Bernikov, K.A. (2022). Soobshchestva melkikh mlekopitayushchikh Pripolyarnogo Urala (vostochnyi makrosklon) i privileyushchei ravniny. In *Mlekopitayushchie v menyayushchemsya mire: aktual'nye problemy teriologii: Materialy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Moscow. (in Russ.).
25. Syutkina, K.A. (1957). Nekotorye dannye ob iksodovykh kleshchakh Urala i sopredel'nykh oblastei. In *Sb. nauch. rabot po prirodno-ochagovym i kishhechnym infektsiyam na Urale*, Sverdlovsk, 133-136. (in Russ.).
26. Tazhnyi kleshch *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): morfologiya, sistematika, ekologiya, meditsinskoe znachenie (1985). Leningrad. (in Russ.).
27. Toporkova, L.Ya., & Syutkina, K.A. (1959). K voprosu o faune ektoparazitov myshevidnykh gryzunov gornykh lesov Yuzhnogo Urala. In *Uchenye zapiski Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta im. A.M. Gor'kogo*, Sverdlovsk, 31, 91-95. (in Russ.).
28. Tur'eva, V.V. (1977). Ekologo-faunisticheskii obzor melkikh mlekopitayushchikh zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala. In *Zhivotnyi mir zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala*, Syktyvkar, 30-43. (in Russ.).
29. Tur'eva, V.V., Novozhilova, E.N., & Yushkov, V.F. (1979). Melkie mlekopitayushchie i ikh parazitofauna na zapadnom sklone Pripolyarnogo Urala. In *Mlekopitayushchie Ural'skikh gor.*, Sverdlovsk, 79-80. (in Russ.).
30. Flerov, K.K. (1933). Ocherki po mlekopitayushchim Polyarnogo Urala i Zapadnoi Sibiri. *Izvestiya AN SSSR*, (3), 445-470. (in Russ.).
31. Sharova, L.P. (1992). Fauna zemleroek Urala i privileyushchikh territorii. In *Ekologiya mlekopitayushchikh Ural'skikh gor.*, Ekaterinburg, 3-51. (in Russ.).
32. Shvarts, S.S. (1959). Biologiya razmnozheniya i voznrastnaya struktura populyatsii shiroko rasprostranennykh vidov polevok na Krainem Severe. *Trudy AN SSSR*, 1, 239-254. (in Russ.).
33. Yakushov, V.D., & Sheftel', B.I. (2022). Biologicheskie posledstviya potepleniya klimata v Tsentral'noi Sibiri. In *Mlekopitayushchie v menyayushchemsya mire: aktual'nye problemy teriologii: Materialy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Moscow. (in Russ.).
34. Yasyukevich, V.V., Kazakova, E.V., Popov, I.O., & Semenov, S.M. (2009). Rasprostraneniye kleshchei *Ixodes ricinus* L., 1758 i *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) na territorii Rossii i sosednikh stran i nablyudaemye izmeneniya klimata. *Doklady akademii nauk*, 427(5), 688-692. (in Russ.).
35. Durden, L. A., & Musser, G. G. (1994). *The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions*. New York: American Museum of Natural History.
36. Jääskeläinen, A., Korhonen, T., Kuusi, M., & Vapalahti, O. (2011). Tick-borne encephalitis in Finland. *EpiNorth*, 12(2), 40.
37. Lindgren, E., Tälleklint, L., & Polfeldt, T. (2000). Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environmental health perspectives*, 108(2), 119-123. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108119>

Дата поступления: 25.08.2022

Дата принятия: 03.10.2022

© Стариков В.П., Майорова А.Д., Вершинин Е.А., Егоров С.В., Кравченко В.Н.,
Наконецкий Н.В., Берников К.А., Сарapultseva Е.С., 2022

*Ragozin O.N., Pogonysheva I.A., Shalamova E.Yu.,
Pogonyshv D.A., Ragozina E.R., Postnikova V.V.*

VARIABILITY OF HELIOCLIMATE FACTORS AND APPLICABILITY TO THE EMERGENCY SERVICE POPULATION OF THE NORTHERN REGION

*Рагозин О.Н., Погоньшева И.А., Шаламова Е.Ю.,
Погоньшев Д.А., Рагозина Э.Р., Постникова В.В.*

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕЛИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБРАЩАЕМОСТЬ В СЛУЖБУ «СКОРАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ» НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА

Abstract. The purpose of this study was to study the influence of the variability of weather and heliophysical factors on the appeal to the “Ambulance” service for different groups of nosologies in the population of the Russian North. Information about calls to the emergency medical service of Khanty-Mansiysk was obtained from the database of calls for the period from 2001 to 2021 by disease classes (ICD-10). To assess the dynamics of weather factors, data from the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information and materials from the weather station of Khanty-Mansiysk were used. The dynamics of air temperature; barometric pressure; relative humidity; baric trend; maximum wind speed; weight oxygen content in the air are analyzed. Data on the relative daily number of sunspots are obtained from the materials of the Royal Observatory of Belgium. The average daily values of the level of planetary geomagnetic activity, expressed by the Ap index, are copied from the website of the National Center for Geophysical Data of the USA (Boulder). Mathematical processing was carried out using wavelet analysis. The graph of temperature fluctuations for the period from 2001 to 2021 shows a significant circadian cyclicity and a semi-annual rhythm with a high level of trend. Significant rhythms of barometric pressure with a period of 5 years, 1 year and rhythms close to semi-annual, seasonal and near-monthly are observed. Humidity changes significantly in the circadian and intra-annual rhythms. The baric tendency has significant rhythms: 3 years, 1 year, 6, 3, 2 months. Changes in the maximum wind speed do not have a circadian rhythm, but intra-annual monthly variations are observed. The value of the weight oxygen content has circadian; two-year, five-year; two- and near-

Аннотация. Целью данного исследования явилось изучение влияния вариабельности погодных и гелиофизических факторов на обращаемость в службу «Скорой медицинской помощи» по разным группам нозологий населения российского Севера. Информация об обращениях в службу «Скорой медицинской помощи» г. Ханты-Мансийска получена из базы данных вызовов за период с 2001 по 2021 гг. по классам заболеваний (МКБ-10). Для оценки динамики погодных факторов использованы данные Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации и материалы метеостанции г. Ханты-Мансийска. Проанализирована динамика температуры воздуха; барометрического давления; относительной влажности; весового содержания кислорода в воздухе. Данные об относительном ежедневном числе солнечных пятен получены из материалов Королевской обсерватории Бельгии. Среднесуточные значения уровня планетарной геомагнитной активности, выраженные Ар-индексом, выкопированы с интернет-сайта Национального центра геофизических данных США (Боулдер). Математическая обработка проведена при помощи вейвлет анализа. График колебаний температуры за период с 2001 по 2021 годы показывает значимую окологодовую цикличность и полугодовой ритм с высоким уровнем тенденции. Наблюдаются значимые ритмы барометрического давления с периодом 5 лет, 1 год и ритмы, близкие к полугодовым, сезонным и околосезонным. Влажность значимо изменяется в окологодовом и внутригодовых ритмах. Величина весового содержания кислорода имеет окологодовую; двухлетний, пятилетний; двух- и околосезонный ритмы. Относительное число солнечных пятен (W) за период с 2001 по 2021 годы характеризуется пяти-, двухлетними и окологодовым ритмом. При

monthly rhythms. The relative number of sunspots (W) for the period from 2001 to 2021 is characterized by a five-, two-year and circadian rhythm. When considering the variations of the number W for the period from 1818 to 2017, in addition to the classic eleven-year, annual and near-monthly, rhythms with a period of 42.5 years, 18.1 years and 2.1 years are found. The index of planetary geomagnetic activity (A_p) has a rhythm with a period of 4 years, two-year and near-annual. The significance of all rhythms is $p=0.001$. When analyzing fluctuations in geomagnetic activity from 1932 to 2016, long-term rhythms are added: 35.00 years; 16.06 years; 10.88 years; semi-annual and three-month rhythms. Despite numerous hypotheses of the search for cosmobiological harmony in the form of “evolutionary synchronisms”, “rhythmic cascades”, “golden section”, the problem of the interaction of exogenous natural rhythms and endogenous rhythms of the human body remains largely unresolved. Comparison of the results of various studies is difficult due to methodological and mathematical approaches. With observation periods of 100-200 years or more, a long-period component is monitored, and in clinical studies (from a day to a week), short-period components are detected. Changing the background in the form of helioclimatic and social variations also does not add accuracy. The use of various methods of time series analysis involves obtaining information of different resolution levels (Fourier transform, SWANN, wavelet analysis). Nevertheless, the results obtained track the classical rhythms of solar and geomagnetic activity with periods of about eleven years, a year and a month. There is also a 35-year-old rhythm, a 42.5-year-old rhythm close to the 44.16-year rhythm identified by Bezrukova A.Ya., at 18.1 years (long-period components of the lunar tide) and other intra-annual rhythms with periods from two weeks to 9 months. The effect of helioclimatic factors on human health indicates the absence of constant coherence (in our case, the consistency of these processes over time, manifested when they are combined), due to the presence of a large number of mega- and mesorhythms, which is manifested by amplitude and phase desynchronization of heliogeophysical indicators and health status.

Keywords: rhythms of health disorders, variability of weather factors, solar and magnetic activity, northern region.

About authors: Ragozin Oleg Nikolaevich, ORCID: 0000-0002-5318-9623, SPIN-code: 7132-3844, D.Sc. (Medicine), Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia; oragozin@mail.ru; Pogonysheva Irina

рассмотрении вариаций числа W за период с 1818 по 2017 гг., кроме классических одиннадцатилетнего, годового и околomesячного, обнаруживаются ритмы с периодом: 42,5 года; 18,1 года и 2,1 года. Индекс планетарной геомагнитной активности (A_p) имеет ритм с периодом 4 года, двухлетний и окологодовой. Значимость всех ритмов $p=0,001$. При анализе колебаний геомагнитной активности с 1932 по 2016 годы добавляются многолетние ритмы: 35,00 лет; 16,06 года; 10,88 лет; полугодовой и трехмесячный ритмы. Несмотря на многочисленные гипотезы поиска космобиологической гармонии в виде «эволюционных синхронизмов», «ритмокаскадов», «золотого сечения», проблема взаимодействия экзогенных природных ритмов и эндогенных ритмов организма человека остается во многом нерешенной. Сопоставление результатов различных исследований затруднено, вследствие методологических и математических подходов. При периодах наблюдений 100-200 лет и более, отслеживается длиннопериодный компонент, а при клинических исследованиях (от суток до недели) выявляются короткопериодные составляющие. Изменение фона в виде гелиоклиматических и социальных вариаций также не добавляет точности. Применение различных методов анализа временных рядов предполагает получение информации различного уровня разрешения (преобразование Фурье, СВАН, вейвлет анализ). Тем не менее, в полученных результатах отслеживаются классические ритмы солнечной и геомагнитной активности с периодами около одиннадцати лет, года и месяца. Так же присутствуют 35-летний ритм, ритм в 42,5 года, близкий к ритму 44,16 года, выявленному Безруковой А.Я., в 18,1 года (долгопериодические компоненты лунного прилива) и другие внутригодовые ритмы с периодами от двух недель до 9 месяцев. Воздействие гелиоклиматических факторов на здоровье человека указывает на отсутствие постоянной когерентности (в нашем случае – согласованности этих процессов во времени, проявляющаяся при их сложении), ввиду наличия большого количества мега- и мезоритмов, что проявляется амплитудной и фазовой десинхронизацией гелиогеофизических показателей и состояния здоровья.

Ключевые слова: ритмы нарушений здоровья, вариабельность погодных факторов, солнечная и магнитная активность, северный регион.

Сведения об авторах: Рагозин Олег Николаевич, ORCID: 0000-0002-5318-9623, SPIN-код: 7132-3844, д-р мед. наук, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия, oragozin@mail.ru; Погоньшева Ирина Александровна, ORCID: 0000-0002-5759-0270, SPIN-код: 6095-8392, канд. биол. наук,

Alexandrovna, ORCID: 0000-0002-5759-0270, SPIN-code: 6095-8392, Ph.D., Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia; email: severina.i@bk.ru; Shalamova Elena Yurievna, ORCID: 0000-0001-5201-4496, SPIN code: 8125-9359, Dr. habil., Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia; selenzik@mail.ru; Pogonyshev Denis Alexandrovich, ORCID: 0000-0001-8815-1556, SPIN-code: 1179-9674, Ph.D., Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, dapogonyshev@nvsu.ru; Ragozina Elina Razifovna, ORCID: 0000-0002-4874-5074, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia, elinka1000@yandex.ru; Postnikova Victoria Vladimirovna, SPIN-code: 2372-6621, Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, missmadcon@mail.ru

Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, severina.i@bk.ru; Шаламова Елена Юрьевна, ORCID: 0000-0001-5201-4496, SPIN-код: 8125-9359, д-р биол. наук, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия, selenzik@mail.ru; Погонишев Денис Александрович, ORCID: 0000-0001-8815-1556, SPIN-код: 1179-9674, канд. биол. наук, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, dapogonyshev@nvsu.ru; Рагозина Элина Разифовна, ORCID: 0000-0002-4874-5074, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия, elinka1000@yandex.ru; Постникова Виктория Владимировна, SPIN-код: 2372-6621, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, missmadcon@mail.ru

Ragozin O.N., Pogonysheva I.A., Shalamova E.Yu., Pogonyshev D.A., Ragozina E.R., Postnikova V.V. Variability of Helioclimate Factors and Applicability to the Emergency Service Population of the Northern // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 89-97. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/09>

Ragozin, O.N., Pogonysheva, I.A., Shalamova, E.Yu., Pogonyshev, D.A., Ragozina, E.R., & Postnikova, V.V. (2022). Variability of Helioclimate Factors and Applicability to the Emergency Service Population of the Northern Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 89-97. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/09>

Introduction. Heliogeophysical and climatic factors quite seriously affect human health [19; 22; 26]. Meteotropic reactions are observed in diseases of the heart, blood vessels, bronchi and lungs, digestive organs, joints, skin, nervous and mental pathologies [16; 23; 27].

In the northern region, conditions are created for the disruption of the temporal organization of the psychological and physiological functions of the body, due to climatic and geographical features and the characteristic heliophysical status of the circumpolar regions [8; 11; 12; 18]. The *human organism* is constantly in a state of mismatch in the phase of its own endogenous rhythms and fluctuations of helioclimate factors [6; 10], which can lead to the development of various pathologies [7; 20; 25].

Purpose of the research is studying the influence of the variability of weather and heliophysical factors on the ambulance service appeals for different groups of nosologies in the population of the Russian North.

Objects and methods of research. Information about the ambulance service appeals in Khanty-Mansiysk was obtained from the electronic database of calls for the period from 2001 to 2021, on average per day by class, in accordance with ICD-10 (<https://clck.ru/32oJRk>): Certain infectious and parasitic diseases (AB); Neoplasms (CD); *Endocrine diseases* (E); Mental and behavioural disorders (F); Diseases of the nervous system (G); Diseases of the circulatory system (I); Diseases of the respiratory system (J); Diseases of the digestive system (K); Diseases of the

musculoskeletal system (M); Diseases of the genitourinary system (N); Pregnancy, childbirth and the puerperium (O); Injuries (ST). The length of the time series is 7665 measurements.

To assess the dynamics of weather factors, long-term meteorological data of the All-Russia Research Institute of Hydrometeorological Information were used – World Data Center (ARRIHI – WDC) (<http://meteo.ru>). The observation period was from 2001 to 2021. The dynamics of the following parameters was analyzed: ambient air temperature (°C); barometric pressure (kPa); relative humidity (%); partial pressure of oxygen in the air (g/m³). The partial pressure of oxygen in the air is directly proportional to atmospheric pressure minus the partial pressure of water vapor and inversely proportional to air temperature: $O_2 \text{ (g/m}^3\text{)} = 83 * (P - e) / T$, where P and e in kPa, T in °K, another definition – partial density, which correlates with the partial pressure of oxygen in the inhaled and alveolar air, depending on the physical characteristics [15].

Data on the relative daily number of sunspots (Wolf number – W) were obtained from the materials of the Royal Observatory of Belgium (Brussels) [33]. To track the short period component of rhythms and possible correlation with weather data and chronopathology rhythms, the period from 2001 to 2021 was analyzed. To analyze the long-period component, we analyzed a time series consisting of 72635 observations for the period from 1818 to 2017 (199 years).

The daily average values of the level of planetary geomagnetic activity, expressed by the Ap-index, were copied from the Internet site of the US National Geophysical Data Center (Boulder) (<http://www.sidc.be/silso/datafiles>).

The period from 2001 to 2021 was analyzed to track the short period component of rhythms and possible correlation with weather data and chronopathology rhythms. To analyze the long-period component, a time series consisting of 31025 observations was used for the period from 1932 to 2017 (85 years).

Statistical data processing. To test the assumption about the presence of many cyclical parameters of contacting the emergency medical service, weather factors, and heliogeophysical indicators, a program was used using wavelet analysis to identify the rhythms of the estimated indicators and evaluate their correlation [17]. Wavelet is a mathematical function that allows you to analyze various frequency components of data [9; 13; 14]. Based on the results of the wavelet transform, we can judge how the spectral composition of the time series changes over time. The statistical significance of the rhythms was assessed by multiple (5000) random permutation of the levels of the initial time series. The reduced p shows the proportion of cases when the energy of the selected frequency component in the original series exceeded the corresponding energy in a random permutation.

Results. The graph of the initial series of temperature fluctuations for the described period from 2001 to 2021 (tabl. 1) shows a significant ($p=0.0001$) annual cycle with a high rhythm amplitude and a semi-annual rhythm with a high trend level ($p=0.065$). Intra-annual seasonal (period of 96.6 days) and lunar (period of 23.7 days) are present, but unreliable. In decreasing power, rhythms of barometric pressure are observed with a period of 5 years, 1 year, and rhythms close to semi-annual, seasonal and circa-monthly: 173.4 days; 109.3 days; 37.2 days, with the significance of the detected rhythms ($p=0.001$). The value of humidity regularly changes in the circumannal rhythm (395.6 days), the

intra-annual dynamics is as follows; 6, 4 and 2 months. All rhythms are significant ($p=0.001$). The value of the partial pressure of oxygen, being calculated, retains the main rhythm of such components of the formula as temperature, barometric pressure and humidity, namely: circannual ($p=0.001$); two years ($p=0.001$), five years ($p=0.042$); two- ($p=0.001$) and about-monthly ($p=0.002$) rhythms. Rhythms are arranged in descending order of power.

The relative number of sunspots (W) for the described period from 2001 to 2021 (tabl. 2) changes with the following pattern. The most stable and powerful is the rhythm with a period of 5 years ($p=0.001$), followed by two-year and circannual rhythms. The following low-amplitude components reveal a rhythm with periods of 9, 4 months and circa-monthly rhythms.

When considering the variations in the number W for the period from 1818 to 2017, wavelet analysis shows, in addition to the classic eleven-year, annual and circa-monthly, rhythms with a period of: 42.51 years; 18.10 years and 2.14 years.

Table 1

Consistency of fluctuations in weather factors and calls to the EMS by groups of diseases of the population of Khanty-Mansiysk for the period from 2001 to 2021

Weather factors	Period of rhythms										
	6 years	5 years	3 years	2 years	1 year	6 months	4 months	3 months	2 months	1 month	3 weeks
	Groups of diseases										
T					AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O	AB; G; I		AB; J; N		E; F	
P	G; N				AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O	AB; G; I	G; M			E; F	
RH					AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O	AB; G; I	G; M		AB; CD; F; G; N		
P _{O2}		CD; F; I; M; O; ST		AB; E; I; J; M; O; ST	AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O				AB; CD; F; G; N	E; F	

When conducting a wavelet analysis of the index of planetary geomagnetic activity (Ap), attention is drawn to a larger number of significant rhythms (tabl. 2), which can be explained by the sum of the effects of various sources, which are complex systems of currents flowing in the ionosphere and in the Earth's magnetosphere.

Table 2

Consistency of fluctuations in heliomagnetic activity and calls to the EMS by groups of diseases of the population of Khanty-Mansiysk for the period from 2001 to 2021

Solar and magnetic activity	Period of rhythms										
	5 years	4 years	2 years	1 year	9 months	6 months	4 months	3 months	2 months	1 month	2 weeks
	Groups of diseases										
W	CD; F; I; M; O; ST		AB; E; I; J; M; O; ST	AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O	N; ST		G; M			E; F	
Ap		AB; G	AB; E; I; J; M; O; ST	AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O		AB; G; I		AB; J; N	AB; CD; F; G; N	E; F	CD; M

The most powerful is the rhythm with a period of 4 years, the next multi-year, two-year and circannual. Intra-annual cycles: six-, three-, two- and circa-monthly. Significance of all rhythms is $p=0.001$.

When analyzing fluctuations in geomagnetic activity over a longer time interval (from 1932 to 2016), multi-year rhythms are added: 35.00 years; 16.06 years; 10.88 years; semi-annual and three-monthly rhythms.

Discussion. If we take a mechanistic approach to the influence of heliophysical and weather factors on biosystems, then there are coincidences in the periods of parameters of solar, magnetic activity, weather factors, the occurrence and exacerbation of diseases of various groups (tabl. 1 and 2). The annual rhythm W coincides with the frequency of calls to the EMS by groups of diseases: AB; CD; F; G; I; J; K; M; N; O, and the period of rotation of the Sun – with exacerbations of groups of diseases E; F; fluctuations of Ap are similar with the indicated groups of diseases and most weather factors.

Synchronicity is also observed in rhythms with periods of 5 years (secondary geophysical rhythm) and 2 years, and the injury rate is added, as well as intra-annual rhythmic activity with periods of 9 and 4 months. Coincidences in the two-year rhythm are also observed with the Ap index (groups of diseases AB; E; I; J; M; O; ST), but geomagnetic activity also has a four-year rhythm (synchronized with AB; G) and intra-annual low-amplitude rhythms (six-, three-, two-month and two-week), nevertheless coinciding with the rhythms of fluctuations of exacerbations of pathology in groups AB; G; I; CD; J; F; M; N.

The correlation analysis between the time series of appeals for diseases, weather factors, solar and geomagnetic activity did not show significant relationships, which is quite natural, given the polycyclic nature of the analyzed parameters, and is confirmed by the dynamics of the in-phase index. That is, despite the high index of synchronicity, there is a change in the phase difference of the analyzed pairwise time series.

Conclusion. Despite the numerous hypotheses of the search for cosmobiological harmony in the form of “evolutionary synchronisms”, “rhythm cascades” [2; 3], “golden section” [4; 28], the problem of interaction between exogenous natural rhythms and endogenous rhythms of the human body remains largely unresolved [23; 24]. Comparison of the results of various studies is difficult due to methodological and mathematical approaches. With observation periods of 100-200 years or more, a long-period component is monitored, and in clinical studies (from a day to a week), short-period components are detected. Changing the background in the form of helioclimatic and social variations also does not add accuracy. The use of various methods for analyzing time series involves obtaining information of various levels of resolution (Fourier transform, STAN, wavelet analysis). Nevertheless, the results obtained trace the classical rhythms of solar and geomagnetic activity with periods of about eleven years, a year, and a month. There is also a 35-year rhythm, a rhythm of 42.51 years, close to the rhythm of 44.16 years, identified by A.Ya. Bezrukova [1], at 18.1 years (long-period components of the lunar tide) and other intra-annual rhythms with periods from two weeks to 9 months [5]. It is shown that the impact of helioclimatic factors on human health indicates the absence of constant coherence (in our case, the consistency (correlation) of these processes in time,

which manifests itself when they are added), due to the presence of a large number of mega- and meso-rhythms, which is manifested by amplitude and phase desynchronization of heliogeophysical indicators and health status.

The authors declare no conflict of interest.

“The study was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation and the Government of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra No. 22-15-20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023>”

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Правительства ХМАО-Югры № 22-15-20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023>»

REFERENCES

1. Bezrukova, A.Ya. (1950). Kharakter tsirkulyatsii zemnoi atmosfery i solnechnaya aktivnost'. *Byulleten' komissii po issledovaniyu Solntsa*, (5-6), 12–18. (In Russ).
2. Budanov, V.G. (1996). Printsipy garmonii kak evolyutsionnye sinkhronizmy nachala demistifikatsii. In *Matematika i iskusstvo: Trudy mezhdunarodnoi konferentsii*, Suzdal', 23-27. (In Russ).
3. Budanov, V.G. (1998). Vremennaya fraktal'nost' v zadachakh s prioritetami. Ritmokaskady ierarkhicheskikh sistem. In *Problemy teoreticheskoi biofiziki. Mezhdunarodnaya shkola MGU*. (In Russ).
4. Butusov, K.P. (1978). Zolotoe sechenie v Solnechnoi sisteme. *Astrometriya i nebesnaya mekhanika. Ser. Problemy issledovaniya Vselennoi*, 7, 475–500. (In Russ).
5. Vladimirskii, B.M., Temur'yants, N.A., & Martynyuk, V.S. (2004). Kosmicheskaya pogoda i nasha zhizn'. Moscow. (In Russ).
6. Gorokhova, S.G., At'kov, O.Yu., Serikov, V.V., Muraseeva, E.V., & Pfaf, V.F. (2018). Bimodal'nyi khronotip u robotayushchikh s nochnymi smenami. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*, (12), 59-63. (In Russ).
7. Gubin, D.G. (2015). Okolonedel'nye (tsirkaseptannye) ritmy v fiziologii (obzor). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, (1(8)), 1268–1272. (In Russ).
8. Degteva, G.N. (2004). Sostoyanie sistemy krasnoi krovi pri ekspeditsionnom rezhime truda v Zapolyar'e: metodicheskie rekomendatsii. Arkhangelsk. (In Russ).
9. D'yakonov, V.P. (2004). Veivlety. Ot teorii k praktike. Moscow. (In Russ).
10. Zaripov, A.A., Yanovich, K.V., Potapov, R.V., & Kornilova, A.A. (2015). Sovremennye predstavleniya o desinkhronoze. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (3), 176-176. (In Russ).
11. Zenina, O.Yu. (2017). Khronofiziologiya i khronopatologiyaserdechno-sosudistoi sistemy (obzor literatury). *Ekologiya cheloveka*, (1), 25-33. (In Russ).
12. Karpin, V.A. (2018). Analiz vliyaniya geliogeomagnitnykh anomalii na zhitelei severnoi urbanizirovannoi territorii. *Ekologiya cheloveka*, (11), 10–15. (In Russ).
13. Malla, S. (2005). Veivlety v obrabotke signalov. Moscow. (In Russ).
14. Nagornov, O.V. (2010). Veivlet-analiz v primerakh. Moscow. (In Russ).
15. Ovcharova, V.F. (1981). Opredelenie sodержaniya kisloroda v atmosfernom vozdukh na osnove meteorologicheskikh parametrov (davleniya, temperatury, vlazhnosti) s tsel'yu prognozirovaniya gipoksicheskogo effekta atmosfery. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizkul'tury*, (2), 29–34. (In Russ).
16. Orlova, K.N., Shafranova, L.N., & Bol'shanin, V.Yu. (2014). Vliyanie solnechnoi aktivnosti pri smene magnitnykh polyusov na magnitnoe pole Zemli. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, (11-5), 863-863. (In Russ).
17. Ragozin, O.N. (2014). Programma issledovaniya biologicheskikh ritmov metodom veivlet-analiza. Svidetel'stvo o gos. Registratsii programmy dlya EVM № 2014611398, data gos. Registratsii v Reestre programm dlya EVM 03 fevralya 2014 g. (In Russ).
18. Radysh, I.V., Ragozin, O.N., & Shalamova, E.Yu. (2016). Bioritmy, kachestvo zhizni i zdorov'e. Moscow. (In Russ).

19. Revich, B.A., Khar'kova, T.L., & Kvasha, E.A. (2016). Demograficheskie protsessy, dinamika trudovykh protsessov i riski zdorov'yu naseleniya Evropeiskoi chasti arkticheskoi zony Rossii. Moscow. (In Russ).
20. Saltykova, M.M. (2018). Vliyanie pogody na patsientov s boleznyami sistemy krovoobrashcheniya: glavnye napravleniya issledovaniy i osnovnye problemy. *Ekologiya cheloveka*, (6), 43–51. (In Russ).
21. Frolov, V.A. (2016). Obshchaya patofiziologiya. Moscow. (In Russ).
22. Tsandekov, P.A. (2017). Zavisimost' psikhootsional'nogo sostoyaniya i fiziologicheskikh sistem organizma ot solnechnoi aktivnosti. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Ser. Pedagogika. Psikhologiya*, (1(7)), 169–174. (In Russ).
23. Tsetlin, V.V., & Aptikaeva, O.I. (2013). Ritmy prirodnykh protsessov v variatsiyakh elektricheskikh tokov v mezhelektroдном promezhutke. *Prostranstvo i Vremya: al'manakh*, 3(2), 9–11. (In Russ).
24. Chernykh, D.A., & Taseiko, O.V. (2017). Otsenka riska ot temperaturnykh voln, vliyayushchikh na povyshenie urovnya smertnosti naseleniya g. Krasnoyarska. In *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики*, 2, 678–680. (In Russ).
25. Chibisov, S.M., Katinas, G.S., & Ragul'skaya, M.V. (2013). Bioritmy i kosmos: monitoring kosmobiotsfernykh svyazei. Moscow. (In Russ).
26. Chizhevskii, A.L. (1995). Kosmicheskii pul's zhizni: Zemlya v ob'yatiyakh solntsa. Geliotaraksiya. Moscow. (In Russ).
27. Shevelev, I.Sh., Marutaev, M.A., & Shmelev, I.P. (1990). Zolotoe sechenie. Tri vzglyada na prirodu garmonii. Moscow. (In Russ).
30. Danilenko, K. V., Kobelev, E., Semenova, E. A., & Aftanas, L. I. (2019). Summer-winter difference in 24-h melatonin rhythms in subjects on a 5-workdays schedule in Siberia without daylight saving time transitions. *Physiology & behavior*, 212, 112686. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112686>

ЛИТЕРАТУРА

1. Безрукова А.Я. Характер циркуляции земной атмосферы и солнечная активность // Бюллетень комиссии по исследованию Солнца. 1950. №5-6. С. 12–18.
2. Буданов В.Г. Принципы гармонии как эволюционные синхронизмы начала демистификации // Математика и искусство: Труды международной конференции. Суздаль. 1996. С. 23-27.
3. Буданов В.Г. Временная фрактальность в задачах с приоритетами. Ритмокаскады иерархических систем // Проблемы теоретической биофизики. Международная школа МГУ. 1998.
4. Бутусов К.П. Золотое сечение в Солнечной системе // Астрометрия и небесная механика. Сер. Проблемы исследования Вселенной. 1978. Вып. 7. С. 475–500.
5. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. Космическая погода и наша жизнь. М.: Век 2, 2004. 224 с.
6. Горохова С.Г., Атьков О.Ю., Сериков В.В., Мурасеева Е.В., Пфаф В.Ф. Бимодальный хронотип у работающих с ночными сменами // Медицина труда и промышленная экология. 2018. №12. С. 59-63.
7. Губин Д.Г. Околонеделные (циркасеитанные) ритмы в физиологии (обзор) // Успехи современного естествознания. 2015. №1(8). С. 1268–1272.
8. Дегтева Г.Н. Состояние системы красной крови при экспедиционном режиме труда в Заполярье: методические рекомендации. Архангельск: СГМУ, 2004. 13 с.
9. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 440 с.
10. Зарипов А.А., Янович К.В., Потапов Р.В., Корнилова А.А. Современные представления о десинхронозе // Современные проблемы науки и образования. 2015. №3. С. 176-176.
11. Зенина О.Ю. Хронофизиология и хронопатология сердечно-сосудистой системы (обзор литературы) // Экология человека. 2017. №1. С. 25-33.
12. Карпин В.А. Анализ влияния гелиогеомагнитных аномалий на жителей северной урбанизированной территории // Экология человека. 2018. №11. С. 10–15.
13. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005. 672 с.
14. Нагорнов О.В. Вейвлет-анализ в примерах. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 120 с.
15. Овчарова В.Ф. Определение содержания кислорода в атмосферном воздухе на основе метеорологических параметров (давления, температуры, влажности) с целью прогнозирования гипоксического эффекта атмосферы // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 1981. №2. С. 29–34.
16. Орлова К.Н., Шафранова Л.Н., Большанин В.Ю. Влияние солнечной активности при смене магнитных полюсов на магнитное поле Земли // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №11-5. С. 863-863.

17. Рагозин О.Н. Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014611398, дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 03 февраля 2014 г.
18. Радыш И.В., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Биоритмы, качество жизни и здоровье. М.: РУДН, 2016. 458 с.
19. Ревич Б.А., Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Демографические процессы, динамика трудовых процессов и риски здоровью населения Европейской части арктической зоны России. М.: ЛЕНАНД, 2016. 304 с.
20. Салтыкова М.М. Влияние погоды на пациентов с болезнями системы кровообращения: главные направления исследований и основные проблемы // Экология человека. 2018. №6. С. 43–51.
21. Фролов В.А. Общая патофизиология. М.: Практическая медицина, 2016.
22. Цандеков П.А. Зависимость психоэмоционального состояния и физиологических систем организма от солнечной активности // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Сер. Педагогика. Психология. 2017. №1(7). С. 169–174.
23. Цетлин В.В., Аптикаева О.И. Ритмы природных процессов в вариациях электрических токов в межэлектродном промежутке // Пространство и Время: альманах. 2013. Т. 3. Вып. 2. С. 9–11.
24. Черных Д.А., Тасейко О.В. Оценка риска от температурных волн, влияющих на повышение уровня смертности населения г. Красноярска // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. Т. 2. С. 678–680.
25. Чибисов С.М., Катинас Г.С., Рагульская М.В. Биоритмы и космос: мониторинг космобиосферных связей. М., 2013. 442 с.
26. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях солнца. Гелиотараксия. М., 1995. 768 с.
27. Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П. Золотое сечение. Три взгляда на природу гармонии. М.: Стройиздат, 1990. 342 с.
28. Danilenko K.V., Kobelev E., Semenova E.A., Aftanas L.I. Summer-winter difference in 24-h melatonin rhythms in subjects on a 5-workdays schedule in Siberia without daylight saving time transitions // Physiology & behavior. 2019. Vol. 212. P. 112686. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112686>

Дата поступления: 25.06.2022

Дата принятия: 08.09.2022

© Ragozin O.N., Pogonysheva I.A., Shalamova E.Yu.,
Pogonyshev D.A., Ragozina E.R., Postnikova V.V., 2022

УДК 616.36–006:616.995.122.21

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/10>

Фёдоров Н.М., Рыбка А.Г.

**ФАКТОРЫ РИСКА ХОЛАНГИОКАНЦЕРОГЕНЕЗА ПРИ ПАРАЗИТИРОВАНИИ
В ОРГАНИЗМЕ ПРИРОДНО-ОЧАГОВОГО
ЭКОПАТОГЕНА – ГЕЛЬМИНТА *Opisthorchis felineus***

Fedorov N.M., Rybka A.G.

**RISK FACTORS OF CHOLANGIOCARCINOGENESIS IN
PARASITIZATION OF A NATURAL FOCAL ECOPATHOGEN
HELMINTH *Opisthorchis felineus***

Аннотация. Эпидемиологические исследования, проведенные профессором А.А. Шайном в Обь-Иртышском бассейне Тюменского региона, позволили рассматривать хронический описторхоз как факультативный предрак печени и разработать оригинальную концепцию холангиоканцерогенеза на фоне длительной инвазии трематодой *Opisthorchis felineus* гепатобилиарной системы организма. Согласно данной концепции иницирующая роль в трансформации холангиоцитов принадлежит эндогенным факторам – вторичным желчным кислотам, обладающих мутагенными/канцерогенными свойствами, образование которых опосредуется сопутствующей гельминтозу экзогенной кишечной микрофлорой в желчи внутрипеченочных протоков. Полученные данные подтвердили содержание в протоковой желчи больных хроническим описторхозом эндогенных канцерогенных факторов – вторичных желчных кислот. Холестаз, обусловленный длительным паразитированием гельминта *Opisthorchis felineus* в гепатобилиарной системе организма, опосредует у хозяина формирование промоторных факторов, способствующих прогрессии холангиокарциномы. К ним относятся: высокая концентрация в протоковой желчи желчных кислот, продуктов жизнедеятельности гельминтов и перекисного окисления липидов мембран соматических клеток. Промоторными факторами холангиоканцерогенеза также является – нарушение структуры мембран холангиоцитов, тканевой регуляции их регенерации, репарации ДНК, антитуморогенной защиты организма. Результаты исследования подтверждают концепцию возникновения и развития процесса холангиоканцерогенеза при хронической описторхозной инвазии, предложенную профессором А.А. Шайном и позволяют обоснованно разработать подходы к коррекции систем регуляции гомеостаза организма при указанном гельминтозе. Что также детерминирует вторичную профилактику злокачественного процесса в протоковом эпителии гепатобилиарной системы в постгельминтный период.

Ключевые слова: хронический описторхоз, холестаз, желчные кислоты, мутагенные/канцерогенные

Abstract. Epidemiological researches, carried out by professor A.A. Shain in Ob-Irtysh basin of Tyumen region, have allowed to consider chronic opisthorchiasis as facultative liver precancer and develop the original concept of cholangiocarcinogenesis on the background of long-term invasion by trematode *Opisthorchis felineus* of hepatobiliary system of the body. According to this concept, the initiating role in cholangiocyte transformation belongs to endogenous factors – secondary bile acids, having mutagenic/carcinogenic properties, which formation is mediated by helminthosis-related exogenous intestinal microflora in intrahepatic bile ducts. Obtained data confirmed content of endogenous carcinogenic factors – secondary bile acids in duct bile of chronic opisthorchosis patients. Cholestasis, caused by long-term parasitization of helminth *Opisthorchis felineus* in hepatobiliary system of the body, mediates formation of the host promoter factors, contributing to cholangiocarcinoma progression. These include: high concentration in duct bile of bile acids, products of helminths activity and lipid peroxidation of somatic cell membranes. Promoter factors of cholangiocarcinogenesis are also – disorders of cholangiocyte membranes structure, tissue regulation of their regeneration, DNA repair and anti-tumorigenic protection of the body. The results of the study confirm the concept of occurrence and development of the process of cholangiocarcinogenesis in chronic opisthorchosis infestation, proposed by Professor A.A. Shain and allow to reasonably develop approaches to the correction of homeostasis regulation systems of the organism in the specified helminthiasis. Which also determines the secondary prevention of malignant process in ductal epithelium of hepatobiliary system in posthelminthic period.

Keywords: chronic opisthorchiasis, cholestasis, bile acids, mutagenic/carcinogenic properties,

свойства, холангиоканцерогенез, пролиферативная активность, антитуморогенная защита организма, регуляция гомеостаза организма.

Сведения об авторах: Фёдоров Николай Михайлович, ORCID: 0000-0003-1833-1687, канд. мед. наук, Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, Россия, FNM1948@mail.ru; Рыбка Ангелина Григорьевна, ORCID: 0000-0002-1692-3825, канд. биол. наук, Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, Россия, fond.quality.life@rambler.ru

cholangiocarcinogenesis, proliferative activity, antitumorigenic protection of organism, regulation of organism homeostasis.

About the authors: Nikolay Mikhailovich Fedorov, ORCID: 0000-0003-1833-1687, Ph.D., Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, FNM1948@mail.ru; Angelina Grigoryevna Rybka, ORCID: 0000-0002-1692-3825, Ph.D., Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, fond.quality.life@rambler.ru

Фёдоров Н.М., Рыбка А.Г. Факторы риска холангиоканцерогенеза при паразитировании в организме природно-очагового экпатогена – гельминта *Opisthorchis felinus* // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 98-112. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/10>

Fedoro, N.M., & Rybka, A.G. (2022). Risk Factors of Cholangiocarcinogenesis in Parasitization of a Natural Focal Ecopathogen Helminth *Opisthorchis felinus*. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 98-112. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/10>

Введение. Статья посвящается 90-летию со дня рождения Айзика Абрамовича Шайна, член – корреспондента РАЕН, доктора медицинских наук, профессора, заслуженного врача Российской Федерации, заведующего кафедрой онкологии Тюменского государственного медицинского университета Минздрава России (1975-2008), памяти прекрасного человека, замечательного педагога и блестящего учёного.

Исследования, выполненные профессором А.А. Шайном в области эпидемиологии в Тюменской области, гиперэндемичной по паразитированию в гепатобилиарной системе организма человека трематоды *Opisthorchis felinus*, показали прямую корреляцию развития первичного холангиоцеллюлярного рака печени (ПХЦРП) на фоне хронической инвазии данным гельминтом. Установленная закономерность явилась основанием отнести хронический описторхоз (ХО) к факультативному предраку печени. Паразитирование в желчных протоках гельминта *Opisthorchis felinus* опосредует активацию пролиферации холангиоцитов и аденоматозные разрастания эпителия [20].

Вышеуказанная закономерность была подтверждена и морфологическими исследованиями [3], однако из них не следует информация о иницирующих и промоторных факторах холангиоканцерогенеза.

В настоящее время многие авторы считают, что ХО обуславливает возникновение и развитие карциномы в эпителиальной ткани желчных протоков [2; 17; 28]. Почему этот гельминтоз человека оказался предраковым заболеванием? Установлено, что при описторхозе сами паразиты не индуцируют злокачественную трансформацию клеток и непосредственно не включаются в бластоматозный процесс. Исследователи полагают, что жизнедеятельность паразитов в организме приводит к нарушению его гомеостаза, в том числе к снижению антитуморогенной защиты [10; 12; 17; 19]. Кроме того, дегельминтизация не может быть признана как метод восстановления функций систем организма и профилактики холангиоканцерогенеза. Это обусловлено тем, что структурные и функциональные изменения, возникшие в организме при ХО, после лечения современными антигельминтными

препаратами длительное время не восстанавливается и многие патологические состояния остаются хроническими [15]. Разработка патогенетически обоснованных подходов к методам коррекции процессов регуляции гомеостаза организма и вторичной профилактики холангиокарцином (ХК) в постгельминтный период требует знания факторов риска и механизмов холангиоканцерогенеза.

По вопросу о механизме возникновения и развития холангиоцеллюлярной бластомы при длительном паразитировании в организме описторхов имеется несколько точек зрения. Экспериментальный морфогенез ХК, инициированный на модели суперинвазированного описторхоза у хомяков бензпиреном (БП) с вирусом герпеса второго типа (ВПГ-2) [9] и диметилнитрозоамином (ДМНА) [3; 30] – не позволяет установить механизм холангиоканцерогенеза, т.к. наличие указанных экзогенных канцерогенов и микроорганизмов в гепатобилиарной системе больных ХО авторами не установлено.

Согласно концепции, предложенной А.А. Шайном в 1983 г. [20], инициирующим фактором холангиоканцерогенеза могут быть эндогенные вещества – вторичные желчные кислоты (ВЖК), образующиеся в протоковой желчи в результате метаболических процессов, осуществляемых экзогенной кишечной микрофлорой, сопутствующей паразитированию гельминта в гепатобилиарной системе. Желчестаз, интенсивная регенеративная пролиферация протокового эпителия, дисбаланс иммунобиологической реактивности и другие эпигенетические факторы являются промоторами злокачественного процесса.

Различные точки зрения о механизмах трансформации холангиоцитов при хроническом трематодозе *Opisthorhis felinus* и отсутствие научных публикаций по изучению биологического воздействия эндогенных факторов желчи на структуры холангиоцитов, в т. ч. генетические, явилось основанием для выполнения фундаментальных работ по выявлению факторов риска холангиоцеллюлярного рака печени. Для этих целей на кафедре онкологии было создано многопрофильное лабораторное подразделение исследования механизмов канцерогенеза.

Цель исследования: выявление в протоковой желчи инвазированных гельминтом *Opisthorhis felinus* организмов эндогенных веществ – вторичных желчных кислот (ВЖК), обладающих мутагенными (канцерогенными) свойствами и определение факторов, детерминирующих холангиоканцерогенез. На основании полученных результатов теоретически обосновать концепцию холангиоканцерогенеза на фоне ХО, предложенную А.А. Шайном и разработать методологию вторичной профилактики холангиокарцином.

Материалы и методы. Научно-исследовательские работы произведены на базе кафедры онкологии Тюменского ГМУ МР (лаборатория канцерогенеза). Образцы крови и желчи больных ХО (102 пациента) любезно были предоставлены: НИИКИП, г. Тюмень; поликлиникой ГТГ, г. Тюмень; поликлиникой НГДУ, г. Сургут. Работы в области микробиологии выполнены в микробиологической лаборатории Роспотребнадзора по Тюменской области.

Объектами настоящего исследования являются: образцы крови и желчи больных ХО (в т. ч. группы сравнения/ГС); штаммы бактерий из протоковой желчи больных ХО; инбредные

мышь; культуры: метацеркариев, описторхов, спленоцитов, фибробластов, опухолевых перевивных штаммов, клеток-мишеней для иммунологических тестов, бактерий ТА 100 и ТА 98, *Drosophila melanogaster*. Эвтаназия мышей осуществлялась способом цервикальной дислокации.

Содержание суммы желчных кислот (ЖК) определяли с помощью спектрофотометра (СФ-46) с использованием длины волны 347 нм. Для изучения состава ЖК применяли технологию тонкослойной хроматографии на пластинах “Silufol-154” (Чехословакия).

Диеновые конъюгаты (ДК) тестировали методом спектрофотометрии (хлороформный экстракт): ультрафиолетовая область спектра с длиной волны 232 нм.

Уровень малонового диальдегида (МДА) выявляли на ФЭК (с использованием тиабарбитуратовой кислоты и применением тритона X-100) при длине волны 532 нм по оптической плотности.

Воздействие желчи на процессы перекисидации липидов (ПОЛ) исследовали на культуре эмбриональных фибробластов (ФБ). В суспензию ФБ объёмом 2 мл (750 тыс./мл) вносили по 0,2 мл желчи (разведение 1/10000), в контрольные пробы – 0,2 мл физраствора. В супернатантах культур, спустя 48-72 час, тестировали содержание МДА.

Для изучения влияния стандартных желчных кислот (СЖК), холевой (Х) и дезоксихолевой (ДХ), на процессы ПОЛ цитомембран использовали первичную культуру спленоцитов инбредных мышей. Испытуемый раствор СЖК готовили на 5% растворе диметилсульфоксида (ДМСО) в 0,9% растворе NaCl. Пробы СЖК в дозе 50, 100, 200 мг в 0,1 мл рабочего раствора приливали к 1 мл суспензии клеток (2×10^6). В контрольные культуры добавляли 0,1 мл физраствора.

Содержание церулоплазмينا (ЦП) тестировали на основе окисления п – фенилендиамина при участии ЦП. Пробы колориметрировали при длине волны 530 нм.

На мышцах линий СВА/Лас и DBA/2 (Y) с инвазией *Opisthorchis felineus* (4-8 мес.) определяли функциональную активность монооксидазной системы (МОС) печени по продолжительности барбитуратового сна.

На культуре эмбриональных ФБ человека и клеток селезёнки линейных мышей in vitro тестировали проницаемость цитомембран по накоплению H^3 – тимидина в клеточной цитоплазме с применением радиометрии (жидкий сцинтиллятор, имп/мин).

Изучение индукции дефектов ДНК желчью (повреждение, разрывы) на модели СК асцитной S-37 осуществляли методом седиментации в линейном градиенте плотности (содержание ДНК с наибольшим молекулярным весом в различных фракциях). Активность РС ДНК исследовали на этой же тест-системе с использованием оксимочевина (ОМ). Синтез ДНК определяли по включению H^3 -тимидина в генетический аппарат клеток.

Исследование мутагенных свойств ЖК и желчи осуществляли экспресс-методами: тест Эймса с использованием двух штаммов – *Salmonella tiphimurium* ТА 100 и ТА 98; тест на личинках F1 Y+/+WSn *Drosophila melanogaster*.

Воздействие метаболитов метацеркариев и описторхов на ткани организма, в том числе на пролиферативные процессы, изучали при культивировании их в диффузионных камерах *in vivo* внутрибрюшинно (в/б) на инбредных мышах.

Пролиферативная активность (ПА) клеток (нормальных и опухолевых, также при тестировании кейлонов с использованием частичной резекции печени), исследовалась по включению H^3 -тимидина в ДНК путём радиометрии (жидкий сцинтиллятор, β -счетчик) и авторадиографии.

Используемые для тестирования ПА сингенные солидные опухолевые штаммы, перевивные *in vivo* на инбредных мышах: рак шейки матки -5 (РШМ-5), карцинома толстой кишки (АКАТОЛ).

Технология получения и исследования тканеспецифической кейлонсодержащей фракции на инбредных мышах нами описана ранее [17].

Методы выделения метацеркариев из рыбы и инвазия ими инбредных мышей, методы экспериментальной иммунологии *in vivo* и *in vitro* – функциональная активность НК, Т-к, неспецифических/специфических супрессоров, количество АОК в селезёнке, а также методы исследования биологического воздействия метаболитов метацеркариев и описторхов на ткани организма освещены в предыдущей работе [15]. Функцию Т- и В-клеток иммунологической памяти при сенсibilизации организма антигенами определяли в два этапа: спустя 24 часа и после вторичной иммунизации через 10 суток [17].

Статистические расчёты и оценку достоверности результатов (р) осуществляли стандартными методами.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что при выявлении в секрете протоковой желчи больных ХО экзогенной кишечной микрофлоры (в 30,0% случаев; *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Bacteroides alcaliques faecalis*, *Citrobacter freundii*, *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*), в ней обнаруживаются ВЖК – литохолевая (ЛХ) и дезоксихолевая (ДХ), которые образуются путём деконъюгации первичных желчных кислот (ПЖК). Данная закономерность подтверждена экспериментальными исследованиями *in vitro* с использованием образцов стандартных желчных кислот.

Необходимо отметить, что ряд авторов на основании анализа современных литературных данных полагают о предотвращении билиарной микробиотой в норме колонизации желчных протоков экзогенной кишечной и др. микрофлорой [25-32]. Билиарную микробиоту с указанной функцией, как считают учёные, следует выделить в отдельный слой (микробиотный) билиарной стенки, расположенный над эпителиальным и изучать её на уровне метагенома (билиарного микробиома).

В желчи внутрпеченочных протоков, по сравнению с ГС, возрастает частота выявления деконъюгированных ЖК на 77% случаев. ДХ также встречается чаще на 21,2% случаев, а ЛХ – на 32,1%. После процедуры дегельминтизации.отмечается наибольшая частота выявления ДХ.

Необходимо отметить, что по сравнению с образцами желчи, где отсутствуют вторичные ЖК (ЛХ, ДХ), в пробах желчи при их наличии – уровень общего количества ЖК превышает данный показатель на 137,2% ($p < 0,01$).

В протоковой желчи больных ХО также обнаруживается присутствие продуктов ПОЛ цитомембран. Уровень МДА превалирует контроль на 102,6% ($p < 0,001$). Высокая скорость метаболизма первичных во вторичные продукты (МДА) обуславливает существенное снижение ДК – на 52,6% против контроля ($p < 0,01$). Анализ полученных данных показал, что при высокой концентрации общего количества ЖК в желчи содержание ДК и МДА в 2 раза превышает их содержание в указанном секрете с низким количеством ЖК. Привлекает внимание и тот факт, что после дегельминтизации при положительном векторе отдельных показателей состояния организма изменения в биохимическом составе желчи не восстанавливаются.

На основании анализа полученных результатов из образцов желчи больных ХО установлено, что при низкой концентрации общего количества ЖК ($216,6 \pm 4,4$ мг/мл, $n=44$) уровень ДК выше контроля на 4,2%, МДА – на 25,0%. При высокой концентрации ЖК ($1581,1 \pm 85,0$ мг/мл, $n=80$) продукты ПОЛ мембран клеток возрастают в большей степени: ДК на 7,2% (в 1,7 раза), вторичные продукты перекисидации липидов биологических мембран – МДА на 41,3% (в 1,65 раза).

В модельных экспериментах *in vitro* со стандартными ЖК (холевой/Х и ДХ) на культурах соматических клеток (СК) показано, что ВЖК (ДХ) стимулируют процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) цитомембран в большей степени (возрастание на 30,0-150,0% количества ДК и на 145,0-370,0% содержания МДА) по сравнению с неконъюгированными ПЖК – Х (повышение уровня ДК и МДА, в среднем, на 200,0%).

Из этого следует, как было показано нами ранее, что при воздействии на цитомембраны ВЖК (ДХ) скорость метаболических процессов первичных продуктов ПОЛ (ДК) во вторичные (МДА) значительно выше, чем при воздействии неконъюгированных первичных (Х). При биологическом воздействии на цитомембраны СК обеих стандартных ЖК (Х и ДХ) наблюдается зависимость «доза-эффект»: чем выше концентрация ЖК, тем выше уровень продуктов перекисидации цитомембран. Приведённые данные подтверждают тенденцию, выявленную в отношении общего количества ЖК в образцах желчи больных ХО.

Необходимо отметить, что при ХО на фоне высокой концентрации антиоксидантного медьсодержащего белка ЦП в плазме крови (выше контроля на 114,0%, ($p < 0,0001$), процессы ПОЛ клеточных мембран не приходят в норму. Экспериментально установлено (на мышах СВА/ Лас и DBA/2, Y), что длительное паразитирование в организме *Opisthorchis felinus* обуславливает ингибицию многоцелевых оксидаз печени.

Кроме того, в эксперименте *in vitro* выявлено, что под воздействием образцов желчи больных ХО повышение проницаемости мембран (ПМ) соматических клеток обнаруживается в 90,0% случаев и возрастает на 65,0% против контроля, а также зависит от концентрации ЖК. Изучение воздействия образцов желчи ГС показало, что ПМ соматических клеток возрастает всего лишь на 50% случаев и превышает контроль на 20-30%. Также на основании

экспериментальных работ *in vivo* (культивирование описторхов в диффузионных камерах в/б, инбредные мыши) показано участие в повышении проницаемости мембран соматических клеток метаболитов описторхов (на 31,0%, ($p < 0,05$)).

На модели штамма клеток S-37 под воздействием образцов желчи больных ХО в 30,0% случаев установлена индукция дефектов ДНК (повреждение, разрывы). В результате проведенных экспериментальных исследований *in vitro* с пулированной протоковой желчью больных ХО ($n=15$) и группы сравнения ($n=12$) выявлено, что в первый час инкубации плановый синтез ДНК (ПС ДНК) в активно пролиферирующих клетках S-37 под воздействием желчи больных ХО был в 4,45 раза ниже, чем в ГС. В этот период в обеих группах отмечается начало РС ДНК, показатель которого на 17,0-24,0 % превышал контроль. После 2-х часов инкубации клеток указанной тест-системы с изучаемыми образцами желчи установлено, что на фоне уже низкого уровня ПС ДНК в обеих группах определяется возрастание активности РС ДНК. Но в образцах с желчью больных ХО уровень РС ДНК был в 2,85 раза ниже контроля. Анализ полученных данных показал, что подавление РС ДНК вызывают образцы желчи с большим содержанием билирубина (249,6 мкмоль/л против 140,0 мкмоль/л), ДК (2,79 нмоль/мл против 1,52 нмоль/мл), фосфолипидов (1,86 усл. ед. против 0,0), а также снижение РС ДНК зависит от содержания в образцах желчи ДХ (46,4% против 14,3% случаев).

Подавление функции системы РС ДНК обуславливает в генетических структурах соматических клеток мутагенные события. Из результатов работ, выполненных на *Drosophila melanogaster*, следует, что внутрипротоковый секрет гепатобилиарной системы пациентов с ХО опосредует соматические мутации (СМ) в 3,96 раза выше по сравнению с ГС (9,5% против 2,4% случаев, ($p < 0,01$)). После дегельминтизации мутагенный эффект протоковой желчи больных ХО повысился в 2-а раза по сравнению с исходным уровнем (19,0% против 9,5% случаев, $p < 0,01$). Исследования, выполненные на тест-объекте *Salmonella typhimurium* (штаммы ТА 98 и ТА 100), свидетельствуют об аналогичных результатах. Кроме того, уровень СМ, детерминированный желчью печеночных протоков, длительно инвазированных гельминтом *Opisthorhis felineus* мышей инбредных линий, в 5-10 раз превышал контроль на обоих штаммах.

Высокая генотоксичность желчи (частота СМ $3,38 \pm 1,4$ против $0,28 \pm 0,05$ на 100 особей) ассоциируется с высоким содержанием ЖК ($1613,2 \pm 212,0$ мг/мл против $255,6 \pm 24,1$ мг/мл), а также высокой концентрацией МДА (на 64,2% против контроля), возрастанием процента случаев выявления ДХ (45,0% против 18%) и метаболитами описторхов. Суточная культуральная среда переживания описторхов увеличивала число мутаций штамма ТА 100 в 1,5-3 раза (в зависимости от дозы). Культивирование описторхов в диффузионных камерах в/б в инбредных мышцах увеличивало число хромосомных мутаций в клетках их костного мозга на 30%.

Кроме того, полученные данные свидетельствуют о том, что желчь больных ХО индуцирует мутации типа «сдвига рамки считывания» (штамм ТА 98), а после дегельминтизации этот тип мутации дополняется мутациями типа «замены оснований» (штамм ТА 100).

Ранее в экспериментах методами автордиографии и радиометрии установлено, что индукция пролиферации СК обусловлена зрелыми личинками трематод, а в дальнейшем – их половозрелыми особями как в эпителии желчных протоков и клетках печени, так и в других органах [15]. Приведённые результаты получены при культивировании метацеркарий и описторхов *in vivo* вне гепатобилиарной системы – в диффузионных камерах в/б (инбредные мыши). Селезенка и лимфоузлы на метаболиты метацеркариев и описторхов реагируют оппозиционно.

Также получены значимые данные для понимания процессов холангиоканцерогенеза и регуляции гомеостаза организма при длительной инвазии гепатобилиарной системы трематодой *Opisthorchis felinus*. Установлено, что скорость роста перевивных сингенных карцином при паразитировании в гепатобилиарной системе *Opisthorchis felinus*: инвазия 1 месяц, ♂ F1 [CBA/Lac x C57B1/6], злокачественная опухоль РШМ-5; инвазия 4,5 месяца, ♀ CBA/Lac, злокачественная опухоль РШМ-5; инвазия 4 месяца, ♀ Balb/c, злокачественная опухоль АКАТОЛ – существенно выше относительно контроля (неинвазированных мышей) на 50,0% – 650,0% ($p < 0,05$ – $p < 0,001$ соответственно) [15]. Инвазия биотическим патогеном инбредных мышей-опухоленосителей индуцировала усиление роста их сингенных опухолей, в среднем, в 1,3 раза по сравнению с неинвазированными гельминтом животными-опухоносителями.

Существенными фактами для рассмотрения вышеуказанных закономерностей, являются данные, полученные на модели гепатоцеллюлярной ткани. Результаты исследования показали, что при длительной описторхозной инвазии активация пролиферации тканей организма опосредована нарушением механизмов её регуляции – снижением активности тканевого фактора, ингибирующего пролиферацию (кейлоны, КФ) и чувствительности к нему рецепторов СК.

Необходимо отметить, что при хронической описторхозной инвазии наблюдается весьма необычный процесс. Это модификация эффекта ингибитора злокачественного роста – лейкоцитарного интерферона (Л-ИФН) в активатор. Если инвазия организма гельминтом *Opisthorchis felinus* обуславливала возрастание скорости роста карциномы в 1,3 раза, то введение ростингибирующего фактора трансформированных клеток – гомологичного Л-ИФН инвазированным *Opisthorchis felinus* инбредным мышам-опухоленосителям детерминировало усиление скорости роста сингенных опухолей, в среднем, в 2,8 раза.

В предыдущей работе [15] показаны тенденции нарушения антитуморогенной защиты организма при биологическом воздействии на него хронического паразитирования *Opisthorchis felinus*. На ряду с активацией В-системы иммунитета, в т.ч. В-клеток памяти, наблюдается высокий уровень пролиферации и пула Т- лимфоцитов. Однако, функциональная активность Т-клеточного звена существенно снижена. Иммунобиологическая реактивность организма характеризуется также нарушением соотношения регуляторных клеток в сторону повышения количества специфических и неспецифических супрессоров, но низкой их активностью. Уровень значимого снижения функциональной активности регистрируется относительно естественных и специфических киллеров. Также необходимо обратить

внимание на тот факт, что значительные нарушения иммунобиологической реактивности организма, развивающиеся на фоне паразитирования в гепатобилиарной системе *Opisthorchis felineus*, в течение продолжительного периода после излечения от описторхоза не восстанавливаются.

Многие авторы указывают на то, что ВЖК (ЛХ, ДХ) присущи токсические, мутагенные и канцерогенные свойства. Детерминацию высокой концентрации общего количества ЖК (на 67,2% выше контроля, $p < 0,01$), а также ЛХ и ДХ в протоковой желчи и их пролангированный контакт с клетками протокового эпителия обеспечивает желчестаз, обусловленный длительным паразитированием трематод в гепатобилиарной системе [7; 9; 14; 17; 19-24]. Кроме того, токсичность желчи больных ХО с ВЖК (30,0% случаев от общего количества исследуемых образцов) усиливается высокой концентрацией общей суммы ЖК по сравнению с образцами, в которых ВЖК не выявлены.

Из вышеуказанных значительных изменений биохимического состава протоковой желчи у больных ХО до- и после дегельминтизации по сравнению с ГС и экспериментальных исследований следует, что ЖК обладают мембраноактивными свойствами и обуславливают высокий уровень активации свободно-радикального окисления липидов цитомембран протокового эпителия.

Уровень продуктов липидной перекисидации цитомембран характеризует их функционально-структурное состояние. Накопление продуктов ПОЛ обуславливает деструкцию цитомембран и освобождение катализаторов перекисления липидов (гемоглобина, миоглобина, цитохромов, лизосомных гидролаз), что снова приводит к образованию высококачественных перекисей [14; 16]. Явление обладает свойствами цепной реакции. Холестаз также обуславливает повышение концентрации в протоковой желчи продуктов ПОЛ, постоянно поддерживает высокую активность перекисленных мембранных липидов. Это, по нашему мнению, опосредует дестабилизацию мембран холангиоцитов и дезорганизации их ферментных комплексов.

Депрессия функционального состояния микросом печени является важнейшим патогенетическим механизмом развития интоксикации в организме [18] и гепатотоксического эффекта продуктов ПОЛ [8].

Полученные результаты демонстрируют истощение компенсаторных возможностей различных звеньев антиоксидантных систем организма.

Дестабилизация клеточных мембран холангиоцеллюлярного эпителия, опосредованная активацией процессов ПОЛ, обуславливает мембранную патологию – повышает проницаемость и нарушает физиологические процессы обмена веществ для поддержания гомеостаза клеток [32]. Как показали проведенные исследования, в данном процессе участвуют и метаболиты описторхов.

Возрастание проницаемости цитомембран обуславливает активный транспорт в соматические клетки токсичных компонентов протоковой желчи и, вероятно, играет существенную промоторную роль в возникновении повреждений ДНК.

Дефекты ДНК, детерминированные различными токсичными мутагенными веществами или химическими канцерогенами, могут быть исправлены процессами, которые осуществляются системой РС ДНК.

Инактивация системы РС ДНК является причиной не устранённых повреждений ДНК, т.е. обуславливает дезорганизацию контроля поддержания генетической стабильности клеток и опосредует развитие мутационных событий и процессов трансформации [5; 21].

Аккумуляция мутаций и повреждений ДНК обуславливает потерю тканевыми клетками биологических функций в пределах нормы [4], что детерминирует процессы канцерогенеза [5; 21].

Значимым фактором в канцерогенезе является активация пролиферативных процессов в тканях организма, которые при хронической описторхозной инвазии индуцируются метаболитами метацеркарий и, в последующем, описторхов. Рядом учёных определено около 40 составляющих экскреторно-секреторного продукта *Opisthorchis felinus*, имеющих белковую полифункциональную природу [11].

Активация пролиферативной активности соматических клеток при хроническом описторхозе ассоциируется с нарушением механизмов регуляции тканевого гомеостаза. Снижение активности кейлонов (КФ) и чувствительности к ним рецепторов СК рассматривается как фактор нарушения механизма регуляции тканевого гомеостаза, способствующий развитию опухоли. Это даёт основание полагать об аналогичных нарушениях регуляции пролиферации клеток протокового эпителия при ХО. Изменение концентрации или активности КФ вслед за канцерогенным воздействием каких-либо веществ выявлено многими авторами, а на стадии формирования опухолевых узелков этот механизм нарушен [13; 23; 24].

На протяжении многих лет учёные ведут поиск методов повышения антитуморогенных свойств организма на основе различных видов биотерапии с использованием неспецифических модификаторов иммунитета, в том числе интерферонов (ИФН). Данные белки выполняют функцию, которая детерминирует антиканцерогенез на уровне антипролиферативного эффекта, трансформации клеток (антимутагенного действия) и иммунорегуляции гомеостаза организма путём регуляции функции генов, в т.ч. онкогенов [5]. Однако, нарушение механизмов регуляции тканевого гомеостаза при ХО подтверждается оппозитным действием гомологичного лейкоцитарного интерферона (L-ИФН). В отсутствие в организме *Opisthorchis felinus* L-ИФН тормозит рост blastom, а при ХО усиливает их скорость роста [17].

Что касается противоопухолевой защиты организма, то давно известна роль иммунной системы в развитии злокачественного процесса [6; 25; 31]. Начиная с 70-х годов прошлого столетия морфологами весьма подробно описаны местные иммунопатологические реакции организма на инвазию трематоды в желчных протоках печени с превалированием аллергических [1; 7]. Наряду с этим при ХО отмечается изменение иммунологических показателей и в циркулирующей периферической крови. Нарушение иммунобиологической реактивности организма, как системы регуляции гомеостаза, обуславливает снижение его

антитуморогенной защиты и способствует развитию злокачественного процесса [6; 12; 15; 19; 25; 31]. Это даёт основание полагать, что одним из значимых промоторов, способствующих развитию ХК, является нарушение иммунобиологического статуса организма.

Выводы. 1. Установлено (in vivo и in vitro), что инфицирование протоковой желчи больных ХО экзогенными энтеробактериями (*Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Bacteroides alcaliques faecalis*, *Citrobacter freundii*, *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* и др.) приводит к образованию в указанном секрете эндогенных факторов риска первичного холангиоцеллюлярного рака печени – ВЖК (ЛХ и ДХ), обладающих мутагенным/канцерогенным воздействием на соматические клетки – инициаторов злокачественного процесса.

2. Выявлены эпигенетические факторы, обуславливающие нарушение механизмов регуляции гомеостаза организма при ХО. К ним относится значительное снижение функции: антиоксидантных систем организма различного уровня; репаративной системы ДНК соматических клеток; системы тканевой регуляции пролиферации и дифференцировки СК на фоне биологического действия метаболитов описторхов, индуцирующих интенсивную регенераторную пролиферацию холангиоцитов; иммунобиологической реактивности организма. Холестаз детерминирует накопление в секрете желчи ЖК (в т. ч. ВЖК) и других токсичных для СК веществ (связанного билирубина, холестерина, продуктов ПОЛ, метаболитов описторхов), а также их длительное биологическое воздействие на холангиоциты. Указанные факторы являются промоторами злокачественного процесса.

3. Результаты исследования подтверждают концепцию холангиоканцерогенеза на фоне ХО, предложенную профессором А.А. Шайном [22].

4. На основании выявленных факторов риска ПХЦРП сформированы патогенетические подходы к методам коррекции процессов регуляции гомеостаза организма и профилактики холангиокарцином в постгельминтный период. В мероприятия необходимо включить комплекс системных процедур, обеспечивающих гомеокинез организма: санацию экзогенной микробиоты гепатобилиарной системы (исключение синтеза мутагенных и канцерогенных ВЖК в протоковой желчи), устранение застоя желчи (снижение концентрации ЖК и продуктов ПОЛ, др. токсичных компонентов), активацию монооксидазной системы печени и АОС организма (стабилизация структур клеточных мембран и нормализация их проницаемости, повышение детоксикационной функции печени), нормализацию ПА холангиоцитов и других тканей организма. (восстановление активности эндогенных тканевых факторов торможения ПА СК, либо применение экзогенных), восстановление противоопухолевых свойств организма (коррекция иммунобиологической реактивности).

5. Результаты экспериментов в отношении оппозитной модификации биологического действия гомологичного L-ИФН на фоне описторхозной инвазии и злокачественного процесса в сторону активации ПА ЗО дают основание полагать, что решение вопроса о возможности применения данного интерферона в качестве антитуморогенного или антибактериального/иммуномоделирующего средства у пациентов с карциномами на фоне паразитирования

биотического патогена *Opisthorchis felineus*, в том числе при ремиссии, диктует необходимость выполнения фундаментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозеров Е.С., Шувалова Е.П. Описторхоз. СПб.: Медицина, 1981.
2. Богданов А.О., Прокудина Д.В., Байков А.Н., Салтыкова И.В. Молекулярные механизмы, опосредующие развитие холангиокарциномы в ходе хронической инвазии печеночными сосальщиками // Сибирский онкологический журнал. 2015. №6. С. 83-90.
3. Бычков В.Г., Хадиева Е.Д., Зуевский В.П., Лазарев С.Д., Барышников А.П., Симонов А.В., Шидин В.А. Закономерности канцерогенеза на фоне суперинвазионного описторхоза // Тюменский медицинский журнал. 2015. Т. 17. №3. С. 11-13.
4. Виленчик М.М. Закономерности молекулярно-генетического действия химических канцерогенов. М.: Наука, 1977.
5. Ершов Ф.И., Наровлянский А.Н. Основные итоги изучения системы интерферона к 2011 году // Интерферон-2011: Сборник научных статей. М., 2012. С. 14-34.
6. Жестяников В.Д. Репарация ДНК и её биологическое значение. Л.: Наука, 1979.
7. Жулай Г.А., Олейник Е.К. Регуляторные Т-клетки и канцерогенез // Иммунология. 2013. Т. 34. №1. С. 61-64.
8. Зубов Н.А., Муканов В.Н. Паразитарные гранулемы в стенке желчных протоков при экспериментальном описторхозе // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1976. Т. 45. №3. С. 352-355.
9. Иванов В.В., Дузаш Л.И., Серебренникова И.А., Канская Н.Ф. Роль ферментативной антиоксидантной системы в реакциях перекисного окисления липидов при введении хлористого железа с аскорбатом // Патохимия обмена веществ и механизмы его регуляции. Тюмень: Дом науки и техники, 1982. 85 с.
10. Иванских В.И., Близнюк В.В. Влияние описторхисов на проявление вирусов герпеса второго типа в эксперименте и их возможное участие в механизме возникновения первичного рака печени // Медицинская паразитол. 1996. №2. С. 23-26.
11. Кавецкий Р.Е. Взаимодействие организма и опухоли. Киев: Наукова думка, 1977.
12. Львова М.Н., Дужак Т.Г., Центалович Ю.П., Катохин А.В., Мордвинов В.А. Секретом мариты печеночного сосальщика *Opisthorchis felineus* // Паразитология. 2014. Т. 48. №3. С. 169-184.
13. Малайцев В.В., Богданова И.М. Индуцируемая опухолевыми клетками активация системы врожденного иммунитета в популяции клеток селезенки интактных мышей *in vitro* // Иммунология. 2014. Т. 35. №5. С. 247-250.
14. Окулов В.Б. Кейлоны и опухолевый рост // Вопросы онкологии. 1981. Т. 27. №4. С. 101-118.
15. Пинчук В.Г., Балицкий К.П. Некоторые аспекты противоопухолевой резистентности // Вестник АН УРСР. 1981. №6. С. 34-35.
16. Рыбка А.Г. К вопросу о влиянии биотического фактора – инвазии трематоды *Opisthorchis felineus* на состояние иммунного статуса организма и пролиферативную активность соматических клеток // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. №3. С. 232-236. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2016-3-232-236>
17. Рыбка А.Г. Дисбаланс иммунобиологической реактивности организма, инфекция и факторы мутагенеза в гепатобилиарной системе при воздействии природно-очагового фактора среды обитания — инвазии трематоды *Opisthorchis felineus* // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12. №1. С. 172–178. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-IIR-1737>
18. Саратиков А.С., Венгеровский А.И., Прищеп Т.П. Адьювантная болезнь (морфология, патогенез, экспериментальная терапия). Томск, 1983.
19. Федорова О.С., Ковширина Ю.В., Ковширина А.Е., Федотова М.М., Деев И.А., Петровский Ф.И., Филимонов А.В., Дмитриева А.И., Кудяков Л.А., Салтыкова И.В., Михалев Е.В., Одерматт П., Огородова Л.М. Анализ заболеваемости инвазией *Opisthorchis felineus* и злокачественными новообразованиями гепатобилиарной системы в Российской Федерации // Бюллетень сибирской медицины. 2016. Т. 15. №5. С. 147-158.
20. Хакимов З.З., Карабанович А.К., Краковский М.Э., Комарин А.С. Состояние микросомальной окислительной системы печени крыс в послеоперационном периоде // Вопросы медицинской химии. 1986. №6. С. 34-38.

21. Харченко Е.П. Канцерогенез: иммунная система и иммунотерапия // Иммунология. 2011. Т. 32. №1. С. 50-56.
22. Шайн А.А., Шаназаров Н.А., Бабинов Б.Н., Федоров Н.М., Левина Е.С., Сабиров А.Х., Синяков А.Г., Шунько Е.Л., Кондратьев Н.П. Кафедра онкологии Тюменской ГМА. Сорок лет научно-исследовательской и педагогической работы // Тюменский медицинский журнал. 2010. №2. С. 8-11.
23. Шапот В.С. Биохимические аспекты опухолевого роста. М.: Медицина, 1975.
24. Щелоченков С.В. Роль желчных кислот в канцерогенезе желудка // Эффективная фармакотерапия. 2020. Т. 16. №30. С. 50–55. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2020-16-30-50-55>
25. Barbason H., Fridman-Manduzio A., Betz E.H. Activité mitotique lors de la période préneoplasique précédant la cancérisation du foie par la diethylnitrosamine // Experientia. 1976. Vol. 32. №1. P. 106-108. <https://doi.org/10.1007/BF01932649>
26. Dexter T.M., White H. Growth without inflation // Nature. 1990. Vol. 344. №6265. P. 380-381.
27. Maruyama T., Kono K., Mizukami Y., Kawaguchi Y., Mimura K., Watanabe M., Fujii H. Distribution of Th17 cells and FoxP3 (+) regulatory T cells in tumor-infiltrating lymphocytes, tumor-draining lymph nodes and peripheral blood lymphocytes in patients with gastric cancer // Cancer science. 2010. Vol. 101. №9. P. 1947-1954. <https://doi.org/10.1111/j.1349-7006.2010.01624.x>
28. Payne C. M., Bernstein C., Dvorak K., Bernstein H. Hydrophobic bile acids, genomic instability, Darwinian selection, and colon carcinogenesis // Clinical and experimental gastroenterology. 2008. Vol. 1. P. 19. <https://doi.org/10.2147%2Fceg.s4343>
29. Reddy B. S., Engle A., Simi B., Goldman M. Effect of dietary fiber on colonic bacterial enzymes and bile acids in relation to colon cancer // Gastroenterology. 1992. Vol. 102. №5. P. 1475-1482. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(92\)91704-8](https://doi.org/10.1016/0016-5085(92)91704-8)
30. Smout M. J., Sripa B., Laha T., Mulvenna J., Gasser R. B., Young N. D., Loukas A. Infection with the carcinogenic human liver fluke, *Opisthorchis viverrini* // Molecular BioSystems. 2011. Vol. 7. №5. P. 1367-1375. <https://doi.org/10.1039/C0MB00295J>
31. Sripa B., Brindley P. J., Mulvenna J., Laha T., Smout M. J., Mairiang E., Loukas A. The tumorigenic liver fluke *Opisthorchis viverrini*—multiple pathways to cancer // Trends in parasitology. 2012. Vol. 28. №10. P. 395-407. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.07.006>
32. Thamavit W., Ngamyang M., Boonpucknavig V., Boonpucknavig S., Moore M. A. Enhancement of DEN-induced hepatocellular nodule development by *Opisthorchis viverrini* infection in Syrian golden hamsters // Carcinogenesis. 1987. Vol. 8. №9. P. 1351-1353. <https://doi.org/10.1093/carcin/8.9.1351>
33. Yang Z. Z., Ansell S. M. The role of Treg cells in the cancer immunological response // American Journal of Immunology. 2009. Vol. 5. №1. P. 17-28. <https://doi.org/10.3844/ajisp.2009.17.28>
34. Yongvanit P., Pinlaor S., Bartsch H. Oxidative and nitrate DNA damage: key events in opisthorchiasis-induced carcinogenesis // Parasitology international. 2012. Vol. 61. №1. P. 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2011.06.011>

REFERENCES

1. Belozerov, E.S., & Shuvalova, E.P. (1981). Opistor-khoz. St. Petersburg. (In Russ).
2. Bogdanov, A.O., Prokudina, D.V., Baikov, A.N., & Saltykova, I.V. (2015). Molekulyarnye mekhanizmy, oposreduyushchie razvitie kholangiokartsinomy v khode khronicheskoi invazii pechenochnymi sosal'shchikami. *Sibirskii onkologicheskii zhurnal*, (6), 83-90. (In Russ).
3. Bychkov, V.G., Khadieva, E.D., Zuevskii, V.P., Lazarev, S.D., Baryshnikov, A.P., Simonov, A.V., & Shidin, V.A. (2015). Zakonomernosti kantserogeneza na fone superinvazionnogo opistorkhoza. *Tyumenskii meditsinskii zhurnal*, 17(3), 11-13. (In Russ).
4. Vilenchik, M.M. (1977). Zakonomernosti molekulyarno–geneticheskogo deistviya khimicheskikh kantserogenov. Moscow. (In Russ).
5. Ershov, F.I., & Narovlyanskii, A.N. (2012). Osnovnye itogi izucheniya sistemy interferona k 2011 godu. In *Interferon-2011: Sbornik nauchnykh statei*, Moscow. 14-34. (In Russ).
6. Zhestyanikov, V.D. (1979). Reparatsiya DNK i ee biologicheskoe znachenie. Leningrad.
7. Zhulai, G.A., & Oleinik, E.K. (2013). Regul'yatornye T-kletki i kantserogenez. *Immunologiya*, 34(1), 61-64. (In Russ).
8. Zubov, N.A., & Mukanov, V.N. (1976). Parazitarnye granulemy v stenke zhelchnykh protokov pri eksperimental'nom opistorkhoze. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, 45(3), 352-355. (In Russ).
9. Ivanov, V.V., Duzash, L.I., Serebrennikova, I.A., & Kanskaya, N.F. (1982). Rol' fermentativnoi antioksidantnoi sistemy v reaktsiyakh perekisnogo okisleniya lipidov pri vvedenii khloristogo zheleza s

askorbatom. In *Patokhimiya obmena veshchestv i mekhanizmy ego regulyatsii*, Tyumen. (In Russ).

10. Ivanskikh, V.I., & Bliznyuk, V.V. (1996). Vliyanie opistorkhisov na proyavlenie virusov gerpesa vtorogo tipa v eksperimente i ikh vozmozhnoe uchastie v mekhanizme vzniknoveniya pervichnogo raka pecheni. *Meditinskaya parazitologiya*, (2), 23-26. (In Russ).

11. Kavetskii, R.E. (1977). Vzaimodeistvie organizma i opukholi. Kiev. (In Russ).

12. L'vova, M.N., Duzhak, T.G., Tsentalovich, Yu.P., Katokhin, A.V., & Mordvinov, V.A. (2014). Sekretom marity pechenochnogo sosal'shchika *Opisthorchis felinus*. *Parazitologiya*, 48(3), 169-184. (In Russ).

13. Malaitsev, V.V., & Bogdanova, I.M. (2014). Indutsiruemaya opukholevymi kletkami aktivatsiya sistemy vrozhdennogo immuniteta v populyatsii kletok selezenki intaktnykh myshei in vitro. *Immunologiya*, 35(5), 247-250. (In Russ).

14. Okulov, V.B. (1981). Keilony i opukholevyi rost. *Voprosy onkologii*, 27(4), 101-118. (In Russ).

15. Pinchuk, V.G., & Balitskii, K.P. (1981). Nekotorye aspekty protivopukholevoi rezistentnosti. *Vestnik AN URSS*, (6), 34-35. (In Russ).

16. Rybka, A.G. (2016). K voprosu o vliyani bioticheskogo faktora – invazii trematody *Opisthorchis felinus* na sostoyanie immunnogo statusa organizma i proliferativnuyu aktivnost' somaticheskikh kletok. *Infektsiya i immunitet*, 6(3), 232-236. (In Russ). <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2016-3-232-236>

17. Rybka, A.G. (2022). Disbalans immunobiologicheskoi reaktivnosti organizma, infektsiya i faktory mutageneza v gepatobiliarnoi sisteme pri vozeistvii prirodno-ochagovogo faktora sredy obitaniya — invazii trematody *Opisthorchis felinus*. *Infektsiya i immunitet*, 12(1), 172–178. (In Russ). <https://doi.org/10.15789/2220-7619-IIR-1737>

18. Saratikov, A.S., Vengerovskii, A.I., & Prishchep, T.P. (1983). Ad'yuvantnaya bolezni' (morfologiya, patogeneza, eksperimental'naya terapiya). Tomsk.

19. Fedorova, O.S., Kovshirina, Yu.V., Kovshirina, A.E., Fedotova, M.M., Deev, I.A., Petrovskii, F.I., Filimonov, A.V., Dmitrieva, A.I., Kudyakov, L.A., Saltykova, I.V., Mikhalev, E.V., Odermatt, P., & Ogorodova, L.M. (2016). Analiz zabolevaemosti invaziei *Opisthorchis felinus* i zlokachestvennymi novoobrazovaniyami gepatobiliarnoi sistemy v Rossiiskoi Federatsii. *Byulleten' sibirskoi meditsiny*, 15(5), 147-158. (In Russ).

20. Khakimov, Z.Z., Karabanovich, A.K., Krakovskii, M.E., & Komarin, A.S. (1986). Sostoyanie mikrosomal'noi oksidativnoi sistemy pecheni krysa v posleoperatsionnom periode. *Voprosy meditsinskoi khimii*, (6), 34-38. (In Russ).

21. Kharchenko, E.P. (2011). Kantserogeneza: immunnaya sistema i immunoterapiya. *Immunologiya*, 32(1), 50-56. (In Russ).

22. Shain, A.A., Shanazarov, N.A., Babinov, B.N., Fedorov, N.M., Levina, E.S., Sabirov, A.Kh., Sinyakov, A.G., Shun'ko, E.L., & Kondrat'ev, N.P. (2010). Kafedra onkologii Tyumenskoi GMA. Sorok let nauchno-issledovatel'skoi i pedagogicheskoi raboty. *Tyumenskii meditsinskii zhurnal*, (2), 8-11. (In Russ).

23. Shapot, V.S. (1975). Biokhimicheskie aspekty opukholevogo rosta. Moscow. (In Russ).

24. Shchelochkov, S.V. (2020). Rol' zhelchnykh kislot v kantserogeneze zheludka. *Effektivnaya farmakoterapiya*, 16(30), 50–55. (In Russ). <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2020-16-30-50-55>

25. Barbason, H., Fridman-Manduzio, A., & Betz, E. H. (1976). Activité mitotique lors de la période prénéoplasique précédant la cancérisation du foie par la diethylnitrosamine. *Experientia*, 32(1), 106-108. <https://doi.org/10.1007/BF01932649>

26. Dexter, T. M., & White, H. (1990). Growth without inflation. *Nature*, 344(6265), 380-381.

27. Maruyama, T., Kono, K., Mizukami, Y., Kawaguchi, Y., Mimura, K., Watanabe, M., ... & Fujii, H. (2010). Distribution of Th17 cells and FoxP3 (+) regulatory T cells in tumor-infiltrating lymphocytes, tumor-draining lymph nodes and peripheral blood lymphocytes in patients with gastric cancer. *Cancer science*, 101(9), 1947-1954. <https://doi.org/10.1111/j.1349-7006.2010.01624.x>

28. Payne, C. M., Bernstein, C., Dvorak, K., & Bernstein, H. (2008). Hydrophobic bile acids, genomic instability, Darwinian selection, and colon carcinogenesis. *Clinical and experimental gastroenterology*, 1, 19. <https://doi.org/10.2147%2Fceg.s4343>

29. Reddy, B. S., Engle, A., Simi, B., & Goldman, M. (1992). Effect of dietary fiber on colonic bacterial enzymes and bile acids in relation to colon cancer. *Gastroenterology*, 102(5), 1475-1482. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(92\)91704-8](https://doi.org/10.1016/0016-5085(92)91704-8)

30. Smout, M. J., Sripa, B., Laha, T., Mulvenna, J., Gasser, R. B., Young, N. D., ... & Loukas, A. (2011). Infection with the carcinogenic human liver fluke, *Opisthorchis viverrini*. *Molecular BioSystems*, 7(5), 1367-1375. <https://doi.org/10.1039/C0MB00295J>

31. Sripa, B., Brindley, P. J., Mulvenna, J., Laha, T., Smout, M. J., Mairiang, E., ... & Loukas, A. (2012).

The tumorigenic liver fluke *Opisthorchis viverrini*—multiple pathways to cancer. *Trends in parasitology*, 28(10), 395-407.

32. Thamavit, W., Ngamyang, M., Boonpucknavig, V., Boonpucknavig, S., & Moore, M. A. (1987). Enhancement of DEN-induced hepatocellular nodule development by *Opisthorchis viverrini* infection in Syrian golden hamsters. *Carcinogenesis*, 8(9), 1351-1353. <https://doi.org/10.1093/carcin/8.9.1351>

33. Yang, Z. Z., & Ansell, S. M. (2009). The role of Treg cells in the cancer immunological response. *American Journal of Immunology*, 5(1), 17-28. <https://doi.org/10.3844/ajisp.2009.17.28>

34. Yongvanit, P., Pinlaor, S., & Bartsch, H. (2012). Oxidative and nitrative DNA damage: key events in opisthorchiasis-induced carcinogenesis. *Parasitology international*, 61(1), 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2011.06.011>

Дата поступления: 25.06.2022

Дата принятия: 10.09.2022

© Фёдоров Н.М., Рыбка А.Г., 2022

УДК 574.34: 613.162

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>

Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмулёв И.С.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МАЛЯРИОГЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Novikov D.S., Kolomytsev V.V., Lebedeva V.V., Chmulev I.S.

ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF GIS TECHNOLOGIES IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FACTORS OF MALARIOGENICITY IN THE TERRITORIES OF THE VOLGOGRAD REGION

Аннотация. В южных регионах России сохраняются высокие риски распространения малярии. Ситуация усугубляется ростом среднегодовых температур в многолетнем распределении и ростов эвтрофицированных малых водоемов, благоприятных для завершения жизненного цикла переносчиков заболевания – комаров рода *Anopheles*. С целью установления взаимосвязи между климатическими факторами и статусом популяций насекомых-переносчиков возбудителя малярии был осуществлен анализ количества поверхностных вод с использованием ГИС-технологий. Для расчета был выбран индекс MNDWI, основанный на использовании снимков в Green и SWIR диапазонах спутника Landsat 8. Показатели среднего и максимального количества личинок и имаго комаров были проанализированы на основе информации, представленной в ежегодных отчётах Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области. В регионе отмечается наличие трех маляриогенных зон: северной (камышинской), центральной (волгоградской) и южной (котельниковской). Общая динамика MNDWI для камышинской зоны имел тенденцию к росту водного индекса с -0,176 до -0,171 в двухлетнем диапазоне. Аналогичные показатели MNDWI для волгоградского и котельниковского очагов маляриогенности также имели положительную динамику в период с 2018 по 2020 годы. Модифицированный нормализованный водный индекс для них увеличился соответственно с -0,152 до -0,126 и с -0,215 до -0,158 соответственно. Расчет коэффициента корреляции Пирсона для изучаемой территории обнаружил наличие высокой тесноты прямой связи между показателем индекса MNDWI и максимальным количеством личинок/имаго в камышинском регионе (0,994/0,833). Для Волгограда сила корреляционной связи находилась в области средних (заметных) величин, за исключением среднего значения для имаго, где связь была сильной (0,904). В Котельниково зависимость между

Abstract. In the southern regions of Russia, high risks of the spread of malaria remain. The situation is aggravated by the increase in average annual temperatures in the long-term distribution and the growth of eutrophicated small water bodies, which are favorable for the completion of the life cycle of the disease vectors – mosquitoes of the genus *Anopheles*. In order to establish the relationship between climatic factors and the status of populations of insect vectors of the causative agent of malaria, an analysis of the amount of surface water was carried out using GIS technologies. For the calculation, the MNDWI index was chosen, based on the use of images in the Green and SWIR bands of the Landsat 8 satellite. The indicators of the average and maximum number of larvae and adults of mosquitoes were analyzed on the basis of information presented in the annual reports of the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and human well-being in the Volgograd region. There are three malariogenic zones in the region: northern (Kamyshinsky), central (Volgograd) and southern (Kotelnikovskaya). The overall dynamics of MNDWI for the Kamyshin zone tended to increase the water index from -0.176 to -0.171 in a two-year range. Similar MNDWI indicators for the Volgograd and Kotelnikovsky malariogenic foci also had a positive trend in the period from 2018 to 2020. The modified normalized water index for them increased from -0.152 to -0.126 and from -0.215 to -0.158, respectively. Calculation of the Pearson correlation coefficient for the study area revealed the presence of a high closeness of a direct relationship between the MNDWI index and the maximum number of larvae/adults in the Kamyshin region (0.994/0.833). For Volgograd, the strength of the correlation was in the region of average (noticeable) values, except for the average value for adults, where the relationship was strong

периодами засухи и числом личинок носила обратно пропорциональный характер, за исключением максимального количества имаго (0,943), что может быть объяснено малым значением выборки итогового вылета насекомых и погрешностью измерений, обусловленных логикой методики исследования количества личиночных форм в природных водоемах. Полученные данные могут быть использованы в целях усовершенствования системы контроля динамики маляриогенности надзорными органами в области благополучия населения. Дальнейшие перспективы исследования связаны с изменением подходов к оценке средних значений количества насекомых-переносчиков малярии, а также с собственными полевыми работами по изучению состава энтомофауны комаров р. *Anopheles* с целью калибровки представленных в отчетах государственных органов данных.

Ключевые слова: маляриогенность, ГИС-технологии, малярия, геомониторинг, MNDWI.

Сведения об авторах: Новиков Денис Сергеевич, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, dennov89@mail.ru; Коломыцев Виктор Викторович, ORCID: 0000-0002-3595-2023, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, viktor.k000@mail.ru; Лебедева Виктория Вадимовна, ORCID: 0000-0003-2767-6636, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, domaved@mail.ru; Чмулёв Илья Сергеевич, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Магадан, Россия, chmulev01.08.89@mail.ru

(0.904). In Kotelnikovo, the relationship between periods of drought and the number of larvae was inversely proportional, with the exception of the maximum number of adults (0.943), which can be explained by the small value of the sample of the final emergence of insects and the measurement error due to the logic of the methodology for studying the number of larval forms in natural water bodies. The results obtained can be used to improve the system for monitoring the dynamics of malariogenicity by supervisory authorities in the field of population welfare. Further research prospects are associated with a change in approaches to assessing the average values of the number of malaria vector insects, as well as with our own field work on the study of the composition of the mosquito entomofauna of the river. *Anopheles* for the purpose of calibrating data reported by government agencies.

Keywords: malariogenicity, GIS technologies, malaria, geomonitoring, MNDWI.

About the authors: Novikov Denis Sergeevich, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, dennov89@mail.ru; Kolomytsev Victor Victorovich, ORCID: 0000-0002-3595-2023, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, viktor.k000@mail.ru; Lebedeva Viktoriia Vadimovna, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, domaved@mail.ru; Chmulev Ilya Sergeevich, Magadan Research Institute of Agriculture, Magadan, Russia, chmulev01.08.89@mail.ru

Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмулёв И.С. Анализ потенциала ГИС-технологий в оценке экологических факторов маляриогенности территорий волгоградской области // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 113-121. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>

Novikov, D.S., Kolomytsev, V.V., Lebedeva, V.V., & Chmulev, I.S. (2022). Analysis of the Potential of GIS Technologies in the Assessment of Environmental Factors of Malariogenicity in the Territories of the Volgograd Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 113-121. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>

Введение. Волгоградская область имеет благоприятные климатические условия для формирования двукрылых насекомых семейства *Culicidae*. Эпидемически значимыми представителями этого семейства являются малярийные комары рода *Anopheles* (виды *An. messeae* Fall, *An. maculinnis*, *An. atroparvis*, *An. claviger* и *An. hyrcanus* Pall), способные переносить возбудителей различных заболеваний, в частности, малярии [1; 2]. Высокое многолетнее значение средней температуры лета (+27,7°C) в регионе выступает благоприятным условием для развития как мезотермофильных, так и политермофильных видов комаров [3; 4]. Время завершения спорогонии малярийного плазмодия (*Plasmodium* spp.)

в теле комара при таких условиях составляет 27-37 суток [5; 6]. Существенное количество временных и постоянных эвтрофицированных водоемов в западной части области способствует распространению комаров на протяжении всего теплого времени года, обуславливая наличие эпидемических рисков подъема спорадической заболеваемости малярией [7].

В Волгоградской области ежегодно проводится мониторинг популяций комаров рода *Anopheles*. На территории региона выделяются три зоны, обладающие маляриогенным потенциалом: *северная* (г. Камышин), *центральная* (г. Волгоград) и *южная* (г. Котельниково). Традиционно к показателям, влияющим на коэффициент маляриогенности (Q_y), относят как социальные, так и экологические факторы: плотность популяции комаров р. *Anopheles*, восприимчивых к заражению возбудителем малярии, вероятность и частота контакта населения с комарами, наличие подходящих водоемов, температура и влажность воздуха, обеспечивающая завершение процесса спорогонии в теле комара [8]. Значение Q_y на уровне 1,0 является пороговым, при подъеме данного показателя свыше 1,0 создаются условия, благоприятные для возникновения эпидемий. Для Волгоградской области коэффициент маляриогенности составляет 1,06, что обуславливает необходимость регулярного экологического мониторинга рисков диссеминации малярийного плазмодия [9].

Таким образом, **целью** настоящей работы является изучение потенциала ГИС-технологий в оценке влияния экологических факторов на санитарно-эпидемиологическую ситуацию, связанную с распространением малярийного плазмодия.

Материалы и методы. Производилась оценка динамики водного режима на территории трех маляриогенных зон Волгоградской области в период 2018-2020 гг. с использованием ГИС-анализа карт, полученных со спутника Landsat 8 (картографическая база данных *EarthExplorer*) в программном пакете QGIS v3.24. Для уменьшения степени погрешности для исследования отбирались только снимки с показателем *CloudCover* менее 20%.

В работе использовался нормализованный разностный водный индекс MNDWI, рассчитанный для трех маляриогенных зон в период вылета генераций комаров в исследуемом регионе: *северной* (г. Камышин), *центральной* (Волгоградская агломерация) и *южной* (г. Котельниково). Данные о количестве личинок и имаго комаров р. *Anopheles*, а также периодах вылета генераций насекомых были получены на основе анализа ежегодных отчетов управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области (табл. 1) [10]. Водный индекс применялся для мониторинга количества водоемов, пригодных для завершения жизненного цикла комаров рода *Anopheles*.

Показатель MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) использовался для определения объектов открытых водных пространств и их выделения на спутниковом снимке на фоне почвы и растительности. MNDWI представляет собой улучшенный индекс, разработанный для улучшения анализа характеристик ландшафта, связанных с наличием поверхностных вод [11]. Выбор в пользу MNDWI был сделан на основе того, что при его расчете используется зеленый (Green) и коротковолновый инфракрасный (SWIR) диапазоны

спектра. Более популярный в геоинформационных исследованиях индекс NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) основан на ближней инфракрасной и красной области спектра (NIR-Red индекс). Однако чистая вода не отражает Red, а в мутных эвтрофицированных водоемах отсутствует отражение в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) и за его пределами [12]. Таким образом, модифицированный Green-SWIR индекс наилучшим образом отвечает цели исследования и позволяет избежать погрешностей, связанных с водой, содержащейся в растительном покрове.

Таблица 1

Даты вылета генераций комаров в Волгоградской области

Год	Дата вылета	Камышин (северная зона)	Волгоград (центральная зона)	Котельниково (южная зона)
2018	Дата вылета первой генерации	07.06.2018	10.05.2018	10.05.2018
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	13.07.2018	26.05.2018	17.05.2018
2019	Дата вылета первой генерации	02.06.2019	08.06.2019	08.09.2019
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	05.06.2019	14.06.2019	16.09.2019
2020	Дата вылета первой генерации	10.05.2020	09.05.2020	09.05.2020
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	16.06.2020	31.05.2020	13.05.2020

Для исследования влияния экологических факторов на диссеминацию возбудителя малярии в Волгоградской области показатель MNDWI в программном пакете QGIS рассчитывался по формуле: $MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$.

Результаты и обсуждение. Программная обработка спутниковых снимков Landsat-8 позволила сформировать растровые изображения исследуемых зон с цветовым распределением показателя влажности территории. Значения, полученные в результате расчетов нормализованного разностного водного индекса MNDWI, находятся в диапазоне от -1 до 1. Как правило, значение MNDWI водоемов превышает 0,2, растительность имеет гораздо меньшие значения, что позволяет легко отличить растительный покров от водоемов. Засушливые территории на картах носят отрицательные значения [13]. В настоящем исследовании для индекса MNDWI фильтры в программном пакете QGIS настраивались на основе учета диапазона этих значений, что позволило выделить водные объекты, пригодные для завершения жизненного цикла переносчиков малярии. На подобранных изображениях присутствовали небольшие области, покрытые облачной дымкой (в диапазоне *CloudCover* 10-20%), при дешифрировании которых проявлялись ошибки. При формировании итоговых растров эти области отбраковывались и не были включены в исследуемую территорию. Итоговая общая площадь проанализированных зон, представленная на рисунке, составила 1737,545 км². На картах области, залитые оранжевым цветом, соответствуют минимальным показателям влажности, зеленые – максимальным, водные объекты отмечены на картах синим и темно-зеленым маркером (рис.).

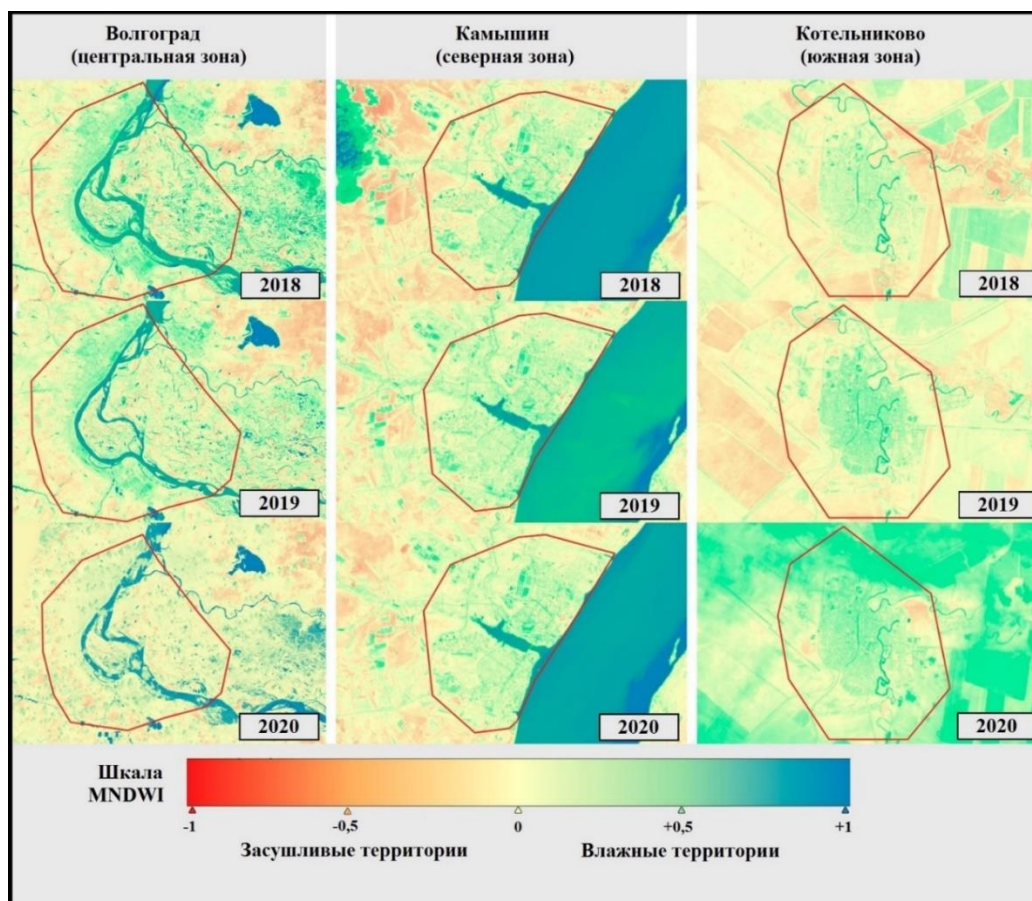


Рис. Растровые карты трех зон распространения комаров рода *Anopheles* с цветовой характеристикой индекса MNDWI

На территории Волгоградской области удельный вес общей инфекционной и паразитарной заболеваемости в исследуемом периоде времени ($/P_{100000}$) имеет следующие значения: в 2018 г. процентный вклад впервые зарегистрированных заболеваний составил 8%, в 2019 г. наблюдалось снижение на 4%, в 2020 г. этот показатель увеличился на 4% и вновь составил 8%. По данным надзорных органов, в регионе ежегодно регистрируется от 1 до 2 случаев малярии, что вызывает настороженность в отношении роста уровня спорадической заболеваемости по данной нозологии. За 3 сезона было отмечено 6 полных спорогонических циклов плазмодия в малярийных комарах [10].

Повышение среднегодовой температуры воздуха способствует увеличению количества теплых эвтрофицированных водоемов, благоприятных для завершения жизненного цикла комаров, потенциально способных переносить возбудителей малярии, а также повышению степени их синантропизации [14-16]. С использованием данных дистанционного зондирования, которые являются первичными источниками для анализа экологических процессов в локальном или глобальном масштабе, мы обнаружили изменения показателей водного индекса в период 2018-2020 гг. В таблице 2 представлены результаты интегральной оценки маляриогенных зон Волгоградской области. Приведены значения MNDWI, при которых пиксель с наибольшей вероятностью связан с водным объектом (*mean*), а также

показатели среднего/максимального количества личинок и имаго комаров рода *Anopheles* (табл. 2).

Таблица 2

Интегральная характеристика маляриогенных зон Волгоградской области

Годы	Маляриогенные зоны Волгоградской области								
	Камышин (северная зона)			Волгоград (центральная зона)			Котельниково (южная зона)		
	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)
	Сред.	Макс.		Сред.	Макс.		Сред.	Макс.	
2018	44/2	384/16	-0,176	1/8	32/36	-0,152	61/59	354/144	-0,215
2019	148/16	544/446	-0,166	30/9	224/448	-0,168	207/20	576/121	-0,197
2020	47/485	480/485	-0,171	52/22	301/728	-0,126	52/22	301/728	-0,158

Общая динамика *mean* для камышинского (северного) региона демонстрирует тенденцию к росту водного индекса с -0,176 до -0,171 в двухлетнем диапазоне. Аналогичные показатели MNDWI для волгоградского (центрального) и котельниковского (южного) очагов маляриогенности также имели положительную динамику в период с 2018 по 2020 годы. Модифицированный нормализованный водный индекс для них увеличился соответственно с -0,152 до -0,126 и с -0,215 до -0,158 соответственно за два года. Согласно данным, представленным в ежегодных отчетах Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области, усредненные и максимальные данные о количестве личинок и имаго комаров рода *Anopheles* имели неоднозначную динамику. Лишь в центральной маляриогенной зоне в период с 2018 по 2020 год наблюдался устойчивый рост как личиночных форм насекомых, так и имаго, тогда как максимальное количество имаго увеличивалось на всех трех территориях. В северной и южной зонах наибольшие значения отмечены для генераций 2019 года. Этот феномен может быть объяснен различиями в экологических условиях формирования трех различных популяций комаров [17].

Значительная часть территории центральной зоны расположена в Прикаспийской синеклизе и подвержена влиянию климатических процессов, способствующих общей многолетней аридизации региона. Северная и южная популяции развиваются в неоднородных абиотических условиях, характерных для Ергенинской (южной) и Приволжской (северной) антиклиз [18].

Для проверки наличия взаимосвязи между количеством поверхностных вод и численностью комаров-переносчиков малярии был произведен непараметрический анализ методом парной корреляции Пирсона. Статистическая обработка двух выборок выявила наличие прямой связи между изменением как среднего, так и максимального количества насекомых и динамикой значений индекса MNDWI в северной и центральной зонах (табл. 3).

Расчет коэффициента корреляции Пирсона для изучаемой территории обнаружил наличие высокой тесноты прямой связи между показателем индекса MNDWI и максимальным количеством личинок/имаго в камышинском регионе (0,994/0,833). Для Волгограда сила корреляционной связи находилась в области средних (заметных) величин, за исключением

среднего значения для имаго, где связь была сильной (0,904). В Котельниково зависимость между периодами засухи и числом личинок носила обратно пропорциональный характер, за исключением максимального количества имаго (0,943), что может быть объяснено малым значением выборки итогового вылета насекомых и погрешностью измерений, обусловленных логикой методики исследования количества личиночных форм в природных водоемах. Потенциальная достоверность результатов исследования могла быть повышена в случае предоставления надзорными органами данных о количественных характеристиках популяций комаров рода *Anopheles* в виде значений на уровне верхней границы 95% доверительного интервала (ДИ). Биологический смысл данного статистического метода позволяет уменьшить дисперсию при анализе малых выборок в непараметрическом анализе показателей, связанных с оценкой экологических параметров на неоднородной территории [19].

Таблица 3

**Коэффициенты корреляционной связи между количеством комаров
и значениями индекса MNDWI**

Маляриогенная зона	Личинки		Имаго	
	Среднее	Максимальное	Среднее	Максимальное
Камышин (северная зона)	0,872	0,994	0,038	0,833
Волгоград (центральная зона)	0,556	0,415	0,904	0,531
Котельниково (южная зона)	-0,266	-0,389	-0,706	0,943

Выводы: 1. Волгоградская область характеризуется благоприятными температурными условиями, способствующими завершению жизненного цикла малярийных комаров рода *Anopheles* и успешной спорогонии малярийного плазмодия. В период с 2018 по 2020 наблюдался рост максимального количества имаго насекомых-переносчиков возбудителя малярии в трех эндемических зонах: камышинской (северной), волгоградской (центральной) и котельниковской (южной). Аномально теплая осень 2020 г. продлила сезон активности имаго, обусловив резкий рост популяции в данном сезоне.

2. Оценка взаимосвязи между значениями индекса MNDWI и показателями количества комаров рода *Anopheles* выявила наличие прямой корреляционной связи явной и высокой степени тесноты для всех популяционных показателей в центральной и северной маляриогенной зоне. Для южной зоны наблюдаются наличие отрицательных корреляционных связей в виду ландшафтной неоднородности Ергенинской возвышенности и наличия высокого числа изолированных водоемов, вносящих погрешности в методику отбора проб на установление популяционного статуса комаров-переносчиков возбудителя малярии. Изменение статистических подходов (использование в качестве метода 95% ДИ вместо медианного значения выборки) в представлении информации о количестве личинок и имаго комаров потенциально способно решить проблему с неопределенностью данных о популяционном статусе исследуемой энтомофауны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малярийные комары и борьба с ними на территории Российской Федерации: Метод. указания МУ 3.2.974-00 (утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 16.05.2000).

2. Доклад «О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2020 году» / Ред. колл: В.Е. Сазонов и др. Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области // Ижевск: Принт, 2020. 300 с.
3. Мелихов В.В., Зибаров А.А., Мелихова Н.П., Романова А.В. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №1 (53). С. 60-67.
4. Сопрунов Ф.Ф., Хромова А.С. Основы и практика борьбы с малярией. М. Центр международных проектов ГКНТ, 1988. 193 с.
5. Benali A., Nunes J.P., Freitas F.B., Sousa C.A., Novo M., Lourenço P.M., Almeida A.P.G. Satellite-derived estimation of environmental suitability for malaria vector development in Portugal // Remote Sensing of Environment. 2014. Vol. 145. P. 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.014>
6. Ежов М.Н., Сергиев В.П., Баранова А.М., Курдова-Минчева Р., Эмироглу Н., Гасимов Э. Малярия в Европейском регионе ВОЗ на пути к элиминации, 2000–2015 гг. Копенгаген, Европейское бюро ВОЗ. 2017. 154 с.
7. Новосельцев В.Н., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А. Учет старения переносчиков при моделировании эпидемий // Управление развитием крупномасштабных систем mlscd'2007: Труды первой международной конференции. М., 2007. С. 145-152
8. McCord G. C. Malaria ecology and climate change // The European Physical Journal Special Topics. 2016. Vol. 225. №3. P. 459-470. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50097-1>
9. Caminade C., Kovats S., Rocklov J., Tompkins A.M., Morse A.P., Colón-González F.J., Lloyd S.J. Impact of climate change on global malaria distribution // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111. №9. P. 3286-3291. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302089111>
10. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2020 году». Волгоград, 2021.
11. Hayes M. J., Alvord C., Lowrey J. Drought indices. National drought mitigation center, University of Nebraska, 2002.
12. Hayes M., Svoboda M., Wall N., Widhalm M. The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended // Bulletin of the American Meteorological Society. 2011. Vol. 92. №4. P. 485-488.
13. Wu H., Hayes M.J., Wilhite D. A., Svoboda M. D. The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. 2005. Vol. 25. №4. P. 505-520. <https://doi.org/10.1002/joc.1142>
14. Artemov G.N., Gordeev M.I., Kokhanenko A.A., Moskaev A.V., Velichevskaya A.I., Stegnyy V.N., Sharakhova M.V. A standard photomap of ovarian nurse cell chromosomes and inversion polymorphism in *Anopheles beklemishevi* // Parasites & vectors. 2018. Vol. 11. №1. P. 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2657-3>
15. Баранова А.М., Курдова Р., Гасимов Э.И. Мониторинг маляриологической ситуации и оценка эффективности профилактических мероприятий в системе эпидемиологического надзора за малярией // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. №2. С. 3-7.
16. Панюкова Е.В., Целищева Л.Г., Пестов С.В., Колесникова А.А., Бакка С.В., Шарахова М.В. Фауна и экология кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) государственного природного заповедника «Нургуш» Кировской области // Паразитология. 2020. Т. 54. №4. С. 322-340. <https://doi.org/10.31857/S1234567806040057>
17. Монастырский М.В., Шестопалов Н.В., Акимкин В.Г., Демина Ю.В. Актуальные вопросы эпидемиологического надзора за лихорадкой Западного Нила на современном этапе на примере Волгоградской области // Здоровье населения и среда обитания. 2014. №10 (259). С. 43-47.
18. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Восточно-Европейская. Л. М38. Волгоград: Волгагеология; СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
19. Ярмamedов Д.М., Липатов В.А. Метод доверительных интервалов в биологических и медицинских исследованиях // Innova. 2016. №3 (4). С. 13-15.

REFERENCES

1. Malyariinye komary i bor'ba s nimi na territorii Rossiiskoi Federatsii.: Metod. ukazaniya MU 3.2.974–00 (utv. Gl. gos. sanitar. vrachom RF 16.05.2000). (In Russ.).

2. Doklad “O sostoyanii okruzhayushchei sredy v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu” (2020). V.E. Sazonov. Komitet prirodnnykh resursov, lesnogo khozyaistva i ekologii Volgogradskoi oblasti. Izhevsk. (In Russ.).
3. Melikhov, V.V., Zibarov, A.A., Melikhova, N.P., & Romanova, A.V. (2019). Kharakter i napravlennost' izmenenii klimaticheskikh parametrov Volgogradskoi oblasti. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, (1 (53)), 60-67. (In Russ.).
4. Soprunov, F.F., & Khromova, A.S. (1988). Osnovy i praktika bor'by s malyariiei. Moscow. (In Russ.).
5. Benali, A., Nunes, J. P., Freitas, F. B., Sousa, C. A., Novo, M. Lourenço, P. M., & Almeida, A. P. G. (2014). Satellite derived estimation of environmental suitability for malaria vector development in Portugal. *Remote Sensing of Environment*, 145, 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.014>
6. Ezhov, M.N., Sergiev, V.P., Baranova, A.M., Kurdova-Mincheva, R., Emiroglu, N., & Gasimov, E. (2017). Malyariya v Evropeiskom regione VOZ na puti k eliminatsii, 2000–2015 gg. Kopengagen. (In Russ.).
7. Novosel'tsev, V.N., Mikhail'skii, A.I., & Novosel'tseva, Zh.A. (2007). Uchet stareniya perenoschikov pri modelirovanii epidemii. In *Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem mlsd'2007 Trudy pervoi mezhdunarodnoi konferentsii*, Moscow. 145-152. (In Russ.).
8. McCord, G. C. (2016). Malaria ecology and climate change. *The European Physical Journal Special Topics*, 225(3), 459-470. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50097-1>
9. Caminade, C., Kovats, S., Rocklov, J., Tompkins, A. M., Morse, A. P., Colón-González, F. J., ... & Lloyd, S. J. (2014). Impact of climate change on global malaria distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3286-3291. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302089111>
10. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka (2021). Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu”, Volgograd. (In Russ.).
11. Hayes, M. J., Alvord, C., & Lowrey, J. (2002). *Drought indices*. National drought mitigation center, University of Nebraska.
12. Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M. (2011). The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), 485-488.
13. Wu, H., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., & Svoboda, M. D. (2005). The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(4), 505-520. <https://doi.org/10.1002/joc.1142>
14. Artemov, G. N., Gordeev, M. I., Kokhanenko, A. A., Moskaev, A. V., Velichevskaya, A. I., Stegnyi, V. N., ... & Sharakhova, M. V. (2018). A standard photomap of ovarian nurse cell chromosomes and inversion polymorphism in *Anopheles beklemishevi*. *Parasites & vectors*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2657-3>
15. Baranova, A.M., Kurdova, R., Gasimov, E.I. (2020). Monitoring of the malariological situation and evaluation of the effectiveness of preventive measures in the system of epidemiological surveillance of malaria. *Meditinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*, 2, 3-7. (In Russ.).
16. Panyukova, E. V., Tselishcheva, L. G., Pestov, S. V., Kolesnikova, A. A., Bakka, S. V., & Sharakhova, M. V. (2020). Fauna i ekologiya krovososushchikh komarov (Diptera: Culicidae) gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika “Nurgush” Kirovskoi oblasti. *Parazitologiya*, 54(4), 322-340. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S1234567806040057>
17. Monastyrsky, M., V., Shestopalov, N.V., Akimkin, V.G., Demina, Y.V. (2014). Topical issues of epidemiological surveillance of West Nile fever at the present stage on the example of the Volgograd region. *ZNI SO*, 10 (259), 43-47. (In Russ.).
18. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie) (2009). Seriya Vostochno-Evropeiskaya. L. M38. Volgograd, St. Petersburg. (In Russ.).
19. Yarmamedov, D. M., & Lipatov, V. A. (2016). Metod doveritel'nykh interavalov v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh. *Innova*, (3 (4)), 13-15. (In Russ.).

Дата поступления: 24.04.2022

Дата принятия: 10.07.2022

© Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмұлёв И.С., 2022

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ
НАДЫМСКОГО РАЙОНА ЯНАО

Moskovchenko D.V., Romanenko E.A.

BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF LANDSCAPES OF THE NADYM REGION OF YANAO

Аннотация. Цель исследования – выявить биогеохимические особенности почв (подзолы иллювиально-железистые, подзолы, криоземы, торфяные олиготрофные мерзлые почвы, аллювиальные серогумусовые и озерно-аллювиальные почвы) и растительности (*Betula nana* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Vaccinium uliginosum* L., *Ledum palustre* L., *Sphagnum* sp L.) Надымского района. Для достижения цели поставлены и реализованы задачи: определить валовое содержание и радиальную дифференциацию элементов в изучаемых почвах; выявить особенности биологического накопления элементов доминирующими видами растительного покрова. Элементный состав почв и растений определен на рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного типа S6 JAGUAR согласно методике определений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах. Установлено, что почвы Надымского района отличаются низким содержанием макроэлементов, в том числе необходимых для минерального питания растений калия, кальция, фосфора. Вычисление почвенно-геохимических коэффициентов показывает, что изучаемые почвы имеют среднюю степень выветривания и промывной режим увлажнения, к более плодородным почвам отнесены торфяно-глебовые и криоземы. В органогенных горизонтах почв происходит накопление Ca, P, S, минеральные горизонты накапливают Co, Cr, Ni. Радиальная геохимическая структура криоземов совмещает черты элювиально-иллювиальной дифференциации и биогенной аккумуляции. В подзолах распределение всех элементов элювиально-иллювиальное, с минимумом в подзолистом горизонте. Среди растений лидером по накоплению элементов является карликовая береза (максимальное накопление Ca, K, P, Mg, Zn, Ni), во мхах, напротив, обнаружена минимальная аккумуляция элементов. К элементам энергичного и сильного накопления ($K_b=n-100n$) относятся Pb, Mo, Cd, Cl, S.

Ключевые слова: Надымский район, почвы, растительность, валовое содержание, радиальная

Abstract. The purpose of the study is to reveal the biogeochemical features of soils (illuvial-ferruginous podzols, podzols, cryozems, oligotrophic peat frozen soils, alluvial gray-humus and lacustrine-alluvial soils) and vegetation (*Betula nana* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Vaccinium uliginosum* L., *Ledum palustre* L., *Sphagnum* sp L.) of the Nadym region. To achieve the goal, the following tasks were set and implemented: to determine the total content and radial differentiation of elements in the studied soils; to reveal the features of the biological accumulation of elements by the dominant types of vegetation cover. The elemental composition of soils and plants was determined on a serial X-ray fluorescence spectrometer S6 JAGUAR according to the method for determining the mass fraction of metals and metal oxides in powder samples. It has been established that the soils of the Nadym region are characterized by a low content of macroelements, including potassium, calcium, and phosphorus necessary for the mineral nutrition of plants. Calculation of soil-geochemical coefficients shows that the studied soils have an average degree of weathering and leaching moisture regime, peat-gley and cryozems are classified as more fertile soils. Ca, P, and S are accumulated in organic soil horizons, and Co, Cr, and Ni are accumulated in mineral horizons. The radial geochemical structure of cryozems combines features of eluvial-illuvial differentiation and biogenic accumulation. In podzols, the distribution of all elements is eluvial-illuvial, with a minimum in the podzolic horizon. Among plants, the leader in the accumulation of elements is dwarf birch (the maximum accumulation of Ca, K, P, Mg, Zn, Ni), in mosses, on the contrary, the minimum accumulation of elements was found. The elements of energetic and strong accumulation ($K_b=n-100n$) include Pb, Mo, Cd, Cl, S.

Keywords: Nadymsky district, soils, vegetation, total content, radial geochemical structure, soil-

геохимическая структура, почвенно-геохимические коэффициенты, коэффициент биологического накопления.

Сведения об авторах. Московченко Дмитрий Валерьевич, ORCID: 0000-0001-6338-7669, д-р геогр. наук, Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия, moskovchenko1965@gmail.com

Романенко Елизавета Ахмедовна, ORCID: 0000-0003-2964-1226, Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия, leta-92@list.ru

geochemical coefficients, biological accumulation factor.

Information about authors. Moskovchenko Dmitriy Valerievich, ORCID: 0000-0001-6338-7669, Dr. habil., Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia, moskovchenko1965@gmail.com

Romanenko Elizaveta Akhmedovna, ORCID: 0000-0003-2964-1226, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia, leta-92@list.ru

Московченко Д.В., Романенко Е.А. Биогеохимические особенности ландшафтов Надымского района ЯНАО // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 122-136. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/12>

Moskovchenko, D.V., & Romanenko, E.A. (2022). Biogeochemical Features of Landscapes of the Nadym Region of Yanao. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 122-136. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/12>

Введение. Надымский район ЯНАО является одним из главных газодобывающих регионов России. Добыча углеводородного сырья оказывает негативное воздействие на природные комплексы региона и приводит к возникновению большого числа экологических проблем [1-3]. Постоянно увеличивается площадь почв, нарушенных антропогенными воздействиями [4]. Функционирование объектов нефте- и газодобычи приводит к выбросу многочисленных загрязнителей. Избыточное поступление химических элементов и их соединений может оказывать ингибирующее действие на биоту. Проблема антропогенного воздействия на малоустойчивые полярные и приполярные экосистемы многократно описана в научной литературе [5; 6]. Поэтому важна оценка современного экологического состояния этой территории. Определение валового содержания химических элементов в почвах и растениях – одна из основных задач геоэкологии, поскольку дает основу для проведения эколого-геохимического мониторинга.

В настоящее время на севере Западной Сибири под влиянием повышения температуры воздуха происходит увеличение мощности сезонноталого слоя, повышение температуры пород, смена видового состава растительности [7]. Современная климатогенная динамика может изменить биогеохимические процессы и вызвать изменения в химическом составе компонентов ландшафта. Определено, что увеличение сезонного протаивания изменяет состав почв за счет усиления миграции органического углерода и микроэлементов, в особенности щелочных и щелочноземельных металлов [8-10]. Известно, что даже минимальное поступление элементов в почвенный покров тундровых экосистем может привести к значительным изменениям в биогеохимическом круговороте [11-14]. При дальнейшем потеплении климата, способствующего таянию многолетнемерзлых пород, процессы аккумуляции и транслокации химических элементов в ландшафтах будут меняться. Все это углубляет интерес исследователей к изучению биогеохимии полярных и приполярных регионов [15; 16].

Актуальность проблемы современной природной и антропогенной динамики состава почв севера Западной Сибири и определила повышенный интерес исследователей к этой теме. Выявлены основные закономерности геохимии почв, определены валовые содержания основных тяжелых металлов и металлоидов [17-19]. Обозначено, что особый характер геохимических потоков вещества в ландшафтах Надымского района складывается из-за высокой литолого-геоморфологической неоднородности территории в сочетании с суровыми климатическими условиями [20]. Типологическое разнообразие почв Надымского района, обусловленное его значительной площадью и расположением в разных природных зонах, литологическая неоднородность почвообразующих пород, современная климатогенная динамика и разнообразие форм техногенного воздействия определяют необходимость дальнейшего исследования биогеохимических особенностей почв. Знание биогеохимических особенностей региона необходимо для разработки программ рекультивации нарушенных участков, расчете показателей геоэкологического риска и определения приемов управления этим риском [21]. Цель данного исследования – выявить биогеохимические особенности почв и доминантов растительного покрова Надымского района ЯНАО.

Материалы и методы исследования. Север Надымского района относится к подзоне субарктических тундр, центральная часть – к подзоне редколесий, южная – к подзоне северной тайги [22]. В подзоне субарктических тундр в плакорных местообитаниях распространены моховые и кустарниковые тундровые сообщества. В южной тундре они образуют сомкнутые заросли, сначала низкорослые и лежащие, так называемые низкокустарниковые тундры, а затем к югу переходящие в собственно кустарниковые тундры – ерниковые, ивняковые, ольховниковые [23; 24]. В подзоне предтундровых редколесий доминирующими типами сообществ являются елово-лиственничные лишайниковые и зеленомошно-кустарничковые редколесья, которые сочетаются с кустарниковыми тундрами и плоскобугристыми болотами. В напочвенном покрове преобладают гипоарктические кустарники и кустарнички (*Salix pulchra*, *Betula nana*, *Empetrum nigrum*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium unguiculatum*), которые сочетаются с арктоальпийскими видами (*Arctous alpina*). В северотаежной подзоне широко распространены редкостойные леса с доминированием сосны и лиственницы. Вследствие разреженности древесного яруса его эдификаторная роль невелика, поэтому напочвенный покров формируется главным образом под влиянием общих природных условий [25].

По почвенно-географическому районированию [26], северная часть территории относится к полярному поясу, южная часть – к бореальному. Почвообразующие породы представлены морскими, аллювиально-морскими отложениями, современным полюстрием [26; 27]. Обедненность почвенно-геохимического фона возникает в результате широкого распространения песчаных пород [28]. Преобладающими типами почв являются иллювиально-железистые подзолы, торфяно-подзолы, криоземы, глееземы, торфяно-глееземы, торфяные олиготрофные почвы.

Отбор проб почв и растительности выполнен на территории Надымского района в летний период 2020 года (рис. 1). В ходе исследования были отобраны пробы из почв, преобладающих в структуре почвенного покрова южных субарктических тундр и

предтундровых редколесий: иллювиально-железистые подзолы (Albic Podzols согласно WRB, набор генетических горизонтов O-E-BF-BC-C); криоземы (Folic Cryosols, O-CR-C); торфяные олиготрофные мерзлые почвы (Hemic Cryic Histosols, O-TO-TT₁).

Также изучены интразональные аллювиальные серогумусовые и озерно-аллювиальные почвы. Отбор проб выполнен из генетических горизонтов почв в пределах сезонноталого слоя.

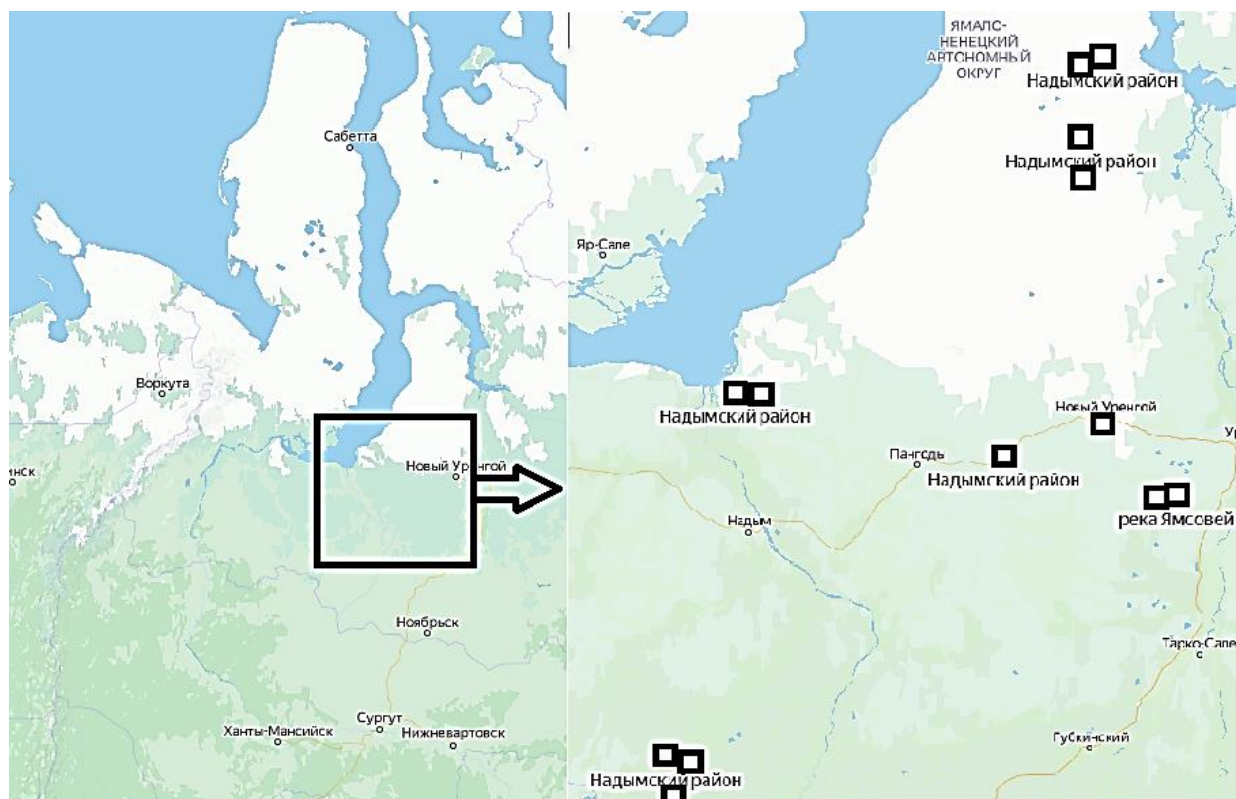


Рис. 1. Район исследования

На участках опробования почв были отобраны доминирующие виды растений: кустарниковые породы – карликовая береза *Betula nana* L.; мирт болотный обыкновенный *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; кустарнички – голубика болотная *Vaccinium uliginosum* L., багульник болотный *Ledum palustre* L.; сфагновые мхи *Sphagnum* sp L. У кустарничков исследовался состав вегетирующих зеленых надземных частей, у кустарников – ветви с листьями.

В лабораторных условиях образцы проб просушивались до воздушно-сухого состояния, просеивались через сито для удаления корней растений и измельчались до пудры. Анализ проб выполнен в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Определение валового содержания элементов проведено на рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного типа S6 JAGUAR по методике определений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах. Благодаря тому, что метод РФА имеет низкую стоимость, прост в применении и определяет широкий круг микро- и макроэлементов, ряд авторов активно применяют его в определении элементного состава почв и растений [29-31].

Калибровки прибора производились с помощью комплекта Государственных стандартных образцов состава почв. При подсчетах учитывалась массовая доля элементов, входящих в область аккредитации метода РФА (Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , MnO , P_2O_5 , S , TiO_2 , Cr , Co , Cu , Ni , Pb , Rb , Sr , V , Zn). Элементы, не входящие в область аккредитации, не учитывались. Для каждой пробы проводили два параллельных определения элементов. Результаты, полученные в двух повторениях, проверялись на предмет расхождений с допусками ($P=0,95$), рассчитанными для каждого измеряемого элемента отдельно. При удовлетворительном результате в качестве конечного результата измерения принималось среднее арифметическое.

В исследовании М.Г. Опекуновой и др. [17] выявлена необходимость определения регионального геохимического фона отдельно для органогенных горизонтов, минеральных (срединных) горизонтов почв и торфяников на основе статистического анализа и метода ранжированных геохимических спектров. Поэтому полученные данные мы разделили на три указанные группы, для каждой из которых подсчитаны статистические показатели – среднеарифметическое значение (M), медианное значение (Me) и среднеквадратичное отклонение (SD), коэффициент вариации (V). Для оценки биогеохимических особенностей обследованной территории подсчитывались кларки концентрации KK – отношение содержания элементов в почвенных горизонтах к кларку верхней части континентальной земной коры по [32], коэффициенты биологического накопления $Kб$ – отношение содержания элемента в золе растений к кларку и коэффициенты радиальной дифференциации R – отношение содержания элемента в генетических горизонтах почв к содержанию в породе. Обработка проводилась с помощью программы Microsoft Excel.

Для оценки условий почвообразования и степени выветрелости минеральной основы почв были подсчитаны следующие коэффициенты:

Индекс химического изменения $CIA=100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. Данный индекс характеризует процесс выщелачивания и показывает соотношение первичных и вторичных минералов [33]. Индекс используют как показатель климатических условий формирования почв [34].

Индекс потенциального почвенного плодородия FI [35] $FI=(\text{CaO} + \text{MgO} + 10\text{P}_2\text{O}_5) / \text{SiO}_2$.

Отношение Ba/Sr , которое показывает гидротермические условия осадконакопления, в частности, процесс выщелачивания [36].

Для дифференциации поступления микроэлементов между антропогенными и природными источниками широко используется коэффициент обогащения (EF), который показывает обогащение исследуемых образцов конкретными элементами по отношению к природному фону:

$$EF=(C_i/C_n)/(K_i/K_n)$$

где C_i и C_n – среднее содержание i -го и эталонного элементов в органогенном горизонте, K_i и K_n – кларки i -го и эталонного элементов в верхней части континентальной земной коры [32].

Результаты и их обсуждение. Результаты определения элементного состава почв Надымского района представлены в таблице 1. В макрокомпонентном составе минеральных

горизонтов почв преобладают окислы кремния. Затем, в порядке убывания, расположены Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , Ca_2O . Доминирование песчаных почвообразующих пород приводит к абсолютному доминированию кремния в элементном составе, доля которого в среднем составляет 79%, а в отдельных пробах – более 90%. Доминирование кремнезема свидетельствует о том, что территория исследования подвергалась выветриванию горных пород и длительной криогенной трансформации [37]. В холодных и сухих условиях происходит рост относительного содержания кремния [38; 39]. Суммарное содержание преобладающих в составе SiO_2 и Al_2O_3 , составляет в среднем 84,1%, что в целом характерно для арктических почв, в которых сумма SiO_2 и Al_2O_3 составляет 80-90% от вещества мелкозема [37].

Таблица 1

Элементный состав почв Надымского района

Образцы	Минеральные горизонты		Поверхностные горизонты		Торф		Кларк [32]	Почвы севера Западной Сибири
	М	SD	М	SD	М	SD		
SiO_2 (%)	79	17	67	19	16	20	66.62	-
Al_2O_3 (%)	5,1	4,0	4,7	2,9	1,2	1,5	15,4	-
Fe_2O_3 (%)	1,51	1,14	1,63	0,79	1,40	1,45	5,04	1,0/-/0,81 ¹
MgO (%)	0,21	0,32	0,14	0,21	0,08	0,09	2,48	-
CaO (%)	0,30	0,29	0,55	0,20	0,70	0,43	3,59	-
K_2O (%)	1,16	0,50	1,24	0,62	0,40	0,39	2,8	-
Na_2O (%)	0,66	0,41	0,80	0,59	0,16	0,18	3,27	-
P_2O_5 (%)	0,07	0,08	0,27	0,28	0,40	0,55	0,15	-
S (%)	0,013	0,027	0,088	0,090	0,135	0,076	0,0621	-
Ti мг/ кг	3483	1402	3610	1238	1343	1704	3837	-
Mn мг/ кг	194	148	<ПО	48	219	169	775	160/-/248 ¹
Ba мг/ кг	381	150	492	104	327	233	624	460/257/77 ²
Co мг/ кг	23,5	5,3	23,5	4,8	16,2	10,9	17,3	8,4/5,8/2,44 ²
Cr мг/ кг	67,2	25,6	155	85,7	116	145,0	92	42/20,6/10,4 ²
Cu мг/ кг	7,7	4,4	19,7	11,2	25,5	11,2	28	8,7/8,68/7,25 ²
Ni мг/ кг	21,1	9,1	47,2	27,3	35,7	38,6	47	13/12/7,19 ²
Pb мг/ кг	19,9	18,3	27,4	34,3	78,2	35,4	17	9,9/13,4/5,48 ²
Rb мг/ кг	39,6	18,5	33,3	26,7	10,3	17,9	84	-
Sr мг/ кг	84,8	49,6	105,8	50,2	86,7	31,2	320	-
V мг/ кг	49,8	43,1	58,3	29,5	78,0	13,9	97	60/25/10,4 ²
Zn мг/ кг	17,0	26,2	37,0	57,2	95,2	86,4	67	31/35,6/19,9 ²

Примечание: ¹ – [40]; ² – [17]; указаны значения для минеральных / поверхностных органогенных / торфяных горизонтов; <ПО – содержание элемента было ниже предела обнаружения более чем в 50% проб

Содержание остальных макроэлементов меньше кларка верхней части континентальной земной коры в 2-11 раз. Обращает на себя внимание низкое содержание кальция, «главного металла живого вещества» [41], которое на порядок меньше кларка. В предыдущих исследованиях в Надымском районе также было зафиксировано низкое содержание CaO в подзолах, составляющее 0,21% [42]. Связано это с низким содержанием элемента в

бескарбонатных почвообразующих породах и активным элювированием в почвах, с чем связано выщелачиванием элемента [43]. Максимальное накопление кальция отмечается в горизонте А озерно-аллювиальной почвы.

Наблюдается отчетливо выраженный градиент уменьшения содержания валового фосфора с глубиной. Содержание валового фосфора максимально в торфяных горизонтах, где составляет 0,4%, в то время как в минеральных горизонтах – 0,07%. Низкие температуры и подавляют микробиологическую активность и минерализацию фосфора [44].

Величины индекса химического изменения CIA для минеральных горизонтов почв изменяются от 58 (озерно-аллювиальная почва) до 77 (мерзлая торфянисто-глеевая) (рис. 2). Как правило, значения CIA изменяются в диапазоне 65-75 единиц. Известно, что невыветрелые породы характеризуются значениями CIA около 50, в сильновыветрелых разновидностях CIA достигает 100 единиц [45]. Осадочные отложения гумидных территорий характеризуются интенсивным выносом кальция, натрия и калия из полевых шпатов, это, в свою очередь, приводит к аккумуляции соотношения алюминия и щелочей в продуктах выветривания [46], и росту значений CIA.

Обследованные почвы характеризуются средней степенью выветривания, наименее выветрелыми являются горизонты озерно-аллювиальных почв, что свидетельствует об их эволюционной молодости. В криогенных почвах степень выветрелости повышается. Вероятно, криогенез, который проявляется в регулярных фазовых переходах воды в надмерзлотных почвенных горизонтах, усиливает процессы выветривания.

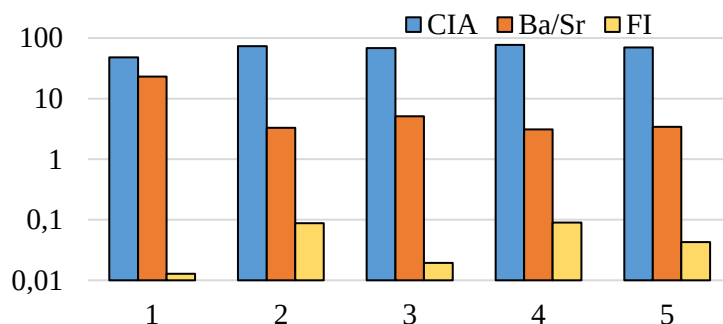


Рис. 2. Почвенно-геохимические коэффициенты:

1 – озерно-аллювиальная почва; 2 – криозем; 3 – подзол иллювиально-железистый;
4 – торфянисто-глеевая мерзлая почва; 5 – аллювиальная серогумусовая почва

Отношение Ba/Sr, которое индицирует режим увлажнения, повышено в озерно-аллювиальных почвах и подзолах что свидетельствует о переувлажнении и промывном режиме. Минимально отношение Ba/Sr в криоземах. Индекс потенциального почвенного плодородия, определяемый преимущественно количеством фосфора, максимален в криоземах и торфянисто-глеевых почвах, наименее плодородными являются песчаные подзолы и озерно-аллювиальные почвы.

По отношению к кларку верхней части континентальной земной коры, в минеральных горизонтах исследованных почв слабо накапливается Co (кларк концентрации КК=1,4), околосларковые концентрации характерны для Pb и Ti. Повышенное содержание Co в почвообразующих породах Пур-Тазовского междуречья было ранее отмечено Сорокиной с

соавторами [27]. Остальные элементы деконцентрируются, кларки рассеяния изменяются от 1,4 (Cr) до 4,0 (Mn). Низкое содержание элементов неоднократно описано в предшествующих исследованиях [2, 47]. Отмечалось, что в почвах севера Западной Сибири концентрации большинства тяжелых металлов в 3-9 раз меньше среднемировых значений [17]. Причины низкого содержания металлов состоят в преобладании песчаных почвообразующих пород и активом выщелачивании элементов. Таргульян В.О. [48] связывает интенсивный вынос элементов с климатическими особенностями территории, поскольку холодно-влажные области характеризуются избыточным переувлажнением.

Исследования Сорокиной с соавторами [47] выявили, что территория севера Западной Сибири относится к области рассеяния. КК в различных ландшафтных провинциях севера по данным Сорокиной составляет 0,34-0,74. Согласно полученным нами данным, для минеральных горизонтов почв среднее значение $KK=0,7$, что подтверждает преобладание рассеяния на исследуемой территории.

По сравнению со среднерегиональными значениями [17; 40], в минеральных горизонтах обследованных почв повышено содержание Co, Cr, Ni. Ранее отмечалось, что аллювиально-морские отложения третьей и четвертой террас имеют повышенное содержание V, Cr, Co, Ni [17]. Вероятно, повышенное содержание этих элементов связано с литогенным фактором. Близки к среднерегиональным значениям концентрации Mn, V, Cu, снижено содержание Zn.

В органогенных горизонтах литогенных почв и торфяниках происходит накопление Ca, P, S, Cu, Pb. Содержание этих элементов увеличивается по мере роста количества органического вещества и достигает максимума в торфе. Содержание валового фосфора в торфе возрастает по сравнению с минеральными горизонтами почв в 5,7 раза, серы – в 10 раз, содержание Zn, Pb и Cu возрастает соответственно в 5,6, 3,4 и 3,9 раза. Согласно А.И. Перельману [41], сера относится к элементам энергичного интенсивного биологического накопления ($K_b > 100$), фосфор и цинк – интенсивного и среднего накопления, ($K_b = 10-100$), что соответствует максимальному росту их концентрации в торфяных горизонтах.

Для уточнения особенностей элювиально-иллювиальной дифференциации в почвах были подсчитаны коэффициенты радиальной дифференциации (рис. 3).

Радиальная почвенно-геохимическая структура криоземов совмещает черты элювиально-иллювиальной дифференциации и биогенной аккумуляции. Содержание халькофильных Pb и Cu имеет ярко выраженный поверхностно аккумулятивный характер, в то время как Fe, Ni, Cr имеют слабоконтрастное элювиально-иллювиальное распределение. В подзолах распределение всех элементов элювиально-иллювиальное, с минимумом в горизонте Е. Для озерно-аллювиальной почвы основным процессом является осаждение илестых частиц на поверхности при весеннем повышении уровня воды в озере, что приводит к росту содержания в поверхностном горизонте Ni, Cr, Cu, Sr. Распределение Ni очень контрастное ($0,2 < R < 23$).

Таким образом, биогеохимические особенности почв в значительной степени определяются аккумуляцией халькофильных металлов в органогенных горизонтах. Для тундровых и лесотундровых ландшафтов свойственна аккумуляция халькофильных

элементов в растениях различных таксономических групп. Данный вывод подтверждается исследованием [49], который выявил активное накопление халькофильных элементов в багульнике и пушице Уренгойских тундр и, напротив, малые концентрации сидерофильных элементов: Fe в 3,2 раза ниже среднемировых значений, Co – в 1,8 раз. Поэтому накопление на биогеохимическом барьере является важнейшим фактором, формирующим геохимическую структуру почвенного покрова.

Результаты определения элементного состава доминирующих растений представлены в таблице 2.

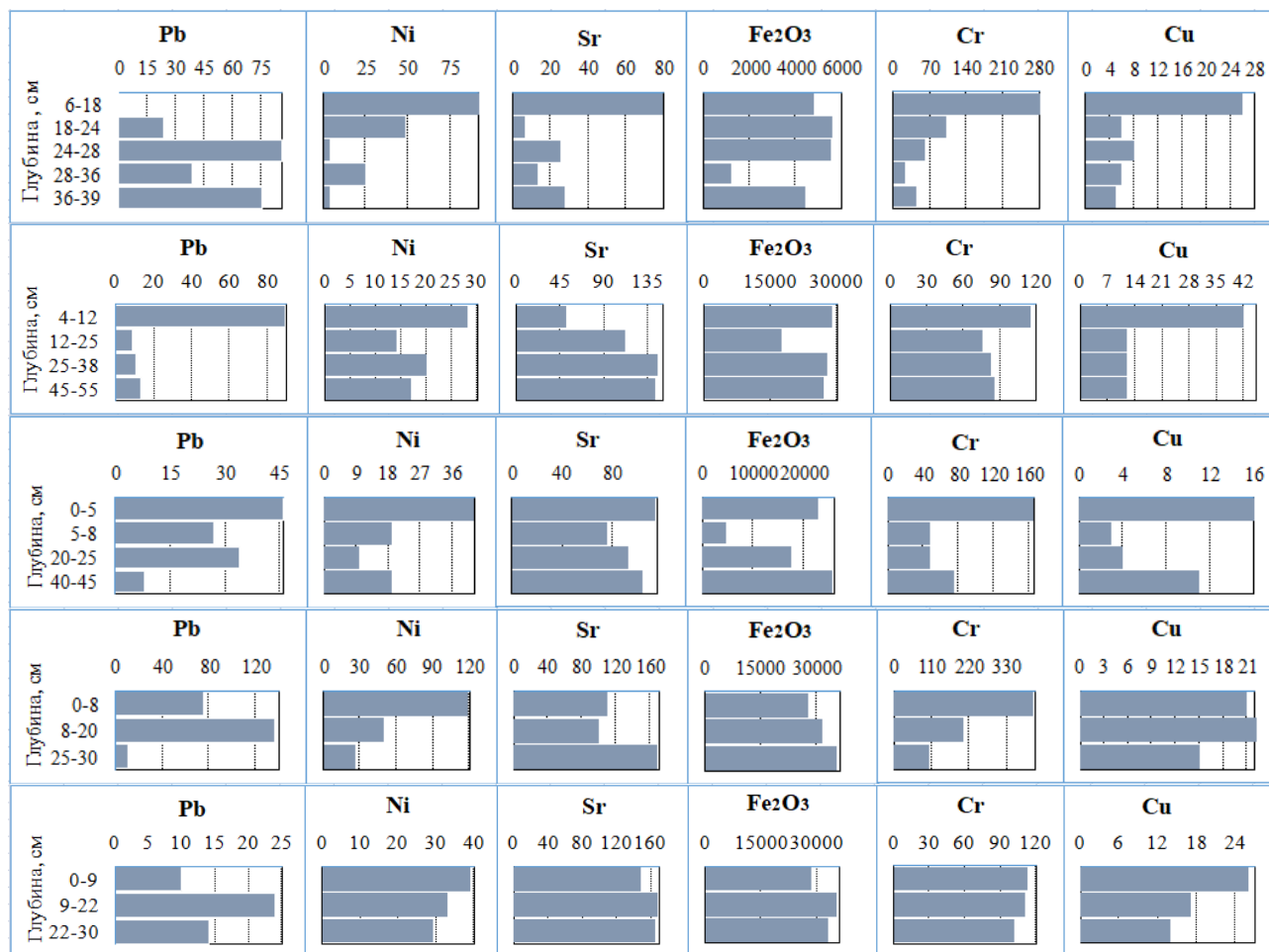


Рис. 3. Распределение элементов в профилях почв

1 – озерно-аллювиальная почва; 2 – криозем; 3 – подзол иллювиально-железистый;
4 – торфянисто-глеевая мерзлая почва; 5 – аллювиальная серогумусовая почва

Таблица 2

Содержание химических элементов в растениях Надымского района ЯНАО,
мг/кг абс. сухого вещества

Элементы	Растения							
	<i>Vaccinium uliginosum</i> L. n=5		<i>Sphagnum</i> sp. L. n=5		<i>Ledum palustre</i> L. n=5		<i>Betula nana</i> L. n=7	
	Me±SD	V, %	Me±SD	V, %	Me±SD	V, %	Me±SD	V, %
Ca	3100±601	18,1	1200±311	26,39	3800±867	24,4	4200±349	8,2
K	2500±439	16,6	1900±665	37,82	2900±583	20,8	3000±614	19,9

Элементы	Растения							
	<i>Vaccinium uliginosum</i> L. n=5		<i>Sphagnum</i> sp. L. n=5		<i>Ledum palustre</i> L. n=5		<i>Betula nana</i> L. n=7	
	Me±SD	V,%	Me±SD	V,%	Me±SD	V,%	Me±SD	V,%
P	1200±370	31,4	400±181	39,49	800±376	42,8	1300±495	36,1
Si	1600±320	22,3	1700±3425	110,50	1400±724	45,3	1600±587	32,9
Mg	1300±167	13,3	600±270	42,22	900±212	23,6	1500±270	18,1
Na	400±531	120,9	200±286	130,16	300±216	51,6	400±325	73,6
S	1200±300	23,1	500±89,4	15,97	700±167	22,6	800±111	13,4
Zn	46,7±9,97	21,7	15,9±4,44	29,75	29,9±71,7	121,9	181±59,2	36,8
Cu	26,2±6,07	22,9	14,1±4,87	32,40	23,1±4,60	19,6	24,2±2,1	8,9
Ni	14,3±2,02	14,2	10,9±6,49	49,12	13±2,33	16,6	15,3±2,5	15,9
Co	8,6±6,84	58,7	8,7±3,86	38,09	8,9±2,74	27,1	8,3±0,6	7,0
Fe	55,4±7,62	12,9	225±270	90,88	113±119	87,0	149±80	48,8
Mn	340±194	48,9	303±186	66,95	785±208	27,1	690±485	61,3
Cr	20,8±3,36	16,4	18,3±18,7	68,16	24,9±6,48	27,4	26,6±5,5	21,2
Ti	7,1±0,589	8,6	5,9±18,9	132,27	7,3±6,21	62,1	7,4±0,387	5,2
Al	968±539	46,0	1055±421	33,83	1029±155	14,2	1122±141	12,4
Pb	24,1±4,32	18,4	22,9±13,2	47,54	40,8±32,6	70,1	32,2±42,3	71,8
Cd	43,1±13,7	34,6	30±22,4	58,55	45,2±22,8	48,3	46,6±25,7	45,7

Наиболее активным накоплением большинства элементов отличается карликовая березка (*Betula nana* L.), в которой отмечено максимальное содержание Ca, K, P, Mg, Zn, Ni. Интенсивное накопление элементов кустарниками (карликовой березкой и ивой) было ранее отмечено для тундр Ямала [49; 50]. Рассчитанный коэффициент биологического накопления Кб (рис. 4) показал, что к элементам энергичного и сильного накопления ($K_b = n-100n$) относятся свинец, молибден, кадмий, хлор, сера, что в целом соответствует рядам биологического поглощения по А.И. Перельману. У карликовой березы помимо вышеперечисленных элементов к элементам накопления относятся фосфор и цинк. Остальные элементы являются элементами захвата. По содержанию элементов слабого и очень слабого захвата, к которым относятся Co, Cr, Ti, Al [41], исследуемые растения различаются незначительно. Сфагновые мхи отличаются слабым накоплением катионогенных щелочных и щелочноземельные элементы, мигрирующие в основном в виде простых катионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}).

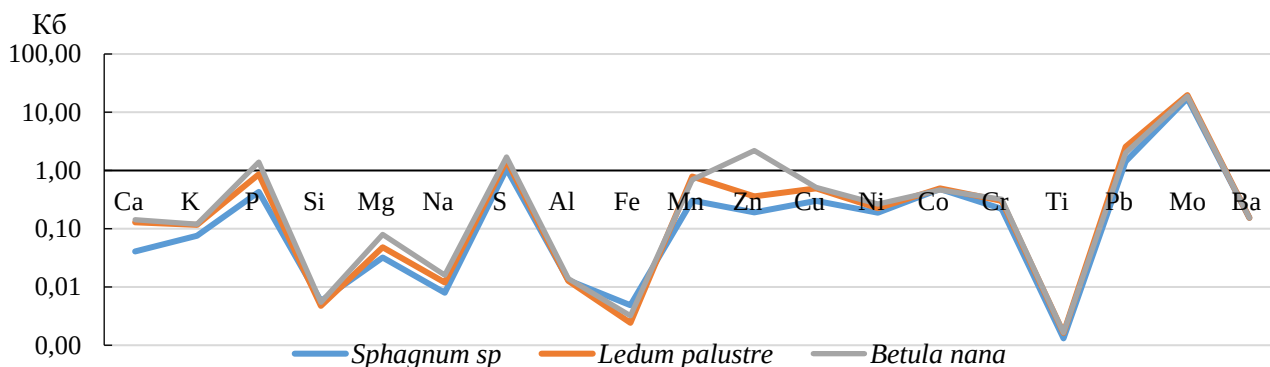


Рис. 4. Значения коэффициентов биологического накопления

Выводы. Почвы Надым-Пуровского междуречья сформировались в результате длительной криогенной трансформации и выветривания, приведшей к абсолютному преобладанию до кремнезема в составе минеральных горизонтов. Отмечен дефицит большинства элементов по сравнению с кларком земной коры, кроме Co, Pb и Ti. Остальные элементы деконцентрируются, кларки рассеяния изменяются от 1,4 (Cr) до 4,0 (Mn). Процессы биологического накопления приводят к аккумулярованию в поверхностных органогенных горизонтах литогенных почв и торфяниках халькофильных элементов (S, Cu, Pb, Zn), а также кальция и фосфора. Наиболее активно накапливает элементы карликовая березка, в которой отмечено максимальное содержание Ca, K, P, Mg, Zn, Ni.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеенко Т.И., Гашев С.Н. Биогеохимическая индикация загрязнения металлами и радионуклидами в регионах нефтедобычи // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 5. С. 557-560. <https://doi.org/10.1134/S1028334X12120112>
2. Московченко Д.В. Экогеохимия нефтедобывающих районов Западной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2013. 259 с.
3. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Арестова И. Ю. Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2018. Т. 25. №1. С. 122–138. <https://doi.org/10.15372/SEJ20180111>
4. Абакумов Е.В., Кимеклис А.К., Гладков Г.В., Андронов Е.Е., Евдокимова Е.В., Иванова Е.А. Микробиомы природных и антропогенно-трансформированных почв Надымского района ЯНАО // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: Материалы VII Международной научной конференции. Томск: ТГУ, 2020. С. 190-193.
5. Башкин В.Н., Арно А.Б., Арабский А.К., Барсуков П.А., Припутина И.В., Галиулин Р.В. Ретроспектива и прогноз геоэкологической ситуации на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера. М.: Газпром-ВНИИГАЗ, 2012. 280 с.
6. Васильевская В.Д. Оценка устойчивости тундровых мерзлотных почв к антропогенным воздействиям // Вестник Московского университета. 1996. Т. 17. С. 27-35.
7. Москаленко Н.Г. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири // Криосфера Земли. 2009. Т. 13. №4. С. 18-23.
8. Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Kirpotin S.N., Audry S., Viers J., Dupre B. Effect of permafrost thawing on organic carbon and trace element colloidal speciation in the thermokarst lakes of western Siberia // Biogeosciences. 2011. №8(3). P. 565-583. <https://doi.org/10.5194/bg-8-565-2011>
9. Ji X., Abakumov E., Tomashunas V., Polyakov V., Kouzov S. Geochemical pollution of trace metals in permafrost-affected soil in the Russian Arctic marginal environment // Environmental Geochemistry and Health. 2020. Vol. 42. №12. P. 4407-4429. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00587-2>
10. Krickov I.V., Lim A.G., Manasypov R.M., Loiko S.V., Vorobyev S.N., Shevchenko V.P., Pokrovsky O.S. Major and trace elements in suspended matter of western Siberian rivers: First assessment across permafrost zones and landscape parameters of watersheds // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2020. Vol. 269. P. 429-450. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.11.005>
11. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. М.: ГЕОС, 2005. 456 с.
12. Bashkin V.N., Howarth R.W. Modern biogeochemistry. Springer Science & Business Media, 2002.
13. Mack M.C., Schuur E.A.G., Bret-Harte M.S., Shaver G.R., Chapin III F.S. Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization // Nature. 2004. Vol. 431. P. 440-443. <https://doi.org/10.1038/nature02887>
14. Nemergut D.R., Townsend A.R., Sattin S.R., Freeman K.R., Fierer N., Neff J.C., Schmidt S.K. The effects of chronic nitrogen fertilization on alpine tundra soil microbial communities: implications for carbon and nitrogen cycling // Environmental microbiology. 2008. Vol. 10. P. 3093-3105. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2008.01735.x>
15. Halbach K., Mikkelsen Ø., Berg T., Steinnes E. The presence of mercury and other trace metals in surface soils in the Norwegian Arctic // Chemosphere. 2017. Vol. 188. P. 567-574. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.012>

16. Antcibor I., Eschenbach A., Zubrzycki S., Kutzbach L., Bolshiyarov D., Pfeiffer E. M. Trace metal distribution in pristine permafrost-affected soils of the Lena River delta and its hinterland, northern Siberia, Russia // *Biogeosciences*. 2014. Vol. 11. №1. P. 1-15. <https://doi.org/10.5194/bg-11-1-2014>
17. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири // *Почвоведение*. 2019. № 4. С. 422-439. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19020114>
18. Агбалян Е.В., Печкин А.С., Колесников Р.А., Моргун Е.Н., Красненко А.С., Ильясов Р.М., Локтев Р.И., Шинкарук Е.В. Фоновые физико-химические и химические характеристики почв Приуралья и Надым-Пур-Тазовского региона // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2019. № 2 (103). С. 14-26.
19. Moskvchenko D., Shamilishvilly G., Abakumov E. Soil Biogeochemical Features of Nadym-Purovskiy Province (Western Siberia) // *Ecologia Balkanica*. 2019. Vol. 11. №2. P. 113-126.
20. Шамилишвили Г.А., Абакумов Е.В., Печкин А.С. Особенности почвенного покрова Надымского района, ЯНАО // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2016. № 4 (93). С. 12-16.
21. Башкин В.Н. Биогеохимические циклы в тундровых экосистемах импактных зон газовой индустрии // *Геохимия*. 2017. № 10. С. 954-966. <https://doi.org/10.7868/S0016752517100028>
22. Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. С. 252.
23. Мельцер Л.И. Вопросы классификации и картографирования растительности Западно-Сибирских тундр // *Региональные биогеографические исследования в Сибири*. Иркутск. 1977. С. 40-59.
24. Мельцер Л.И. Отображение гетерогенной структуры растительности Западно-Сибирских тундр при среднемасштабном картографировании // *Геоботаническое картографирование*. Л.: Наука, 1980. 18 с.
25. Валеева Э.И., Москвиченко Д.В. Зональные особенности растительного покрова Тазовского полуострова и его техногенная трансформация // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2009. № 9. С. 174.
26. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск, 2004. 304 с.
27. Сорокина Н.В. Антропогенные изменения северо-таежных экосистем Западной Сибири (на примере Надымского района): дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2003. 213 с.
28. Тигеев А.А. Особенности почвенного покрова бассейна реки Хыльмигьяха (Надым-Пуровское междуречье) // *Вестник ТюмГУ*. 2014. №4. С. 39-48.
29. Калинин П.И., Кудреватых И.Ю., Вагапов И.М., Борисов А.В., Алексеев А.О. Биогеохимические процессы в степных ландшафтах Ергенинской возвышенности в голоцене // *Почвоведение*. 2018. № 5. С. 526-537. <https://doi.org/10.7868/S0032180X18050027>
30. Ávila-Pérez P., Longoria-Gándara L.C., García-Rosales G. Monitoring of elements in mosses by instrumental neutron activation analysis and total X-ray fluorescence spectrometry // *J Radioanal Nucl Chem*. 2018. Vol 317(1). P. 367-380. <https://doi.org/10.1007/s10967-018-5896-z>
31. Rogan G., Tighe M., Grave P. Optimization of portable X-ray fluorescence spectrometry for the assessment of soil total copper concentrations: application at an ancient smelting site // *J. Soils Sediments*. 2019. Vol. 19 (2). P.830-839. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2091-3>
32. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // *Treatise on Geochemistry*. Elsevier. 2014. P. 1-51. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00301-6>
33. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*. 1982. Vol. 299. P. 715-717. <https://doi.org/10.1038/299715a0>
34. Складов Е.В. Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
35. Taylor G., Pain C.F., Ryan P.J. Geology, geomorphology and regolith // *Guidelines for surveying soil and land resources*. 2008. №Ed. 2. P. 47-60.
36. Москвиченко Д.В., Моисеева И.Н., Хозяинова Н.В. Элементный состав растений Уренгойских тундр // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2012. № 12. С. 130-136.
37. Добровольский В.В. Основные черты геохимии арктического почвообразования // *Почвоведение*. 1994. №6. С. 85-93.
38. Vital H. and Stattegger K. Sediment Dynamics in the Lowermost Amazon // *Journal of Coastal Research*. 2000. V. 16. PP. 316-328.

39. Liu B., Jin H., Sun L., Sun Zh., Zhao S. Geochemical evidence for Holocene millennial-scale climatic and environmental changes in the south-eastern Mu Us Desert, northern China // *International Journal of Earth Sciences*. 2015. Vol. 104. №7. P. 1889-1900.
40. Экологический мониторинг Ямало-Ненецкого автономного округа. Справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Братск, 2014. 19 с.
41. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.
42. Сизов О.С., Лоботросова С.А., Соромотин А.В. Оценка физико-химических свойств верхних органо-минеральных горизонтов песчаных обнажений на севере Западной Сибири (на примере среднего течения р. Надым) // *Географическая среда и живые системы*. 2020. № 1. С. 31-52. <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2020-1-31-52>
43. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем. Иркутск, 1985. 209 с.
44. Bowman W.D., Bahn L., Damm M. Alpine landscape variation in foliar nitrogen and phosphorus concentrations and the relation to soil nitrogen and phosphorus availability // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2003. Vol. 35. №2. P. 144-149. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035)
45. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
46. Маслов А.В., Гареев Э.З, Крупенин М.Т. Осадочные последовательности рифея типовой местности. Уфа: Принт, 1998. 225 с.
47. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К., Масленников В.В. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий: на примере северной части Западно-Сибирского региона // *Прикладная геохимия*. Вып. 2. Экологическая геохимия. М.: Изд-во ИМГРЭ. 2001. С. 316-338.
48. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
49. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // *Treatise On Geochemistry*. 2003. Vol. 5. PP. 581–605. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/05087-8>
50. Тентюков М.П. Геохимия ландшафтов равнинных тундр (на примере Ямала и Большеземельской тундры). Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2010. 260 с.

REFERENCES

1. Moiseenko, T.I., & Gashev, S.N. (2012). Biogeochemical indication of pollution with metals and radionuclides in oil-producing regions. *Dokl. Earth Sc.*, 447. 1338–1341. (in Russ.). <https://doi.org/10.1134/S1028334X12120112>
2. Moskovchenko, D.V. (2013). Ekogeohimiya neftedobyvayushchih rajonov Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk. (in Russ.).
3. Opekunova, M.G., Opekunov, A.Yu., Kukushkin, S.Yu., & Arestova, I. Yu. (2018). The Assessment of the Environment Transformation in the Areas of Hydrocarbon Deposits in the North of Western Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 25(1). 122–138. (in Russ.). <https://doi.org/10.15372/SEJ20180111>
4. Abakumov, E.V., Kimeklis, A.K., Gladkov, G.V., Andronov, E.E., Evdokimova, E.V., & Ivanova, E.A. (2020). Mikrobiomy prirodnyh i antropogenno-transformirovannyh pochv Nadymского rajona YANAO. In *Otrazhenie bio-, geo-, antroposfernykh vzaimodeistvii v pochvakh i pochvennom pokrove: Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*, Tomsk, 190-193. (in Russ.).
5. Bashkin, V.N., Arno, A.B., Arabskij, A.K., Barsukov, P.A., Priputina, I.V., & Galiulin, R.V. (2012). Retrospektiva i prognoz geoeologicheskoy situatsii na gazokondensatnyh mestorozhdeniyah Krajnego Severa. Moscow. (in Russ.).
6. Vasil'evskaya, V.D. (1996). Otsenka ustojchivosti tundrovyyh merzlotnyh pochv k antropogennym vozdeystviyam. *Vestnik Moskovskogo universiteta*, 17, 27-35. (in Russ.).
7. Moskalenko, N.G. (2009). Izmenenie temperatury porod i rastitel'nosti pod vliyaniem menyayushchegosya klimata i tekhnogeneza v Nadymском rajone Zapadnoj Sibiri. *Kriosfera Zemli*, 13 (4). 18-23. (in Russ.).
8. Pokrovsky, O. S., Shirokova, L. S., Kirpotin, S. N., Audry, S., Viers, J., & Dupré, B. (2011). Effect of permafrost thawing on organic carbon and trace element colloidal speciation in the thermokarst lakes of western Siberia. *Biogeosciences*, 8(3), 565-583. <https://doi.org/10.5194/bg-8-565-2011>

9. Ji, X., Abakumov, E., Tomashunas, V., Polyakov, V., & Kouzov, S. (2020). Geochemical pollution of trace metals in permafrost-affected soil in the Russian Arctic marginal environment. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(12), 4407-4429. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00587-2>
10. Krickov, I. V., Lim, A. G., Manasypov, R. M., Loiko, S. V., Vorobyev, S. N., Shevchenko, V. P., ... & Pokrovsky, O. S. (2020). Major and trace elements in suspended matter of western Siberian rivers: First assessment across permafrost zones and landscape parameters of watersheds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 269, 429-450. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.11.005>
11. Bargal'i R. (2005). Biogeohimiya nazemnyh rastenij. Moscow. (in Russ.).
12. Bashkin, V. N., & Howarth, R. W. (2002). *Modern biogeochemistry*. Springer Science & Business Media.
13. Mack, M. C., Schuur, E. A., Bret-Harte, M. S., Shaver, G. R., & Chapin, F. S. (2004). Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. *Nature*, 431(7007), 440-443. <https://doi.org/10.1038/nature02887>
14. Nemergut, D. R., Townsend, A. R., Sattin, S. R., Freeman, K. R., Fierer, N., Neff, J. C., ... & Schmidt, S. K. (2008). The effects of chronic nitrogen fertilization on alpine tundra soil microbial communities: implications for carbon and nitrogen cycling. *Environmental microbiology*, 10(11), 3093-3105. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2008.01735.x>
15. Halbach K., Mikkelsen Ø., Berg T., Steinnes E. (2017). The presence of mercury and other trace metals in surface soils in the Norwegian Arctic. *Chemosphere*. 188, 567-574. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.012>
16. Antcibor, I., Eschenbach, A., Zubrzycki, S., Kutzbach, L., Bolshiyarov, D., & Pfeiffer, E. M. (2014). Trace metal distribution in pristine permafrost-affected soils of the Lena River delta and its hinterland, northern Siberia, Russia. *Biogeosciences*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.5194/bg-11-1-2014>
17. Opekunova, M.G., Opekunov, A.Yu., Kukushkin, C.Yu., & Ganul, A.G. (2019). Fonovoe sodержanie himicheskikh elementov v pochvah i donnyh osadkah severa Zapadnoj Sibiri. *Pochvovedenie*, 4, 422-439. (in Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0032180X19020114>
18. Agbalyan, E.V., Pechkin, A.S., Kolesnikov, R.A., Morgun, E.N., Krasnenko, A.S., Il'iasov, R.M., Loktev, R.I., & Shinkaruk, E.V. (2019). Fonovye fiziko-himicheskie i himicheskie harakteristiki pochv Priural'ya i Nadym-Pur-Tazovskogo regiona. *Nauchnyj vestnik YAmalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*, (2 (103)). 14-26. (in Russ.).
19. Moskovchenko, D., Shamilishvili, G., & Abakumov, E. (2019). Soil Biogeochemical Features of Nadym-Purovskiy Province (Western Siberia). *Ecologia Balkanica*, 11(2), 113-126.
20. Shamilishvili, G.A., Abakumov, E.V., & Pechkin, A.S. (2016). Osobennosti pochvennogo pokrova Nadym'skogo rajona, YANAO. *Nauchnyj vestnik YAmalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*, (4 (93)). 12-16. (in Russ.).
21. Bashkin, V.N. (2017). Biogeohimicheskie tsikly v tundrovyyh ekosistemah impaktnyyh zon gazovoy industrii. *Geohimiya*, 10. 954-966. (in Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0016752517100028>
22. Il'ina, I.S. (1985). Rastitel'nyj pokrov Zapadno-Sibirskoy ravniny. Novosibirsk. (in Russ.).
23. Mel'tser, L. I. (1977). Voprosy klassifikatsii i kartografirovaniya rastitel'nosti zapadno-sibirskikh tundr. V kn.: *Regional'nye biogeograficheskie issledovaniya v Sibiri*. Irkutsk. (in Russ.).
24. Mel'tser, L. I. (1980). Otobrazhenie geterogennoj struktury rastitel'nosti zapadno-sibirskikh tundr pri srednemashtabnom kartografirovanii. In *Geobotanicheskoe kartografirovanie*. Leningrad. (in Russ.).
25. Valeeva, E.I., & Moskovchenko, D.V. (2009). Zonal'nye osobennosti rastitel'nogo pokrova Tazovskogo poluostrova i ego tekhnogennaya transformatsiya. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, 9, 174. (in Russ.).
26. Atlas Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. (2004). Omsk. (in Russ.).
27. Sorokina, N.V. (2003). Antropogennye izmeneniya severo-taevnykh ekosistem Zapadnoj Sibiri (na primere Nadym'skogo rajona): dis. ... kandidata biologicheskikh nauk. Tyumen'. (in Russ.).
28. Tigeev, A.A. (2014). Osobennosti pochvennogo pokrova bassejna reki Hyl'mig'yaha (Nadym-Purovskoe mezhdurech'e). *Vestnik TyumGU*, 4. 39-48. (in Russ.).
29. Kalinin, P.I., Kudrevatyh, I.Yu., Vagapov, I.M., Borisov, A.V., & Alekseev, A.O. (2018). Biogeohimicheskie protsessy v stepnykh landshaftah Ergeninskoy vozvysheynosti v golotsene. *Pochvovedenie*, 5. 526-537. (in Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0032180X18050027>
30. Ávila-Pérez, P., Longoria-Gándara, L.C., & García-Rosales, G. (2018). Monitoring of elements in mosses by instrumental neutron activation analysis and total X-ray fluorescence spectrometry. *J Radioanal Nucl Chem*, 317(1), 367-380. <https://doi.org/10.1007/s10967-018-5896-z>

31. Rogan, G., Tighe, M., & Grave, P. (2019). Optimization of portable X-ray fluorescence spectrometry for the assessment of soil total copper concentrations: application at an ancient smelting site. *J. Soils Sediments*, 19 (2), 830-839. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2091-3>
32. Rudnick R.L., Gao S. (2014). Composition of the continental crust. *Treatise on Geochemistry*. Elsevier, 1-51. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00301-6>
33. Nesbitt, H., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *nature*, 299(5885), 715-717. <https://doi.org/10.1038/299715a0>
34. Sklyarov, E.V. (2001). Interpretatsiya geohimicheskikh dannyh: ucheb. posobie. Moscow. (in Russ.).
35. Taylor, G., Pain, C.F., & Ryan, P.J. (2008). Geology, geomorphology and regolith. *Guidelines for surveying soil and land resources*, 47-60.
36. Moskovchenko, D.V., Moiseeva, I.N., & Hozyainova, N.V. (2012). Elementnyj sostav rastenij Urengojских tundr. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, 12, 130-136. (in Russ.).
37. Dobrovolskij, V.V. (1994). Osnovnye cherty geohimii arkticheskogo pochvoobrazovaniya. *Pochvovedenie*, 6, 85-93. (in Russ.).
38. Vital, H. & Stattegger, K. (2000). Sediment Dynamics in the Lowermost Amazon. *Journal of Coastal Research*, 16, 316- 328.
39. Liu, B., Jin, H., Sun, L., Sun, Z., & Zhao, S. (2015). Geochemical evidence for Holocene millennial-scale climatic and environmental changes in the south-eastern Mu Us Desert, northern China. *International Journal of Earth Sciences*, 104(7), 1889-1900.
40. Ekologicheskii monitoring Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. Spravochnik po primeneniyu srednikh regional'nykh znachenii soderzhaniya kontroliruemyykh komponentov na monitoringovykh poligonakh pri otsenke sostoyaniya i urovnya zagryazneniya okruzhayushchei sredy na territorii Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga (2014). Bratsk. (in Russ.).
41. Perel'man, A.I. (1979). Geohimiya. Moscow. (in Russ.).
42. Sizov, O.S., Lobotrosova, S.A., & Soromotin, A.V. (2020). Otsenka fiziko-himicheskikh svoystv verkhnih organo-mineral'nykh gorizontov peschanykh obnazhenij na severe Zapadnoj Sibiri (na primere srednego techeniya r. Nadym). *Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy*, 1, 31-52. (in Russ.). <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2020-1-31-52>
43. Nechaeva, E.G. (1985). Landshaftno-geohimicheskij analiz dinamiki taezhnykh geosistem. Irkutsk. (in Russ.).
44. Bowman, W.D., & Bahn, L., Damm M. (2003). Alpine landscape variation in foliar nitrogen and phosphorus concentrations and the relation to soil nitrogen and phosphorus availability. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35(2), 144-149. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035)
45. Syso, A.I. (2007). Zakonomernosti raspredeleniya himicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchih porodah i pochvah Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk. (in Russ.).
46. Maslov, A.V., Gareev, E.Z., & Krupenin, M.T. (1998). Osadochnye posledovatel'nosti rifeya tipovoj mestnosti. Ufa. (in Russ.).
47. Sorokina, E.P., Dmitrieva, N.K., Karpov, L.K., & Maslennikov, V.V. (2001). Analiz regional'nogo geohimicheskogo fona kak osnova ekologo-geohimicheskogo kartirovaniya ravninnykh territorij: na primere severnoj chasti Zapadno-Sibirskogo regiona. *Prikladnaya geohimiya. Ekologicheskaya geohimiya*, 2, 316-338. (in Russ.).
48. Targul'yan, V.O. (1971). Pochvoobrazovanie i vyvetrивание v holodnykh gumidnykh oblastyakh. Moscow. (in Russ.).
49. Retallack, G. (2003). Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time. *Treatise On Geochemistry*, 5, 581-605. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/05087-8>
50. Tentyukov, M.P. (2010). Geohimiya landshaftov ravninnykh tundr (na primere YAmala i Bol'shezemel'skoj tundry). Syktyvkar. (in Russ.).

Дата поступления: 25.05.2022

Дата принятия: 03.09.2022

© Московченко Д.В., Романенко Е.А., 2022