

16+

ISSN 2311-1402

НИЖНЕВАРТОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА



**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*1 (57)/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/10.36906/2311-4444/22-1>

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.  
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



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

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 +

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 30.03.2022  
Дата выхода 30.03.2022  
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Times. Усл. печ. листов 11,63.  
Тираж 1000 экз. Заказ 2233 Цена: бесплатно

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

© Нижневартковский государственный университет, 2022



# 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/10.36906/2311-4444/22-1>

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](mailto:nvsu@nvsu.ru), [red@nvsu.ru](mailto: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](mailto:izd@nvsu.ru)



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 30.03.2022  
Release date 30.03.2022  
Format 60 × 84 1/8. Times typeface. CONV. print sheets 11.63.  
Circulation 1000 copies. Order 2233. Free*

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

**Deputy Editor:** *Pogonyshev 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+

*Soldatova E.E.*, editor

*Ovechkina E.S.*, technical editor

*Vilyavin D.V.*, design, publication layout

© Nizhnevartovsk State University, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Соловьянова Н.А., Емельянова Е.К., Андреева И.С.</i><br>Микробиологические особенности соленых озер<br>Кулундинской озерной системы .....                                                                                                      | 4   |
| <i>Скоробогатова О.Н., Кучумов М.С., Вечер П.С.</i><br>Водоросли, афиллофоровые грибы и насекомые-<br>ксилофаги природного памятника «Остров смольный»<br>(Ханты-Мансийский автономный округ, Россия) .....                                       | 16  |
| <i>Аскерова П.С.</i> О вредителях и заболеваниях некоторых<br>видов магнолии в условиях Абшера .....                                                                                                                                              | 29  |
| <i>Курило Ю.А., Григорьев А.И.</i> Влияние<br>гидротермического режима на электрическое<br>сопротивление прикамбиального комплекса тканей<br>ствола березы повислой ( <i>Betula pendula</i> Roth.) в<br>условиях нефтешламового загрязнения ..... | 37  |
| <i>Вершинина И.А., Лебедев С.В.</i> Исследование ответных<br>реакций червей <i>Eisenia fetida</i> при внесении в среду<br>обитания наночастиц меди и цинка .....                                                                                  | 45  |
| <i>Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Алферова Г.А., Бакрадзе<br/>Н.Ю., Прилипко Н.И.</i> Особенности видового<br>разнообразия насекомых в насаждениях нарушенных<br>антропогенным воздействием .....                                                   | 55  |
| <i>Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Датиева Ф.С.,<br/>Погоньшева И.А.</i> Фотопериодическая устойчивость<br>хронотипа у студентов ХМАО – Югры и Владикавказа<br>.....                                                                                 | 65  |
| <i>Новиков Д.С., Фролова Ю.Д.</i> Оценка риска здоровью,<br>ассоциированного с употреблением воды подземных<br>источников Апшеронского комплекса приэльтона .....                                                                                 | 73  |
| <i>Синдирева А.В., Котченко С.Г., Елизаров О.И.</i><br>Экологическая оценка содержания меди в почвенном<br>покрове на юге Тюменской области .....                                                                                                 | 82  |
| <i>Утомбаева А.А., Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р.,<br/>Игнатьев Ю.А.</i> Развитие одно- и двудольных растений<br>на рекультивированных нефтезагрязненных<br>аллювиальных дерновых почвах .....                                                 | 91  |
| <i>Талиби С.М., Гасанова Т.А.</i> Значимые показатели<br>горно-луговых почв Азербайджана .....                                                                                                                                                    | 102 |
| <i>Холухоева А.Д., Хазиахметов Р.М.</i> К методике<br>комплексной оценки экологического состояния города<br>Уфы.....                                                                                                                              | 108 |
| <i>Боев В.А., Синдирева А.В., Боев В.В., Бурмистрова А.С.</i><br>Селен в почвах национального парка «Таганай» и<br>Тюменского государственного заказника .....                                                                                    | 117 |
| <i>Диденко И.Н., Диденко Н.А., Скоробогатова О.Н.,<br/>Сторчак Т.В.</i> Эколого-таксономическая структура<br>зимних альгоценозов рек Севастопольского<br>района .....                                                                             | 128 |

## CONTENT

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Solovyayanova N.A., Emelyanova E.K., Andreeva I.S.</i><br>Microbiological Features of the Salt Lakes of the<br>Kulunda Lake System .....                                                                                                                       | 4   |
| <i>Skorobogatova O.N., Kuchumov M.S., Evening P.S.</i><br>Algae, Polyporales Fungi and Insects – Xylophages of<br>the Smolny Island Natural Reserve<br>(Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Russia). ....                                                              | 16  |
| <i>Askerova P.S.</i> About Pests and Diseases of Some<br>Magnolia Species in the Absheron Conditions .....                                                                                                                                                        | 29  |
| <i>Kurilo Yu. A., Grigoriev A. I.</i> The Influence of the<br>Hydrothermal Regime on the Electrical Resistance<br>Precompiling Complex Tissues of the Trunk of a Silver<br>Birch ( <i>Betula pendula</i> Roth.) in the Conditions of Oil<br>Sludge Pollution..... | 37  |
| <i>Vershinina I.A., Lebedev S.V.</i> Features of Insect Species<br>Diversity in the Forest Plantings Disturbed by<br>Anthropogenic Impact .....                                                                                                                   | 45  |
| <i>Belitskaya M.N., Gribust I.R., Alferova G.A., Bakradze<br/>N.Yu., Prilipko N.I.</i> Features of insect species diversity<br>in the forest plantings disturbed by anthropogenic<br>impact .....                                                                 | 55  |
| <i>Ragozin O.N., Schalamova E.Yu., Datieva F.S.,<br/>Pogonysheva I.A.</i> Photoperiodic Chronotype Stability<br>in Students of Khanty-Mansi Autonomous Area –<br>Yugra and Vladikavkaz .....                                                                      | 65  |
| <i>Novikov D.S., Frolova J.D.</i> Estimation of Health Risk<br>Associated with Consumption of Groundwater of<br>Apscheronia Propinqua at a Prielton Region .....                                                                                                  | 73  |
| <i>Sindireva A.V., Kotchenko S.G., Elizarov O.I.</i><br>Environmental Assessment of the Copper Content in<br>the Soil Cover in the South of the Tyumen Region ...                                                                                                 | 82  |
| <i>Utombaeva A.A., Petrov A.M., Zainulgabidinov E.R.,<br/>Ignatiev Yu.A.</i> Development of One- and Dicotyledic<br>Plants on Reclaimed Oil-contaminated Alluvial Turf<br>Soils .....                                                                             | 91  |
| <i>Talibi S.M., Hasanova T.A.</i> Significant Indicators of<br>Mountain Meadow Soils in Azerbaijan .....                                                                                                                                                          | 102 |
| <i>Kholukhoyeva A.D., Khaziakhmetov R.M.</i><br>Methodology of Comprehensive Assessment of<br>Ecological State of Ufa City .....                                                                                                                                  | 108 |
| <i>Boev V.A., Sindireva A.V., Boev V.V., Burmistrova A.S.</i><br>Selenium in the Soils of the Taganay National Park and<br>the Tyumen State Reserve .....                                                                                                         | 117 |
| <i>Didenko I.N., Didenko N.A., Skorobogatova O.N.,<br/>Storchak T.V.</i> Ecological and Taxonomic Structure of<br>Winter Algae Coenosis in the Rivers of the Sevastopol<br>Region .....                                                                           | 128 |

# ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И РАСТЕНИЙ / ECOLOGY OF MICROORGANISMS AND PLANTS

УДК 574.58:579.264

AGRIS F30

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/01>

Соловьянова Н.А., Емельянова Е.К., Андреева И.С.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛЕНЫХ ОЗЕР КУЛУНДИНСКОЙ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Solovyayanova N.A., Emelyanova E.K., Andreeva I.S.

### MICROBIOLOGICAL FEATURES OF THE SALT LAKES OF THE KULUNDA LAKE SYSTEM

**Аннотация.** Объектом исследования являлись вода и донные осадки соленых озер Большое Яровое, Бурлинское, находящихся в Кулундинской степной низменности и имеющих рекреационное значение. Цель работы – изучение антибактериальных и противокандидозных свойств воды и донных отложений озер Кулундинской озерной области в контексте их экологического состояния. Основными факторами воздействия на бассейны озер Б. Яровое и Бурлинское являются интенсификация рекреационной нагрузки в связи с развитием внутреннего туризма, деятельность промышленных предприятий, и, как следствие, смыв загрязняющих веществ, добыча и транспортировка соли (в озере Бурлинском) и практически полная выемка иловых грязей в озере Б. Яровом, распашка прилегающих территорий. В воде и донных осадках не обнаружены возбудители инфекционных болезней, а общее микробное число составляет около  $10^2$  КОЕ/мл. Преобладающей группой микроорганизмов, обнаруженной на агаризованных питательных средах, являются неспороносные бактерии. Вода соленого озера Б. Ярового, стерилизованная фильтрацией, обладает ингибирующими свойствами по отношению ко всем исследованным 14-ти грамположительным и грамотрицательным тест-штаммам микроорганизмов, а вода озера Бурлинского – по отношению к девяти штаммам грамотрицательных бактерий *Salmonella sonnei* 32, *Klebsiella pneumonia* B-4894, *Pseudomonas mirabilis* 160205, *Serratia marcescens* d, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Escherichia coli* 6645 ATCC 25922, грамположительным бактериям *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Mycobacterium smegmatis* GK и относительно возбудителя кандидозов *Candida albicans* 620. Показано также, что антагонистической активностью обладают и культуры спорообразующих бактерий, выделенных из воды и донных осадков исследуемых озер. В основе экологической устойчивости экосистем озер, несмотря на антропогенную трансформацию и климатические изменения, влияющие на водный и солевой режим, лежат биогенные процессы, которые обеспечивают резистентность к поступающим извне привнесенным

**Abstract.** The object of the study was the water and bottom sediments of the Bolshoye Yarovoye and Burlinskoye salt lakes located in the Kulunda steppe lowland and having recreational value. The aim of this work is to study the antibacterial and anti-candidiasis properties of water and bottom sediments of lakes in the Kulunda lake region in the context of their ecological state. The main factors affecting the basins of lakes B. Yarovoe and Burlinskoye are the intensification of the recreational load due to the development of domestic tourism, the activities of industrial enterprises, and, as a consequence, the washout of pollutants, the extraction and transportation of salt (in Lake Burlinskoye) and the almost complete extraction of silt mud. (in Lake B. Yarovoe), plowing of adjacent territories. No causative agents of infectious diseases were found in the water and bottom sediments, and the total microbial count is about  $10^2$  CFU / ml. The predominant group of microorganisms found on agar culture media are non-spore-bearing bacteria. The water of the salty lake B. Yarovoe, filtered from microorganisms, possesses inhibitory properties in relation to all studied 14 gram-positive and gram-negative test strains of microorganisms, and the water of Lake Burlinskoye – in relation to nine strains: gram-negative bacteria *Salmonella sonnei* 32, *Klebsiella pneumonia* B-4894, *Pseudomonas mirabilis* 160205, *Serratia marcescens* d, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Escherichia coli* 6645 ATCC 25922, gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Mycobacterium smegmatis* GK and regarding the causative agent of candidiasis *Candida albicans* 620. It was also shown that pure cultures of spore-forming bacteria isolated from the water and bottom sediments of the studied lakes also have antagonistic activity. The ecological stability of lake ecosystems, in spite of anthropogenic transformation and climatic changes affecting the water and salt regime, is based on biogenic processes that provide resistance to

микроорганизмам, в том числе патогенным, и их элиминацию.

**Ключевые слова:** озеро Большое Яровое; озеро Бурлинское; антагонизм микроорганизмов, Кулундинская низменность; микроорганизмы;.

**Информация об авторах:** Соловьянова Надежда Алексеевна, Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия, solovyanova\_na@vector.nsc.ru; Емельянова Елена Константиновна, ORCID: 0000-0003-0970-1447, канд. биол. наук, Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора; Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск, Россия, emelen1@yandex.ru; Андреева Ирина Сергеевна, ORCID:0000-0002-3966-3763, канд. биол. наук, Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора Россия, г. Новосибирск, andreeva\_is@vector.nsc.ru

microorganisms introduced from outside, including pathogenic ones, and their elimination.

**Keywords:** Lake Bolshoye Yarovoe, Lake Burlinskoe, Kulundinskaya lowland, microorganisms, antagonism of microorganisms.

**About the authors:** Solovyanova Nadezhda Alekseevna, State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia, solovyanova\_na@vector.nsc.ru; Emelyanova Elena Konstantinovna, ORCID: 0000-0003-0970-1447, Ph.D., State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" Rospotrebnadzor; Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia, emelen1@yandex.ru; Andreeva Irina Sergeevna, ORCID:0000-0002-3966-3763, Ph.D., State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia, andreeva\_is@vector.nsc.ru

Соловьянова Н.А., Емельянова Е.К., Андреева И.С. Микробиологические особенности соленых озер Кулундинской озерной системы // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 4-15. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/01>

Solovyanova, N.A., Emelyanova E.K. & Andreeva I.S. (2022). Microbiological Features of the Salt Lakes of the Kulunda Lake System. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 4-15. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/01>

**Введение.** Микробиота является динамичным компонентом экосистемы водоёмов, а внутрисезонные и межгодовые изменения видового и количественного состава микробиоценоза озёр, особенно малых, очень велики. Условия среды в озёрах характеризуются, прежде всего вертикальной и горизонтальной пестротой и большим размахом колебаний. На распространение микроорганизмов в озерах влияет множество факторов среды: климат и температура, наличие или отсутствие движения воды, уровень минерализации, жесткость воды, содержание биогенных веществ, количество растворенного в воде кислорода, наличие водной растительности, геохимия подстилающих пород, этап сукцессионного развития водоема и др.

Особый интерес представляет изучение микробиологических особенностей соленых озер, имеющих рекреационное значение, например, в Кулундинской степи Алтайского края. Кулундинская степная низменность является аккумулятивной равниной, располагается в междуречье Оби и Иртыша и характеризуется наличием бессточных озёр с солёной или горько-солёной водой. Характерными особенностями Кулундинской низменности являются незначительные колебания высот, наличие длинных пологих грив высотой около 4 метров. Режим увлажнения юга Западной Сибири носит пульсирующий характер: фазы усыхания озерных систем сменяются фазами регрессии. Меняется не только уровень воды, но и степень зарастания, видовой состав водорослей и высшей водной растительности, минерализация и соотношение основных ионов, что влияет на видовой состав фито-, зоо-, микробопланктона. В течение сезона открытой воды минерализация в озерах может значительно изменяться в сторону повышения, что приводит к изменению видового состава планктонного сообщества [10]. Глубина и площадь озер непостоянны

в зависимости от периодов засушливости и обводнения, в связи с чем они могут варьироваться от пресного состояния к солоноватому или горько-соленому, и отличаются гидрографическими особенностями, формой береговой линии, степенью зарастания и характером литорали. Наиболее подвержены антропогенному влиянию озера, расположенные вблизи населенных пунктов, с преобразованным берегом, зонами отдыха и купания, где происходит избыточное поступление привнесенной микробиоты и органических и промышленных отходов.

Похожая экологическая ситуация описана для другого соленого озера с рекреационным использованием в Хакасии – Ширы, на берегу которого расположен курорт, где главными химическими загрязнителями также являются привнесённые органические вещества и попадающие с поверхностными и хозяйственно-бытовыми стоками патогенные микроорганизмы, в том числе энтеробактерии [14; 21].

Экологическое равновесие озёр поддерживается в результате самоочищения за счёт эндогенной микробиоты, обеспечивающей секрецию метаболитов, подавляющих рост патогенных микроорганизмов, а также за счёт повышенной концентрации соли, негативно влияющей на привнесение аллохтонных микроорганизмов.

Объектом настоящего исследования являлась вода и донные осадки соленых озёр Большое Яровое, Бурлинское, находящихся в Кулундинской озерно-аллювиальной степной низменности.

Цель работы – изучение антибактериальных и противокандидозных свойств воды и донных отложений озёр Кулундинской озерной области в контексте их экологического состояния.

**Материалы и методы исследования.** *Отбор проб воды и донных отложений* исследуемых озёр осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [6] в тихую безветренную погоду при удалении от береговой линии на расстоянии 30 м (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение точек отбора проб на озере Бурлинское (1) и Б.Яровое (2)  
(Конструктор карт. <https://yandex.ru/map-constructor>)

Для обнаружения контаминации образцов воды и донных отложений патогенными микроорганизмами исследуемые образцы высевали на селективные агаризованные питательные среды: энтеробактоагар, висмутсульфитный агар, стафилококкагар, желточно-солевой агар, среды SS, Плоскирева, Левина, в соответствии с рекомендациями [17]. Общее микробное число определяли при высеве исследуемых образцов на ГРМ-агар и среду ГРМ с добавлением 5, 7, 9% NaCl; для выявления в пробах микромицетов применяли агаризованную среду Сабуро (среды производства ФБУН ГНЦ ПМБ, г. Оболенск).

**Определение антимикробной активности.** Образцы воды для определения антимикробной активности освобождали от микробной контаминации последовательной фильтрацией через мембранные фильтры с размером пор 0,45 и 0,22 мкм. В качестве патогенных тест-штаммов микроорганизмов использовали грамположительные, грамотрицательные бактерии и дрожжеподобный гриб рода *Candida* из состава коллекции бактерий, бактериофагов и грибов ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (табл. 1).

Таблица 1

**Перечень патогенных тест-штаммов микроорганизмов,  
используемых для определения антимикробной активности воды и осадков исследуемых озер**

| № п/п | Наименование тест-штамма                    | Колл. № | Гр-реакция | Группа патогенности |
|-------|---------------------------------------------|---------|------------|---------------------|
| 1     | <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538      | B-1266  | +          | 4                   |
| 2     | <i>Streptococcus faecalis</i> 555 B-4426    | B-330   | +          | 4                   |
| 3     | <i>Salmonella typhimurium</i> 2606          | B-581   | -          | 4                   |
| 4     | <i>Klebsiella pneumonia</i> B-4894          | B-378   | -          | 4                   |
| 5     | <i>Shigella sonnei</i> 32                   | B-582   | -          | 3                   |
| 6     | <i>Staphylococcus epidermidis</i> 1833 MRSE | B-1348  | +          | 4                   |
| 7     | <i>Serratia marcescens</i> d                | B-1     | -          | 4                   |
| 8     | <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922          | B-1373  | -          | 4                   |
| 9     | <i>Bacillus cereus</i> ATCC 10702           | B-1367  | +          | 4                   |
| 10    | <i>Bacillus subsp. spizizenii</i> ATCC 6633 | B-1376  | +          | 4                   |
| 11    | <i>Proteus mirabilis</i> 160205             | B-1267  | -          | 4                   |
| 12    | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027     | B-656   | -          | 4                   |
| 13    | <i>Mycobacterium smegmatis</i> GK           | B-836   | +          | 4                   |
| 14    | <i>Candida albicans</i> 620                 | Y-583   | +          | 3                   |

Для определения антимикробной активности применяли совместное инкубирование образцов фильтратов и суспензий патогенных бактерий в жидкой питательной среде LB (Difco, США). Для исключения возможного влияния аборигенной микробиоты на антимикробную активность образцы воды были стерилизованы фильтрацией. Фильтраты образцов воды по 0,3 мл вносили в пробирки с 0,3 мл среды LB и 0,01 мл суточной культуры тест-штамма, суспендированной в физиологическом растворе до оптической плотности  $10^{5-6}$  кл/мл. Далее пробирки с культурами и фильтратами выдерживали в аэрируемых условиях на термостатируемой качалке при температуре 37°C в течение 24 час. Полученные культуральные жидкости и их десятикратные разведения (до  $10^{-7}$ ) высевали методом микротитрования по 10 мкл, в двух повторах на агаризованную среду ГРМ и инкубировали емкости с посевами в термостате при температуре 37°C, в течение 18-24 часов, после чего подсчитывали количество выросших колоний для определения КОЕ/мл суспензии. Пробы культуральной жидкости для определения титра жизнеспособных клеток отбирали через 10 мин инкубирования и через 24 час. В качестве контроля жизнеспособности клеток культуры определяли титр клеток в суспензии тест-штаммов без добавления исследуемых образцов воды.

Для определения взаимного антагонизма применяли метод отсроченных перпендикулярных штрихов на агаризованной среде при совместном культивировании патогенных тест-штаммов и изолятов, выделенных из воды и донных осадков озер [9].

*Чувствительность к антибиотикам* определяли диско-диффузионным методом согласно рекомендациям Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии [16]. В работе использованы диски с антибиотиками (мкг/диск): оксациллин (1), эритромицин (15), левофлоксацин (5), клиндамицин (10), бензилпенициллин 10ЕД (6 мкг), ципрофлоксацин (5), ванкомицин (30), имипенем (10), амикацин (30), тикарциллин/клавуланат (75/10), цефтазидим (30), цефтриаксон (30), цефепим (30), цефотаксим (30).

**Результаты и обсуждение.** Оба исследуемых озера располагаются вблизи города Славгорода, что сказывается на интенсивности антропогенной нагрузки.

Большое Яровое (Б. Яровое) занимает глубокую котловину (около 25 м) с крутыми и обрывистыми берегами, изрезанными глубокими оврагами с перепадами высот 10-15 м и является самой низкой точкой Алтайского края. Юго-западный берег имеет вид крутого яра высотой до 20 м, в области уреза имеются выходы грунтовых вод. Берег восточной части возвышается над уровнем озера на 1,5-2,0 м. Площадь акватории составляет 70 км<sup>2</sup> со средней глубиной 4 м, с максимальной глубиной около 9 м. Длина озера 11 км, ширина 7,9 км. Донные грунты классифицируются как песчаные (крупнозернистый желтый песок) – 15%, песчано-илистые – 25%, илистые (черные, серо-черные и темно-серые илы) – 60%, имеются прослойки галита, мирабилита. Донные отложения содержат илы с мощностью залегания около 0,6-1,5 м. Озеро бессточное, питание атмосферное и грунтовое. Основные составляющие приходного водного баланса озера – весенний сток с водосбора, выходы грунтовых вод у крутых берегов, зимние и летние осадки, в расходной части – испарение. На берегу озера расположен город Яровое, грязелечебный санаторий «Химик», КГБУЗ «Краевой лечебно-реабилитационный центр озеро Яровое» [2], что значительно увеличивает на летний период антропогенный пресс доходя до 15 тыс. человек в день (<https://clck.ru/bNFAw>). Основу лечения в санатории составляют илово-сульфидные грязи, запас которых в озере Б.Яровое уже исчерпан, в связи с чем их доставляют с озера М. Яровое. В результате техногенного влияния, расположенного рядом и функционировавшего с 1944 г ОАО «Алтайхимпром», произошло накопление ртутьсодержащих отходов в донных осадках озера [12]. Основными диффузными источниками поступления техногенной ртути в озеро являются береговые отвалы твердых отходов комбината, особенно в период снеготаяния [19]. Содержание ртути на твердых частицах озерной воды составляло  $0,22 \pm 0,21$  мг/кг, в донных осадках  $0,16 \pm 0,14$  мг/кг [15].

Озеро используется в качестве места сброса хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод после очистки, но при этом является важным промысловым водоемом для рачка артемии – единственного представителя мезозoopланктона [1; 3].

Минерализация воды озера Б. Яровое составляла в разные годы 110-120 [7], 133 [12; 13], 179,4 г/л [11] и могла колебаться от 90,0 (май 2005 г.) до 226,0 г/л (сентябрь 2007 г.) [5], от 146 на поверхности у северо-восточного берега до 206 г/л – у западного берега.

Вода оз. Б. Яровое относится к ультрагалинной соленой хлоридно-натриевой III типа по классификации О.А. Алекина. Преобладающими катионами и анионами для нее являются ионы натрия – 41768-66160 мг/дм<sup>3</sup> и хлора – 85080-120530 мг/дм<sup>3</sup>. Среди остальных катионов преобладают ионы магния (10445-11125 мг/дм<sup>3</sup>), среди анионов – сульфат-ионы (6650-8200 мг/дм<sup>3</sup>).

Характерной особенностью для гипергалинных озер является превышение  $Mg^{+2}$  над  $Ca^{+2}$ . С ростом минерализации воды в озере отношение  $Mg^{+2}/Ca^{+2}$  увеличивается. Значение pH в диапазоне 7,75-8,0 [8].

В озере Б. Яровое наблюдается температурная стратификация с сохранением в летний период отрицательных температур. В июне температура поверхностного слоя рапы достигает 18-19,9°C, температура воды у дна (на глубине 8-9 м) может быть отрицательной и составлять до -5°C [4].

Озеро Бурлинское расположено в котловине с обрывистыми, от 3 до 5 м, берегами, со средней глубиной 1,65 м. На озере у посёлка Бурсоль с 1762 года добывается поваренная соль на крупнейшем месторождении поваренной соли в Западной Сибири. Минерализация воды озера Бурлинское составляла в разные годы от 253,0 г/л [20] до 346,2 г/л [11].

Наивысшее положение уровня водной глади отмечается во второй декаде апреля, наиболее низкое – в первой декаде октября. Летом и осенью обычно испарение с поверхности озера превышает выпадение осадков. Зимой наблюдается подъем уровня воды, что связано с притоком подземных вод при отсутствии испарения и ледового покрова. При низких уровнях воды в летний период насыщенность солями значительно возрастает. При кристаллизации солей происходит садка. Не растворившаяся садка уплотняется под влиянием накапливающихся над ней слоев, превращаясь в корневую соль [20].

Численность микроорганизмов в воде озер зависит от объема поступающего доступного органического вещества и начинает увеличиваться весной, с началом фотосинтеза и седиментации фитопланктона, снижаясь к концу зимнего периода с возникновением его дефицита в подледном пространстве [18]. В связи с этим отбор проб воды осуществляли в летний период, когда разнообразие микробиоты наиболее представлено. В момент взятия значение pH образцов составляло для озера Б.Ярового – 7,42, для озера Бурлинского – 6,1.

Несмотря на интенсивную рекреационную нагрузку, в воде изучаемых озер Б. Яровое и Бурлинское не обнаружены патогенные культуры, относящиеся к родам *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia*, *Staphylococcus*. Образцы воды и донных осадков озера Б.Ярового, высеваемые на среду Сабура и другие агаризованные среды, не содержали микромицетов, а в воде и донных осадках озера Бурлинского их содержание составляло всего 1 КОЕ/мл. Общее микробное число на стандартной среде ГРМ составило для воды озера Б. Ярового  $1,15 \times 10^2$  КОЕ/мл, для Бурлинского –  $1,05 \times 10^2$  КОЕ/мл, для донных осадков озера Б.Ярового составляло  $5,65 \times 10^3$  КОЕ/мл, для Бурлинского –  $7,5 \times 10^2$  КОЕ/мл (рис. 2). Вода более соленого Бурлинского озера по сравнению с водой озера Б.Ярового содержала большую концентрацию галофильных микроорганизмов. На среде ГРМ с 5% NaCl численность для озера Б.Ярового составила  $0,25 \times 10^2$  КОЕ/мл, для Бурлинского –  $10 \times 10^2$  КОЕ/мл (т.е. в 40 раз выше), на среде ГРМ с 7% NaCl численность для озера Б. Ярового составила  $0,55 \times 10^2$  КОЕ/мл, для Бурлинского –  $3,15 \times 10^2$  КОЕ/мл (т.е. в 5,72 раза выше), на среде ГРМ с 9% NaCl численность для озера Б. Ярового составила  $0,2 \times 10^2$  КОЕ/мл, для Бурлинского –  $10,7 \times 10^2$  КОЕ/мл (т.е. в 53,5 раз выше).

На стандартной среде ГРМ преобладающей группой бактерий во всех образцах были неспороносные бактерии (рис. 2), наименее представленной – кокки. Однако, в образцах донных осадков озер, высеянных на среду с 5% NaCl, кокки составляли 100%. Интересно, что в пробах воды и донных осадков обоих озер на средах с концентрацией NaCl 7% и 9% кокки не обнаружены,

преобладающими являлись неспороносные бактерии. Во всех образцах воды и донных осадков, высеянных на среду ГРМ 9%, обнаруживались только неспороносные бактерии (рис. 2-4).

Поскольку санаторно-курортное лечение в учреждениях, расположенных вблизи соленых озер, обычно подразумевает купание, представлялось интересным исследовать антибактериальную активность воды относительно патогенных микроорганизмов и оказание ее возможного положительного оздоровительного эффекта на купающихся (табл. 2).

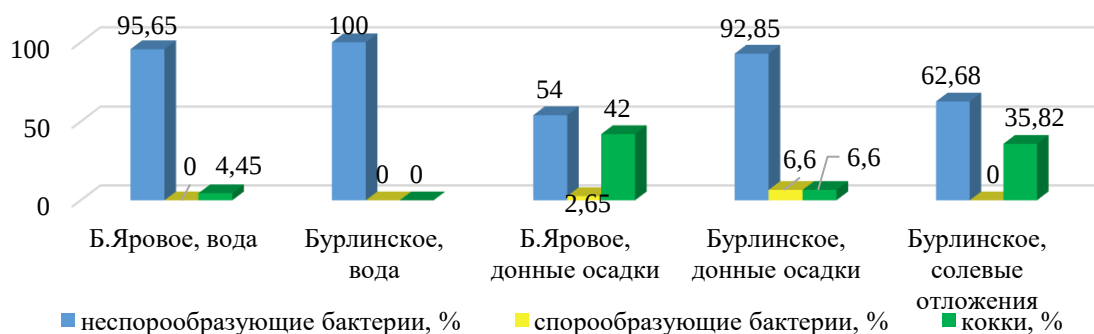


Рис. 2. Содержание бактерий по группам (спорообразующие, неспороносные, кокки) в образцах воды, донных осадков и соли озер на стандартной среде ГРМ

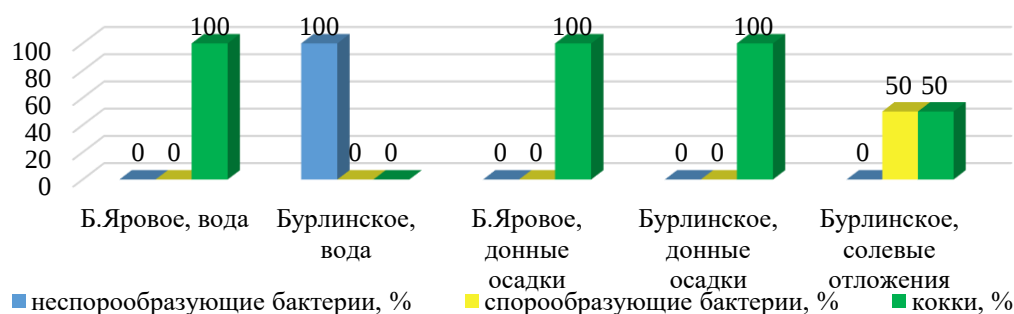


Рис. 3. Содержание бактерий по группам (спорообразующие, неспороносные, кокки) в образцах воды, донных осадков и соли озер на среде ГРМ 5%NaCl

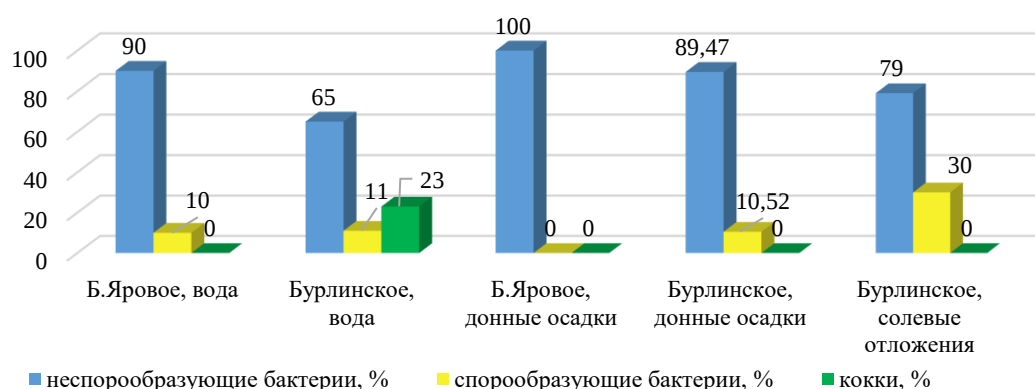


Рис. 4. Содержание бактерий по группам (спорообразующие, неспороносные, кокки) в образцах воды, донных осадков и соли озер на среде ГРМ 7%NaCl

Таблица 2

**Определение антимикробной активности проб воды  
при совместном инкубировании с клетками тест-штаммов**

| №   | Тест-штамм                               | Время<br>культи-<br>вирования | Образец / титр клеток тест-штамма (КОЕ/мл) |                           |                            |                             |
|-----|------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|     |                                          |                               | вода,<br>озеро<br>Яровое                   | вода, озеро<br>Бурлинское | *соль, озеро<br>Бурлинское | контроль<br>штамма<br>(б/д) |
| 1.  | <i>Salmonella typhimurium</i> B-581      | 10 мин                        | $1,7 \times 10^7$                          | $1,8 \times 10^7$         | $1,9 \times 10^7$          | $1,65 \times 10^7$          |
|     |                                          | 24 часа                       | $7,0 \times 10^6$                          | $1,8 \times 10^9$         | $3,5 \times 10^9$          | $9,0 \times 10^9$           |
| 2.  | <i>Shigella sonnei</i> B-582             | 10 мин                        | $1,8 \times 10^7$                          | $1,8 \times 10^7$         | $2,0 \times 10^7$          | $1,55 \times 10^7$          |
|     |                                          | 24 часа                       | $9 \times 10^4$                            | $1,9 \times 10^6$         | $1,3 \times 10^{10}$       | $2,2 \times 10^{10}$        |
| 3.  | <i>Klebsiella pneumonia</i> B-378        | 10 мин                        | $9,0 \times 10^6$                          | $1,1 \times 10^7$         | $1,05 \times 10^7$         | $1,4 \times 10^7$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $4,0 \times 10^6$                          | $5,0 \times 10^7$         | $1,2 \times 10^9$          | $6,0 \times 10^9$           |
| 4.  | <i>Proteus mirabilis</i> B-1267          | 10 мин                        | $6,0 \times 10^6$                          | $4,5 \times 10^6$         | $8,0 \times 10^6$          | $7,0 \times 10^6$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $9,0 \times 10^2$                          | $6,5 \times 10^6$         | $2,0 \times 10^8$          | $6,0 \times 10^8$           |
| 5.  | <i>Streptococcus faecalis</i> B-330      | 10 мин                        | $6,5 \times 10^6$                          | $5,0 \times 10^6$         | $4,0 \times 10^6$          | $6,5 \times 10^6$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $6,0 \times 10^6$                          | $1,05 \times 10^7$        | $1,5 \times 10^8$          | $3,0 \times 10^8$           |
| 6.  | <i>Staphylococcus epidermidis</i> B-1351 | 10 мин                        | $1,7 \times 10^5$                          | $1,9 \times 10^5$         | $1,9 \times 10^5$          | $1,3 \times 10^5$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $3,5 \times 10^4$                          | $3,0 \times 10^7$         | $1,25 \times 10^8$         | $4,5 \times 10^8$           |
| 7.  | <i>Bacillus cereus</i> B-1367            | 10 мин                        | $1,15 \times 10^5$                         | $1,8 \times 10^5$         | $1,9 \times 10^5$          | $2,5 \times 10^5$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $6,0 \times 10^4$                          | $4,0 \times 10^6$         | $4,0 \times 10^6$          | $6,0 \times 10^6$           |
| 8.  | <i>Bacillus subtilis</i> B-1376          | 10 мин                        | $1,65 \times 10^6$                         | $1,45 \times 10^6$        | $1,5 \times 10^6$          | $2,5 \times 10^6$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $5,4 \times 10^6$                          | $2,5 \times 10^8$         | $3,0 \times 10^8$          | $5,0 \times 10^8$           |
| 9.  | <i>Serratia marcescens</i> d B-1         | 10 мин                        | $4,8 \times 10^6$                          | $3,2 \times 10^6$         | $2,45 \times 10^6$         | $5,0 \times 10^6$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $1,9 \times 10^4$                          | $2,65 \times 10^4$        | $5,5 \times 10^6$          | $5,0 \times 10^8$           |
| 10. | <i>Staphylococcus aureus</i> B-1266      | 10 мин                        | $5,0 \times 10^6$                          | $6,5 \times 10^6$         | $5,5 \times 10^6$          | $2,1 \times 10^6$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $9,5 \times 10^6$                          | $9,0 \times 10^6$         | $8,0 \times 10^8$          | $1,9 \times 10^9$           |
| 11. | <i>Candida albicans</i> Y-583            | 10 мин                        | $7,0 \times 10^4$                          | $8,0 \times 10^4$         | $6,2 \times 10^4$          | $6,5 \times 10^4$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $1,65 \times 10^3$                         | $6,5 \times 10^4$         | $7,0 \times 10^5$          | $7,0 \times 10^6$           |
| 12. | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> B-656      | 10 мин                        | $1,5 \times 10^7$                          | $2,0 \times 10^7$         | $1,15 \times 10^7$         | $2,5 \times 10^7$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $1,85 \times 10^3$                         | $1,5 \times 10^3$         | $6,5 \times 10^3$          | $8,5 \times 10^8$           |
| 13. | <i>Escherichia coli</i> B-1373           | 10 мин                        | $5,5 \times 10^7$                          | $6,5 \times 10^7$         | $3,5 \times 10^7$          | $9,0 \times 10^7$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $1,35 \times 10^4$                         | $1,8 \times 10^4$         | $5,2 \times 10^8$          | $5,0 \times 10^8$           |
| 14. | <i>Mycobacterium smegmatis</i> B-836     | 10 мин                        | $4,5 \times 10^2$                          | $3,5 \times 10^2$         | $3,8 \times 10^2$          | $3,5 \times 10^2$           |
|     |                                          | 24 часа                       | $4,5 \times 10^2$                          | $4,5 \times 10^2$         | $5,5 \times 10^4$          | $3,5 \times 10^6$           |

\*соль – садка соли со дна озера Бурлинского в количестве 1 г с добавлением 10 г дистиллированной воды

При совместном инкубировании образцов озерной воды и патогенных тест-штаммов снижение концентрации клеток по сравнению с контролем спустя 24 часа культивирования оказывала вода озера Ярового: снижение титра клеток в культуральной жидкости на два порядка наблюдали для штаммов *S. faecalis* B-330, *B. cereus* B-1367, *C. albicans* Y-583, на три порядка для штаммов *S. typhimurium* B-581, *K. pneumonia* B-378, *S. aureus* B-1266, на четыре порядка для штаммов *S. sonnei* B-382, *P. mirabilis* B-1267, *S. epidermidis* B-1351, *S. marcescens* B-1, *E. coli* B-1373, *M. smegmatis* B-836, на пять порядков для штамма *P. aeruginosa* B-656.

Образцы воды озера Бурлинского повлекли снижение концентрации клеток в сравнении с контролем на один порядок для тест-штаммов *S. faecalis* B-330, *S. epidermidis* B-1351, на два порядка – для штаммов *C. albicans* Y-583, *K. pneumonia* B-378, *P. mirabilis* B-1267, на 3 порядка для штаммов *S. aureus* B-1266, на 4 порядка для штаммов *S. sonnei* B-582, *S. marcescens* B-1, *E. coli* B-1373, *M. smegmatis* B-836, на 5 порядков для штамма *P. aeruginosa* B-656. Вода озера Бурлинского не оказала бактериостатического эффекта на штаммы *S. typhimurium* B-581, *B. cereus* B-1367, *B. subtilis* B-1376. Следует отметить, что совместная 10-минутная экспозиция фильтратов и суспензий патогенных культур не выявила заметного антибиотического действия на микроорганизмы.

Вопреки ожиданиям, образцы донной соли озера Бурлинского в десятикратном разведении водой оказали меньший ингибирующий эффект по сравнению с озерной водой и только на 3 тест-штамма (табл. 2). В целом, вода озера Б. Ярового, несмотря на меньшую минерализацию, оказывала бактериостатический эффект на больший спектр штаммов. В связи с этим, предположительно, ингибирующий эффект по отношению к патогенным микроорганизмам оказывает не повышенная концентрация солей в составе воды и донных осадков, а органоминеральный комплекс веществ биогенного происхождения, например, метаболиты клеток бактерио-, фито- и зоопланктона. По-видимому, антибактериальный и кандидостатический эффект связан с биогеохимической активностью иловых осадков, которые находились в точке отбора проб озера Б. Ярового и отсутствовали или находились ниже солевой садки в точке отбора проб озера Бурлинского. Кроме этого, озеро Б. Яровое является более глубоким и обладает большим биоразнообразием по сравнению с озером Бурлинским, что сказывается на стабильности экосистемы и возможном спектре противомикробных биологически активных соединений. Важно, что наибольший ингибирующий эффект соленой воды озер наблюдался по отношению к высокопатогенному штамму синегнойной палочки *P. aeruginosa* В-656, где все три образца испытуемой соленой воды оказали снижение роста бактерии на 5 порядков. Самое значительное снижение концентрации клеток в опытной суспензии ( $9,0 \times 10^2$  КОЕ/мл) по сравнению с контролем ( $6,5 \times 10^6$  КОЕ/мл) наблюдали для штамма *P. mirabilis* В-1267 после совместного инкубирования с водой озера Б. Яровое в течение 24 часов.

Выделенные из воды исследуемых озер спорообразующие бактерии выборочно проанализированы на наличие антимикробной активности по отношению к патогенным тест-штаммам (проанализировано 20 культур). Наиболее выраженная активность всех исследуемых бактерий показана относительно штамма *C. albicans* У-583 – зона угнетения роста составляла в среднем 23,7 мм, для 4-х штаммов (№ 55, 80, 100, 105) достигая 32 мм. Штаммы спорообразующих бактерий № 68, № 100 и № Б2, выделенные из донных осадков, эффективно угнетали рост штаммов *S. aureus* В-1266, *S. faecalis* В-330, *E. coli* В-1373, *K. pneumonia* В-378, *S. marcescens* В-1, *B. cereus* В-1367, *B. subtilis* В-1376.

Штаммы спорообразующих бактерий № 68, № 100 и № Б2 были чувствительными к антибиотикам: левомецетину, амикацину, и бета-лактамам - имипенему, цефепиму, цефотаксиму, ципрофлоксацину, устойчивы к клиндамицину и оксациллину. Штамм № 68 был резистентен, а штаммы № 100 и № Б2 чувствительны к эритромицину, цефтриаксону, тикарциллину/клавуланату. Что касается тестирования остальных 17-ти штаммов выделенных спорообразующих бактерий на чувствительность к антибиотикам, то наиболее выраженная чувствительность обнаружена к эритромицину, левомецетину, амикацину, ципрофлоксацину, имипенему, цефепиму, цефотаксиму, наблюдалась резистентность к оксациллину, цефтазидиму, промежуточная чувствительность к клиндамицину, ванкомицину, бензилпенициллину, тикарциллину/клавуланату, цефтриаксону. Таким образом штаммы спорообразующих бактерий, не смотря на синтез собственных антибиотических метаболитов, проявляли чувствительность к применяемым антибиотикам.

Следует отметить, что спектр патогенных штаммов, подавляемых под влиянием образцов воды, шире, по сравнению со спектром, подавляемым спорообразующими бактериями, что возможно связано с малой выборкой спорообразующих бактерий.

**Заключение.** Основными факторами воздействия на бассейны озер Б. Яровое и Бурлинское являются интенсификация рекреационной нагрузки в связи с развитием внутреннего туризма, деятельность промышленных предприятий, и, как следствие, смыв загрязняющих веществ, в том числе, ртути в озере Б. Яровом, добыча и транспортировка соли в озере Бурлинском и практически полная выемка иловых грязей в озере Б. Яровом, распашка прилегающих территорий.

В воде и донных осадках не обнаружены возбудители инфекционных болезней, а общее микробное число составляло около  $10^2$  КОЕ/мл. Преобладающей группой культивируемых микроорганизмов, обнаруженных в условиях опыта в исследуемых образцах, являются неспороносные бактерии. Вода соленого озера Б. Ярового обладает ингибирующими свойствами по отношению ко всем исследованным 14-ти грамположительным и грамотрицательным тест-штаммам микроорганизмов, а вода озера Бурлинского – по отношению к девяти штаммам грамотрицательных бактерий: *S. sonnei* B-582, *K. pneumonia* B-378, *P. mirabilis* B-1267, *S. marcescens* B-1, *P. aeruginosa* B-656, *E. coli* B-1373, грамположительным бактериям *S. aureus* B-1266, *M. smegmatis* B-836 и относительно возбудителя кандидозов *C. albicans* Y-583. Важно отметить, что наиболее выраженное антибиотическое действие озерной воды отмечено для возбудителей гноеродных инфекций, включая кожные заболевания, штаммам вида *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *C. albicans*.

Показано также, что антагонистической активностью к патогенным тест-штаммам обладают культуры спорообразующих бактерий, выделенных из воды и донных осадков исследуемых озер.

В основе экологической устойчивости экосистем озер, несмотря на антропогенную трансформацию и климатические изменения, влияющие на водный и солевой режим, лежат биогенные процессы, которые обеспечивают резистентность к поступающим извне привнесенным микроорганизмам, в том числе патогенным, и их элиминацию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина Н.И. Реконструкция биологических очистных сооружений г. Яровое для защиты озера Большое Яровое от загрязнения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. №3 (197). С. 34-38.
2. Антюфеева Т.В., Акимов О.С., Курепина Н.Ю., Дунец А.Н., Рымарь А.А. Гидроминеральные ресурсы как фактор развития лечебно-оздоровительного туризма в Алтайском крае // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. 2019. №11. С. 63-76.
3. Бижанов А.Т. Региональные критерии нормирования сброса биогенных веществ в водные объекты на примере оз. Большое Яровое // Вестник современных исследований. 2018. №6.3. С. 80-84.
4. Веснина Л. *Artemia* Leach, 1819 гипергалинных озёр юга западной Сибири // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. 2014. V. 322. №1. Р. 90-103.
5. Веснина Л.В., Ронжина Т.О., Коротких В.Б., Пермякова Г.В., Клепиков Р.А. Результаты мониторинговых исследований промысловых гипергалинных озёр Алтайского края // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2011. №4. С. 46-51.
6. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. Дата введения 2001-07-01.
7. Дирин Д.А., Мардасова Е.В., Рыгалов Е.В. Ресурсы оздоровительной рекреации в Кулундинской степи // География и природопользование Сибири. 2017. №24. С. 11-33.
8. Долматова Л.А. Сезонная динамика гидрохимических характеристик оз. Большое Яровое // Мир науки, культуры, образования. 2010. №6-2. С. 272-277.
9. Егоров Н.С. Выделение микробов-антагонистов и биологические методы учета их антибиотической активности. М.: Изд-во МГУ, 1957. 78 с.
10. Ермолаева Н.И. К зоогеографическому анализу фауны зоопланктона озер юга Обь-Иртышского междуречья // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2015. №2 (37). С. 63-71.
11. Лебедева М.П., Лопухина О.В., Калинина Н.В. Особенности химико-минералогического состава солей в сорowych солончаках и озерах Кулундинской степи // Почвоведение. 2008. №4. С. 467-480..

12. Леонова Г.А., Богуш А.А., Бобров В.А., Бадмаева Ж.О., Корнеева Т.В. Химические формы тяжелых металлов в рапе соляного озера Большое Яровое, оценка их биодоступности и экологической опасности // *Экология промышленного производства*. 2006. №2. С. 39-46.
13. Леонова Г. А., Богуш А. А., Бобров В. А., Бычинский В. А., Трофимова Л. Б., Маликов Ю. И. Эколого-геохимическая оценка соляных озер Алтайского края // *География и природные ресурсы*. 2007. №1. С. 51-59.
14. Лобова Т.И., Листова Л.В., Попова Л.Ю. Распределение гетеротрофных бактерии по акватории озера Шира // *Микробиология*. 2004. Т. 73. №1. С. 105-110.
15. Маликова И.Н., Устинов М.Т., Аношин Г.Н., Бадмаева Ж.О., Маликов Ю.И. Ртуть в почвах и растениях в районе озера Большое Яровое (Алтайский край) // *Геология и геофизика*. 2008. Т. 49. №1. С. 59-66.
16. Методические рекомендации Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам». Версия 2021-01.
17. Методические рекомендации МР 4.2.0220-20. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды.
18. Сыренжапова А.С. Сезонные и межгодовые изменения активности микроорганизмов высокоминерализованных содово-соленых озер Онон-Керуленской группы: автореф. ... канд. биол. наук: Улан-Удэ, 2004. 19 с.
19. Темерев С.В., Галахов В.П., Эйрих А.Н., Серых Т.Г. Особенности формирования химического состава снегового стока в бессточной области Обь-Иртышского междуречья // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2002. №10. С. 485-496.
20. Швецова А.В., Слаженва С.С., Антифеева Т.В., и др. Экологическое состояние Бурлинского озера // *География и природопользование Сибири*. 2020. №27. С. 179-186.
21. Guseva N.V., Nalivayko N.G., Kopylova Y.G., Khvashevskaya A.A., Vaishlya O.B. Chemical and microbial composition of Khakassia Saline Lakes with regard to their ecological state // *IERI Procedia*. 2014. V. 8. P. 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.09.022>

## REFERENCES

1. Aleshina, N.I. (2021). Econstruction of biological treatment facilities in the town of yarovoye to protect lake big yarovoe from pollution. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (3 (197)), 34-38. (in Russ.).
2. Antyufeeva, T.V., Akimov, O.S., Kurepina, N.Yu., Dunets, A.N., & Rymar, A.A. (2019). Hydromineral resources as a factor of the development of health and health tourism in the altai region. *Nauka i turizm: strategii vzaimodeistviya*, (11), 63-76. (in Russ.).
3. Bizhanov, A.T. (2018). Regional'nye kriterii normirovaniya sbrosa biogennykh veshchestv v vodnye ob"ekty na primere oz. Bol'shoe Yarovoe. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*, (6.3), 80-84. (in Russ.).
4. Vesina, L. (2014). Artemia Leach, 1819 gipergalinnih ozor juga zapadnoj Sibiri. *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*, 322(1), 90-103. (in Russ.).
5. Vesnina, L.V., Ronzhina, T.O., Korotkikh, V.B., Permyakova, G.V., & Klepikov, R.A. (2011). Rezul'taty monitoringovykh issledovaniy promyslovykh gipergalinnih ozer Altaiskogo kraia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (4), 46-51. (in Russ.).
6. GOST R 51592-2000. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. Data vvedeniya 2001-07-01. (in Russ.).
7. Dirin, D.A., Mardasova, E.V., & Rygalov, E.V. (2017). Resources of the Improving Recreation in Kulunda Steppe. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri*, (24), 11-33. (in Russ.).
8. Dolmatova, L.A. (2010). Sezonnaya dinamika gidrokhimicheskikh kharakteristik oz. Bol'shoe Yarovoe. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, (6-2), 272-277. (in Russ.).
9. Egorov, N.S. (1957). Vydelenie mikrobov-antagonistov i biologicheskie metody ucheta ikh antibioticheskoi aktivnosti. Moscow. (in Russ.).
10. Ermolaeva, N.I. (2015). By Zoogeographical Analysis Zooplankton Fauna of the Lakes in the South of Ob-irtysh Interfluve. *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, (2 (37)), 63-71. (in Russ.).
11. Lebedeva, V.M., Lopukhina, O.V., & Kalinina, N.V. (2008). Osobennosti khimiko-mineralogicheskogo sostava solei v sorovykh solonchakakh i ozerakh Kulundinskoi stepi. *Pochvovedenie*, (4), 467-480. (in Russ.).
12. Leonova, G.A., Bogush, A.A., Bobrov, V.A., Badmaeva, Zh.O., & Korneeva, T.V. (2006). (in Russ.) Khimicheskie formy tyazhelykh metallov v rape solyanogo ozera Bol'shoe Yarovoe, otsenka ikh biodostupnosti i ekologicheskoi opasnosti. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, (2), 39-46. (in Russ.).
13. Leonova, G.A., Bogush, A.A., Bobrov, V.A., Bychinskii, V.A., Trofimova, L.B., & Malikov, Yu.I. (2007). Ekologo-geokhimicheskaya otsenka solyanikh ozer Altaiskogo kraia. *Geografiya i prirodnye resursy*, 1, 51-59. (in Russ.).

14. Lobova, T.I., Listova, L.V., & Popova, L.Yu. (2004). Distribution of Heterotrophic Bacteria in Lake Shira. *Microbiology (Mikrobiologiya)*, 73(1), 89-93. (in Russ.).
15. Malikova, I.N., Uctinov, M.T., Anoshin, G.N., Badmaeva, Zh.O., & Malikov, Yu.I. (2008). Rtut' v pochvax i pacteniyax v paione ozepa Bol'shoe Yapovoe (Altaickii kpai). *Geologiya i geofizika*, 49(1), 59-66. (in Russ.).
16. Metodicheskie rekomendatsii Mezhhregional'noi assotsiatsii po klinicheskoi mikrobiologii i antimikrobnui khimioterapii "Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antimikrobnym preparatam". Versiya 2021-01. (in Russ.).
17. Metodicheskie rekomendatsii MR 4.2.0220-20. 4.2. Metody kontrolya. Biologicheskie i mikrobiologicheskie faktory. Metody sanitarno-bakteriologicheskogo issledovaniya mikrobnui obsemenennosti ob"ektov vneshnei sredy. (in Russ.).
18. Syrenzhapova, A.S. (2004). Sezonnye i mezhgodovye izmeneniya aktivnosti mikroorganizmov vysokomineralizovannykh sodovo-solenykh ozer Onon-Kerulenskoii gruppy: avtoreferat. Ulan-Ude. (in Russ.).
19. Temerev, S. V., Galakhov, V. P., Eirikh, A. N., & Serykh, T. G. (2002). Osobennosti formirovaniya khimicheskogo sostava snegovogo stoka v besstochnoi oblasti Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 10(4), 485-496. (in Russ.).
20. Shvetsova, A.V., Slazheva, S.S., Antyufeeva, T.V., Skripko, V.V., Pochemin, N.M., Kazartsev, D.S., & Rymar', A.A. (2020). Ecological Conditions of Burlin Lake. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri*, (27), 179-186. (in Russ.).
21. Guseva, N. V., Nalivayko, N. G., Kopylova, Y. G., Khvashevskaya, A. A., & Vaishlya, O. B. (2014). Chemical and microbial composition of Khakassia Saline Lakes with regard to their ecological state. *IERI Procedia*, 8, 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.09.022>

дата поступления: 25.09.2021

дата принятия: 03.02.2022

© Соловьянова Н.А., Емельянова Е.К., Андреева И.С., 2022

UDC 574.583/582.284/595.768.11 (24)

AGRIS F40

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/02>

*Skorobogatova O.N., Kuchumov M.S., Evening P.S.*

## ALGAE, POLYPORALES FUNGI AND INSECTS – XYLOPHAGES OF THE SMOLNY ISLAND NATURAL RESERVE (KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG, RUSSIA)

*Скоробогатова О.Н., Кучумов М.С., Вечер П.С.*

### ВОДОРΟΣЛИ, АФИЛОФОРОВЫЕ ГРИБЫ И НАСЕКОМЫЕ-КСИЛОФАГИ ПРИРОДНОГО ПАМЯТНИКА «ОСТРОВ СМОЛЬНЫЙ» (ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ, РОССИЯ)

**Abstract.** Smolny Island is a specially protected natural area of regional importance aimed to preserve a unique natural ecosystem of typical floodplain landscapes of the latitudinal section of the Ob River. The purpose of this research is to obtain primary data on the species composition and state of algological, polypore communities and insects-xylophages of the Smolny Island natural reserve. The standard algological, mycological and entomological research methods were used. The original studies results for several components of the ecosystem are presented for the first time. The composition, structure, occurrence of freshwater algae, forest, polypore communities and forest insects pests were investigated. The freshwater algocenoses of the island have a typical regional composition, in summer there is a tendency to cenosis characteristic of the region's swamps (diatom-euglena viridis type) in autumn there's diatom, with low occurrence of species. An increased saprobity of the studied waters was detected. In total, 12 insects – xylophages species of the *Agaricomycetes* class were found in forest communities (coniferous, floodplain, small-leaved cenosis), with the richest species community in the test plot of small-leaved forest and the least variety in the coniferous one. No great risk for the development of a mass insects-xylophages area in the test plots was revealed, but the constant monitoring of the forest stock of the Smolny Island natural reserve is necessary to prevent the development of invasions and preserve the biodiversity of the island. The research results can be recommended as special diagnostic methods for tracking the diversity and condition of island communities.

**Keywords:** island, algocenosis, phytophages, timber beetle, insects-xylophage.

**About the authors:** Skorobogatova Olga Nikolaevna, ORCID: 0000-0003-3772-8831, Ph.D. biol. Sciences, Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, Olnics@yandex.ru; Kuchumov Mikhail Sergeevich, ORCID: 0000-0003-4714-5023, Nizhnevartovsk, Russia, mixaelok@mail.ru; Vecher Pavel Sergeevich, ORCID: 0000-0003-2913-9316,

**Аннотация.** Остров Смольный – особо охраняемая природная территория регионального значения с целью сохранения уникальной природной экосистемы типичных пойменных ландшафтов широтного участка реки Обь. Цель настоящих исследований: получение первичных данных о видовом составе и состоянии альгологических, аффилофоровых сообществ и насекомых-ксилофагах памятника природы «Остров Смольный». Применены стандартные методы исследований, принятые в альгологии, микологии и энтомологии. Впервые приведены результаты оригинальных исследований нескольких компонентов экосистемы. Выявлен состав, структура, встречаемость пресноводных водорослей, лесных, аффилофоровых сообществ и насекомых – вредителей леса. Пресноводный альгоценоз острова имеет типичный для региона состав, летом наблюдается склонность к ценозу, характерному для болот региона (диатомово-эвглено-зеленый тип, осенью – диатомовый, низкая встречаемость видов). Выявлена повышенная сапробность изученных вод. Всего в лесных сообществах (хвойный, пойменный, мелколистный ценоз) найдено 12 видов грибов класса *Agaricomycetes*, с наиболее богатым видовым сообществом на экспериментальном участке мелколистного леса и наименьшим разнообразием – хвойного. Большого риска для развития массового очага насекомых-ксилофагов на экспериментальных участках не выявлено, но для недопущения развития инвазий и сохранения биоразнообразия острова необходим постоянный мониторинг за древостоем ПП Острова Смольный. Результаты исследований могут быть рекомендованы в качестве диагностических специальных методов при отслеживании разнообразия и состояния островных сообществ

**Ключевые слова:** остров, альгоценоз, фитофаги, короед, ксилофаги, насекомые-ксилофаги.

**Информация об авторах:** Скоробогатова Ольга Николаевна, ORCID: 0000-0003-3772-8831, канд. биол. наук, Нижневартковский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, Olnics@yandex.ru; Кучумов Михаил Сергеевич, ORCID: 0000-0003-4714-5023, г. Нижневартовск, Россия, mixaelok@mail.ru; Вечер Павел

Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Сергеевич, ORCID: 0000-0003-2913-9316,  
Russia, vecher98@mail.ru Нижневартровский государственный университет, г.  
Нижневартовск, Россия, vecher98@mail.ru

Skorobogatova O.N., Kuchumov M.S., Evening P.S. Algae, Polyporales Fungi and Insects – Xylophages of the Smolny Island Natural Reserve (Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Russia) // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 16–28. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/02>

Skorobogatova, O.N., Kuchumov, M.S. & Evening, P.S. (2022). Algae, Polyporales Fungi and Insects – Xylophages of the Smolny Island Natural Reserve (Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Russia). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 16–28. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/02>

**Introduction.** Rich composition of taxa is not typical for islands in general. The extent of island ecosystems varies greatly depending on the age and origin, area, distance to the mainland, and the ecological diversity of nature [5].

The Smolny Island natural reserve of regional significance is located in the Nizhnevartovsk region of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, two kilometers south-west of the city of Megion, on the left bank of the Ob River (fig.).

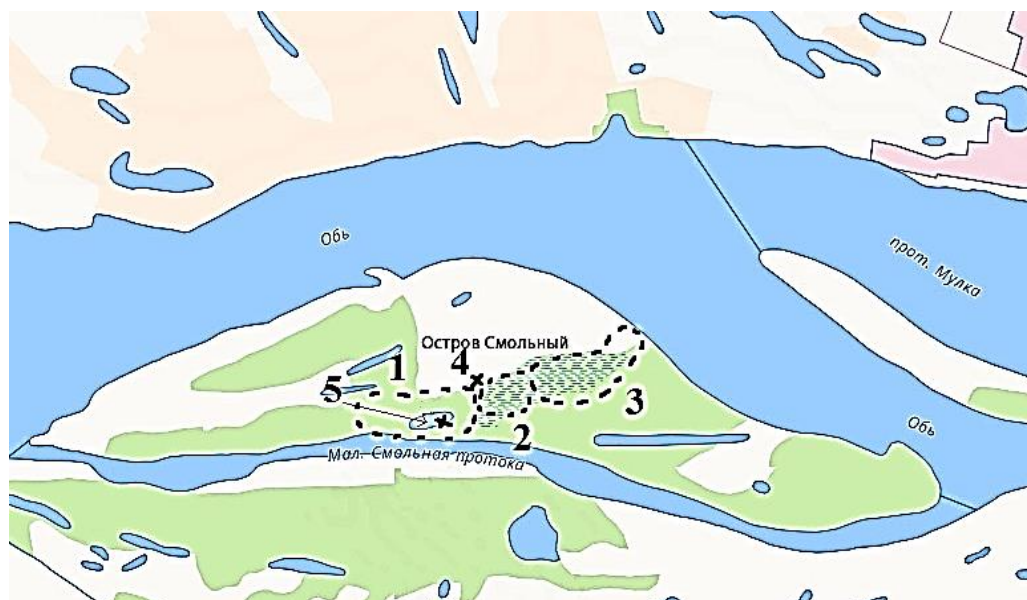


Fig. Schematic map and location of the study areas (<https://www.kosmosnimki.ru>):  
1. Coniferous forest; 2. Floodplain forest; 3. Parvifoliate forest; 4. Swamp; 5. Oxbow

According to the soil-geographical zoning, the described territory is located in the West Siberian taiga forest region (61°0'17"N 76°0'57"E) and is attributed to the middle taiga subzone [11; 29]. The boundaries of the natural reserve coincide with the coastline of Smolny Island [26]. The island is wedge-shaped, 6.5 km long and 1.3 km wide, and its total area is 486 ha. The island was granted with the status of specially protected natural reserve in 2013. The purpose is to preserve a unique natural ecosystem of typical floodplain landscapes of the latitudinal section of the Ob River. The relief of the island is flat, the water elevation marks in low-water season range from 31.3 to 38.5 m, the highest one is in the central part of the island. The terrace cusp height is about 2.5 m [10; 26].

There are 11 small lakes on the island, with the water surface area from 0.1 to 0.5 hectares, most of which dry up in the summer-autumn period. Smolny Island is washed by the Mulka channel from the

north and by the Malaya Smolnaya channel from the south, which is 6.5 km long, 100-150 m wide, shallow. When the channel dries up, oxbows appear. A significant part of the island is flooded during the spring flood and the water goes away by the end of summer. Half of the annual supply (50%) is snow, rainwater is 20-35%, ground-swamp – up to 15-25% of the annual runoff.

The flora and fauna of the Smolny Island NR consists of a complex of floodplain meadow, forest and coastal water communities and is similar to the typical vegetation of the middle taiga subzone of the forest zone of the West Siberian Plain [19; 26].

According to the original data, the parvifoliate forest includes birch *Betula pubescens* L. (*Betulaceae*) with a population density of 65-70%. The underbrush contains species of the genus willow: *Salix alba* L., *S. caprea* L. (*Salicaceae*), mountain ash *Sorbus sibirica* L. (*Rosaceae*) and bird cherry *Padus avium* Mill. (*Rosaceae*). The average height of the forest-forming stock does not exceed 3.0-4.0 m, the average diameter is 14.0 cm. The shrub layer is represented by wild rose and siberian violet-willow. The herbous layer is composed mainly of gramineous plants with a projective cover of 7-10%, the moss layer was not found.

The floodplain forest consists of a stock of black poplar *Populus nigra* L. (*Salicaceae*), aspen *Populus tremula* L. (*Salicaceae*), and birch *Betula pubescens* (*Betulaceae*). The average stock height is 8.3 m and the average diameter is 43.0 cm. In the undergrowth, there is Siberian mountain ash, Siberian pine, and a high density of wild rose *Rosa cinnamomea* L. (*Rosaceae*) was found with a population density of the latter of 45-50%. The herbous layer consists of river horsetail *Equisetum fluviatile* L. (*Equisetaceae*), meadowsweet *Filipendula* L. (*Rosaceae*), gramineae and sedges, with a projective cover above 85%.

The coniferous forest consists mainly of Scots pine with small inclusions of Siberian pine, in the undergrowth there are occasional specimens of birch and willow. The average height of the stock is 6.4 m, the average diameter is 24.0 cm. The trunks of mature trees have traces of burnt bark due to the ground fire in the past. There is an active undergrowth of Scots pine; the rates of seedlings on the site are high. The grass layer is very heterogeneous and is divided into sectors. Such sectors include plots with foxberry *Vaccinium vitis-idaea* L. (*Ericaceae*), with the projective cover up to 90%; in this area, the species is found everywhere. The plots with the common wintergreen (*Pyrola rotundifolia* L., *Ericaceae*), the arctic starflower *Trientalis europaea* L. (*Primulaceae*), and the wood sorrel *Oxalis* (*Oxalidaceae*), with a total projective cover of 65%, are located in waves, closer to the center of this ecosystem. Also, areas with river horsetail and gramineae with the projective cover up to 45% were found in the northern part of this biome. The moss cover is absent.

The work carried out is relevant and timely, because algae, aphelophoric fungi and insects-xylophages in the specially protected natural territory “Natural Reserve Island Smolny” (ООПТ Ostrov Smolny NR) have not been studied, although they are very important for understanding the condition and processes occurring in the island ecosystem. Island ecosystems are extremely fragile, while at the same time they have enormous scientific, educational and cultural significance.

**Experimentation.** The aim of this work is to obtain primary data on the species composition and condition of algological, aphelophoric communities and insects-xylophages of the specially protected area of the Smolny Island natural reserve.

Field work and collection of material were carried out in the summer-autumn period of 2018-2021 [28]. Algae (phytoplankton, accumulations) were sampled in hollows, mats, upper layers of open water of the raised swamp and oxbow. Diatoms have been identified on permanent specimens prepared by cold

burning and placed in Canada balsam for clinical diagnosis [20]. Species diagnostics was carried out using Nikon ECLIPSE E200 and OLYMPUS SX4 microscopes, cross-checking in domestic and foreign guides. Synonyms for all identified algae are combined with data from the worldwide electronic database Algae Base [32]. The water temperature and active reaction were measured using a portable pH meter (Oakton Eco Testr Ph 2 Waterproof Rocket pH Tester) simultaneously with the collection of freshwater algae. The chemical composition of water was analyzed in the laboratory of Nizhnevartovsk State University. The frequency of occurrence was carried out according to the Starmach scale: 1 – occasional (1-6 cells in a specimen); 2 – low (7-16); 3 – significant (17-20); 4 – much (31-50); 5 – plenty (over 50 cells in a specimen) [4]. The ecological confinement and saprobity of the species are given from large summaries [4; 18; 20; 34].

The geobotanical description was carried out by the itinerary method, the determination of the population density and projective cover was determined by field sketching [25]. The study of forest communities, tinder fungi and forest pests was based on three main communities, where the experimental plots were laid: parvifoliate, floodplain, and coniferous. The species diversity was determined in relation to the collection sites; the research of tinder fungi was carried out in the summer-autumn period of 2018-2021 (July-September). The collection of samples of xylofagous fungi was carried out using the route method, without a quantitative analysis of the community according to the methods of A.S. Bondartseva [1]. The identification of tinder fungi was carried out by morphological characteristics using domestic [1; 2; 24] and foreign guides [31; 33].

During the route study, we collected imagoes, larvae and pupae of xylophages, and the damaged bark on infected coniferous trees. Photos and videos of some insects and damaged trees were made. When collecting insects, killing bottles with diethyl ether were used [9]. Subsequently, the collected species were preserved in vials using formidron [7]. Xylophagous insects were identified using guides and atlases [14]. The assessment of the forest species condition in the experimental plots was carried out according to the method of A.V. Pobedinsky [17]. The experimental plots were 25x25 m in size. Accounting of undergrowth and seedlings was carried out on plots of 10x10 m perpendicular to the long side of the plot. The renewal was accounted in two groups: the occurrence of undergrowth and seedlings. Occurrence is understood as the percentage of the number of counting sites where undergrowth occurred to the total number of sites. Activity of species in relation to confinement to tree species.

**Discussing the results. Algae.** According to the classification of swamps given in the works of I.V. Filippova and E.D. Lapshina [30] wetlands of the Smolny Island natural reserve are oligotropic-raised, of the pine-dwarf shrub-sphagnum type (riam). Water temperature and water pH activity during sampling in the oxbow were in the range of 22.8-10.0°C and 5.7, respectively. In the waters of the raised swamp, the temperature in July was 21°C, pH - 5.9 (tabl. 1).

The chemical analysis of water in the oxbow was made in October. According to the results, the water is with weak acidity (pH 6.1), electrical conductivity – 72.98  $\mu\text{S}/\text{sm}$ , chromaticity is very high – 210  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of phosphate ions in the sample – 0.082  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of sulfate ions – 12.43  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of ammonium ions – 0.15  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of nitrate ions is 0.43  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of nitrite ions – 0.013  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of chloride ions is 7.8  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , the value of the total hardness is – 0.62  $\text{mg-eq}/\text{dm}^3$ , content of calcium ions is 9.62  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of  $\text{CO}_3^{2-}$  ions is 0.0v  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , content of  $\text{HCO}_3^-$  ions is 24.4  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .

Table 1

**Characteristics of the sampling conditions at the locations of the Smolny Island NR**

| Name       | Location                   | Sampling period | Water temperature, °C | pH, units |
|------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------|
| Lake Oxbow | N61°00'274" / E076°00'394" | VII-X / 2021.   | 22.8 -10              | 5.7       |
| Swamp      | N61°00'349" / E076°00'549" | VI - X / 2021.  | 21                    | 5.9-6.1   |

As a result of the field material processing, the complete systematic list of algae found in the swamp community and in the oxbow in natural conditions, includes 94 species and intraspecific taxa belonging to 5 divisions, 8 classes, 20 orders, 30 families and 44 genera (tabl. 2).

Table 2

**Taxonomic structure of freshwater algae groups on the studied sites of the Smolny Island NR**

| Taxon    | Total number | Algae divisions   |                        |                     |                    |                   |
|----------|--------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|          |              | <i>Ochrophyta</i> | <i>Bacillariophyta</i> | <i>Euglenophyta</i> | <i>Chlorophyta</i> | <i>Charophyta</i> |
| Classes  | 8            | 2                 | 2                      | 1                   | 2                  | 1                 |
| Orders   | 20           | 2                 | 14                     | 1                   | 2                  | 1                 |
| Families | 30           | 2                 | 18                     | 2                   | 6                  | 2                 |
| Genera   | 44           | 4                 | 23                     | 4                   | 11                 | 2                 |

With the same number of Divisions, the number of other taxa of different levels (Classes, Orders, Families and Genera) and their species composition diversities are higher in the oxbow, when compared with the swamp. In general, the most taxonomically diverse are Diatoms, with a significant contribution from the taxa of Euglena algae. Euglenae even prevail in species diversity of the swamp algal community (tabl. 2, 3).

Table 3

**Species composition of freshwater algae in the studied areas of the Smolny Island NR**

| Type                   | Number of species and intraspecific taxa, % |           |           |
|------------------------|---------------------------------------------|-----------|-----------|
|                        | Total                                       | Oxbow     | Swamp     |
| <i>Ochrophyta</i>      | 9 / 9.6                                     | 9 / 13.0  | 2 / 4.2   |
| <i>Bacillariophyta</i> | 40 / 42.6                                   | 33 / 47.8 | 20 / 42.6 |
| <i>Euglenophyta</i>    | 28 / 29.8                                   | 13 / 18.9 | 21 / 44.7 |
| <i>Chlorophyta</i>     | 13 / 13.8                                   | 12 / 17.4 | 1 / 2.1   |
| <i>Charophyta</i>      | 4 / 4.2                                     | 2 / 2.9   | 3 / 6.4   |
| Total                  | 94 / 100                                    | 69 / 100  | 47 / 100  |

Other Divisions are less significant. Note that only the species *Sorastrum spinulosum* Nägeli (*Hydrodictyaceae*) was found among green algae in the swamp community, with a single frequency of occurrence, which is absent in the oxbow. The family *Hydrodictyaceae* in the swamps of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra is a rare one, although some of its species prevail in rivers [21].

In the general list of the family spectrum, half of the species composition is concentrated in the first five Families, with the largest share being Euglena algae – 29.4%, followed by Diatoms – 12.6%, Ochrophytic algae – 8.4% of the total composition identified (tabl. 4).

According to the published data it is known that *Euglenidae* in water bodies also play an important role, being at the top of the list in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra [15; 22; 35; 36].

The Family includes 5 species, of which *Navicula radiosa* Kützinger (*Naviculineae*) and *Navicula viridula* (Kützinger) Ehrenberg (*Naviculineae*) were found in both sites. Four species were found in the Families *Selenastraceae* and *Scenedesmaceae*, and all representatives of *Scenedesmaceae* were found in

the oxbow, which is obvious as this group is attributed to rheophiles [16; 23]. Small-species Families are represented by 20 taxa: 15 Families of them with one species, 3 Families (*Tabellariaceae*, *Achnanthaceae*, *Eunotiaceae*) with two species, 2 Families (*Aulacoseiraceae*, *Closteriaceae*) with three species.

Table 4

**Distribution of species across leading Families and Genera of freshwater algae  
on the studied sites of the Smolny Island NR**

| Family                | Number of species | Percentage | Genus                | Number of species | Percentage |
|-----------------------|-------------------|------------|----------------------|-------------------|------------|
| <i>Euglenidae</i>     | 16                | 16.8       | <i>Trachelomonas</i> | 12                | 12.6       |
| <i>Phacidae</i>       | 12                | 12.6       | <i>Lepocinclis</i>   | 7                 | 7.4        |
| <i>Dinobryaceae</i>   | 8                 | 8.4        | <i>Dinobryon</i>     | 6                 | 6.3        |
| <i>Pinnulariaceae</i> | 6                 | 6.3        | <i>Pinnularia</i>    | 6                 | 6.3        |
| <i>Bacillariaceae</i> | 6                 | 6.3        | <i>Nitzschia</i>     | 6                 | 6.3        |
| Total                 | 48                | 50.4       | Total                | 37                | 38.9       |

The top five genera include 38.9% of all identified species of algae. Of these, the most packed are two Genera of Euglena – *Trachelomonas* (*Euglenidae*) and *Lepocinclis* (*Phacidae*), one Genus of ochrophytic (*Dinobryon*), and 2 diatoms. 24 one-species Genera were found, 5 two-species (*Ulnaria*, *Achnanthes*, *Planothidium*, *Eunotia*, *Desmodesmus*), with 3 three-species (*Aulacoseira*, *Navicula*, *Closterium*), the composition of the remaining Genera varies from 4 to 6 types.

Out of 94 identified species and intraspecific taxa of the total composition, 69 or 72.6% of species were found in the oxbow, 47 or 49.4% – in the swamp. The common species found both in the oxbow and in the swamp include 21 taxa with a rank below a genus. There are only five species of algae that constantly develop from late July to mid-October, of which four are diatom species: *Stauroneis anceps* Ehrenberg (*Stauroneidaceae*), *Nitzschia palea* (Kützinger) W. Smith, *N. holsatica* Hustedt, *N. obtusa* W. Smith (*Bacillariaceae*) and one of Euglenae – *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg (*Euglenidae*). The period of phytoplankton vegetation development of the *Trachelomonas volvocina* (*Bacillariaceae*) species in the Vakh River begins in June and ends in November [15; 34].

The July algocenose in the oxbow, under conditions favorable for development, is represented by a complex of 5 groups: Ochrophytic – 6 species, Diatoms – 18 species, Euglenids – 13 species, Green – 10 species and harophytes – 2 species: *Closterium prorum* Brébisson (*Closteriaceae*) and *Staurostrum proboscideum* (Brébisson) W. Archer (*Desmidiaceae*). Due to a water temperature decrease as a leading factor for the development of algae, most of the species disappear from the October cenosis, small-celled diatoms prevail. As a result, mid-October algocenoses are represented by 31 species: Ochrophytic – 3: *Dinobryon pediforme* (Lemmermann) Steinecke (*Dinobryaceae*), *Dinobryon suecicum* Lemmermann (*Dinobryaceae*), *Pseudokephyrion ellipsoideum* (Pascher) Conrad (*Dinobryaceae*), diatoms – 27, Euglenae – 1: *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg (*Euglenidae*); Green – 2 (*Ankistrodesmus fusiformis* Corda (*Selenastraceae*); *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová (*Selenastraceae*) and Harophytes – 1: *Staurostrum proboscideum* (Brébisson) W. Archer (*Desmidiaceae*).

During the study period from July to October, 13 species constantly developed in the oxbow, more than 84% of which are Diatoms. The highest frequency of occurrence of the identified species in summer does not exceed 3 points and is observed in 4 species: *Dinobryon bavaricum* Imhof (*Dinobryaceae*); *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen (*Aulacoseiraceae*), *A. granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen (Family *Aulacoseiraceae*) and small form *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg (*Euglenidae*), 2 points – *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová (*Selenastraceae*), in other algae the occurrence is occasional and 1 point. In autumn, the occurrence of *Aulacoseira italica*

(Ehrenberg) Simonsen (*Aulacoseiraceae*), *Hippodonta luneburgensis* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & A. Witkowski (*Diadesmidaceae*) and *Eunotia lunaris* (Ehrenberg) Grunov (*Eunotiaceae*) is 1 point, other species are found occasionally.

In the swamp area in October, there is a lack of water in the upper tiers; therefore, only the July algocenosis, represented by 47 species from 5 groups, is discussed. The swamp algae complex consists of Diatoms and *Euglena* algae by 87%. The highest frequency of occurrence was recorded for small-celled species of genera *Nitzschia* (*Bacillariaceae*) and *Planothidium* (*Achnanthidiaceae*), max. 3 points.

During assessment of the general botanical and geographical characteristics of the studied water bodies, a high proportion of planktonic algae species was revealed, which make up almost half of the total list of the identified algae species. Epiphytic algae form a small group – 8.5%, benthic – 12.8% (tabl. 5).

Table 5

**Distribution of the found algae by ecological groups**

| Algae family                 | Number of species | Percentage | Algae family            | Number of species | Percentage | Algae family      | Number of species | Percentage |
|------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|------------|
| Occurrence at the dwell area |                   |            | In relation to salinity |                   |            | In relation to pH |                   |            |
| Planktonic                   | 44                | 46.8       | Oligohalobes including: | 71                | 75.5       | Acidophiles       | 7                 | 7.4        |
| Benthic                      | 13                | 13.8       | Halophobes              | 7                 | 7.4        | Indifferent       | 34                | 36.2       |
|                              |                   |            | Indifferent             | 58                | 61.7       |                   |                   |            |
| Foulers                      | 8                 | 8.5        | Halophiles              | 6                 | 6.4        | Alcaliphiles      | 12                | 12.8       |
| Unclassified                 | 29                | 30.9       | Unclassified            | 23                | 24.5       | Unclassified      | 41                | 43.6       |

The percentage of algae with an unknown ecological confinement varies from 24.5% (in relation to salinity) to 43.6% (in relation to the pH value). The cosmopolitan species of algae comprise 59 (62.8% of the total composition), only 11.7% boreal and 3.2% holarctic *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen (*Aulacoseiraceae*), *Planothidium ellipticum* (Cleve) M.B. Edlund (*Achnanthidiaceae*), *Eunotia parallela* Ehrenberg (*Eunotiaceae*). In terms of halobness, all algae with a clarified ecological confinement belong to oligohalobes, 75% of total identified. Among the oligohalobic species, halophobes, halophiles, and a large group of indifferent species (61.7%) are distinguished. A significant proportion of taxa belongs to species indifferent to pH (36.3%), 12.8% and 7.4% of algae are indicators or stenobionts: alkaliphiles and acidophiles, respectively

Of the 94 species found in the waters of Smolny Island, 64 species or 68.1% are indicators of varying degrees of organic content. The group of beta-mesosaprobies accounts for the largest share of 28.7%, the group of oligo-beta-mesosaprobies and beta-oligo-mesosaprobies is 14.9% (tabl. 6).

Table 6

**Distribution of identified algae in relation to saprobity**

| Algae family            | Number of species | Percentage | Algae family                            | Number of species | Percentage |
|-------------------------|-------------------|------------|-----------------------------------------|-------------------|------------|
| x-o; o-x                | 3                 | 3.2        | $\beta$                                 | 27                | 28.7       |
| o                       | 6                 | 6.4        | $\beta$ - $\alpha$ ; $\alpha$ - $\beta$ | 6                 | 6.4        |
| o- $\beta$ ; $\beta$ -o | 14                | 14.9       | $\alpha$                                | 8                 | 8.5        |

Designations: x-o; o-x; – xeno-oligosaprobies; oligo-xenosaprobies o – oligosaprobies; o- $\beta$ ;  $\beta$ -o; – oligo-beta-mesosaprobies; beta-oligo-mesosaprobies

Indicators of water with low organic content (xeno-oligo, oligo-xeno-saprobies) are represented by: *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen (*Aulacoseiraceae*), *Pinnularia subcapitata* var. *paucistriata* (Grunow) Cleve (*Pinnulariaceae*), *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing (*Rhopalodiaceae*) with a frequency of occurrence ranging from occasional to low.

Quite a lot of eutrophic algae, indicating an increase in the amount of nutrients in the environment and the development of oxidation-reduction processes, the threshold of an aerobic process of organic substances, the appearance of ammonia and carbon dioxide, a decrease in oxygen concentration, the transition of iron compounds into oxide and ferrous forms. The highest frequency of occurrence (2-3 points) was found among the following alpha-saprobionts: *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata* Schulz (*Achnanthaceae*), *Planothidium ellipticum* (Cleve) M.B. Edlund (*Achnanthidiaceae*), *P. lanceolatum* f. *ventricosum* (Hustedt) Buktiyarova (*Pinnulariaceae*), *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith (*Bacillariaceae*), *N. acicularis* (Kützing) W. Smith (*Bacillariaceae*), and *Trachelomonas planctonica* Svirenko (*Euglenidae*).

**Polyporaceae.** Polyporate fungi are of great importance for the study of forest biocenoses. They are being studied over a century, but still there is no clear and unambiguous understanding of what kind of group of organisms they are. In a general sense, they include all fungi that develop on woody substrates, which are the initial agent for the destruction of wood residues, and practically the only one in the harsh climate of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra [6].

Xylobiont fungi are located at the very low end of the detrital food chain, and this group of organisms is also widely used as natural indicators in identifying old natural forests for the purpose of their protection. By the beginning of the 21st century, xylotrophic fungi of the boreal zone in the Urals and Siberia are still relatively poorly studied in comparison with other types of living organisms. In the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, this group of fungi is also studied fragmentarily [12; 17].

On the territory of all studied areas, during the survey by the route method, polyporaceae fungi were found mainly on the remains of dead trees, despite the consequences of a fire that occurred in 2012. In total, 12 species of Polyporaceae fungi were found belonging to 7 Genera, 3 Families, Class *Agaricomycetes* and Division *Basidiomycota* (tabl. 7).

In the parvifoliate forest area, 9 species of aphylliphoric macromycetes from 6 Genera, 3 Families of Class *Agaricomycetes* and Division *Basidiomycota* were found. The *Polyporaceae* Family is the most representative in this area and includes 6 species of polypore fungi. The richest Genus is *Daedaleopsis* from the *Fomitopsidaceae* family, which includes 3 species. The analysis of the species composition showed that the species *Fomes fomentarius* L. (*Polyporaceae*) and *Piptoporus betulinus* L. (*Fomitopsidaceae*) were found on all three sites.

Table 7

#### Distribution of polyporaceae fungi on the territory of communities of Smolny Island NR

| Family                 | The number of species taxa/ percentage of the cenotic composition |                     |                   |                   |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                        | Total                                                             | Parvifoliate forest | Floodplain forest | Coniferous forest |
| <i>Fomitopsidaceae</i> | 5 / 41.7                                                          | 2 / 22.2            | 4 / 57.1          | 2 / 40.0          |
| <i>Polyporaceae</i>    | 6 / 50.0                                                          | 6 / 66.7            | 3 / 42.9          | 3 / 60.0          |
| <i>Stereaceae</i>      | 1 / 8.3                                                           | 1 / 11.1            | 0 / 0             | 0 / 0             |
| Total                  | 12 / 100                                                          | 9 / 100             | 7 / 100           | 5 / 100           |

**Insects-Xilophages.** The results of the assessment of the natural regeneration structure, growth and viability in the composition of forest-forming species of Smolny Island after forest fires are shown in Table 8.

Table 8

**Composition of forest species (Smolny Island)**

| Site No.            | Composition, pcs |             |           |    |             |    |    |     |             |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|----|-------------|----|----|-----|-------------|
|                     | Pi               | undergrowth | seedlings | B  | undergrowth | Po | W  | SPi | undergrowth |
| Coniferous forest   | 29               | 23          | 80        | 3  | -           | -  |    | -   | -           |
| Floodplain forest   | -                | -           | -         | 30 | 18          | 6  | 23 | 12  | 5           |
| Parvifoliate forest | -                | -           | -         | 36 | 20          | -  | 20 |     | -           |

Designations: Pi – Scots pine B – Birch Po – poplar W – willow SPi – Siberian pine “-” — not found

It was found that the number of seedlings and undergrowth of forest-forming species during the post-fire succession is determined by the intensity of the fire and the duration of the pyrogenic effect [3; 13]. At the same time, in the pine forests of Smolny Island renewal takes place without species replacement with high quantitative indicators. Birch and Siberian pine have average seedling and undergrowth rates. The relationship between the fire and the xylophages' invasion of the forest stock was not revealed in the studied areas. The trees in the coniferous forest area, *Pinus sylvestris* (Family *Pinaceae*) in particular, are healthy and not invaded by pest.

The floodplain forest site, on the other hand, is exposed to xylophagous effects. The main damage by xylophages is observed on *Pinus sibirica* Du Tour (*Pinaceae*). The highest activity of the six-toothed bark beetle species *Ips sexdentatus* Börner (*Curculionidae*) was noted here, in a small locus of five trees. At the time of the monitoring (2021), the bark beetle left the infected trees, while no invasions were detected on a number of healthy trees growing nearby. In addition to the bark beetle, the Black Pine Barbel *Monochamus galloprovincialis* Olivier (*Cerambycidae*) was observed on Siberian pine. Same as in the case with the bark beetle, no invasion was found on healthy trees. Rust pine borer *Arhopalus rusticus* Linnaeus (*Cerambycidae*) has been encountered once. In the area of the floodplain forest there are some windfall trees which is a good place for the development of subsequent generations of insects-xylophages. On the stumps of downy birch *Betula pubescens* Ehrenberg (*Betulaceae*), there are birch sapwood borer *Scolytus ratzeburgi* Jansen (*Scolytidae*) tunnels.

In the area of parvifoliate forest, a single specimen of the Horntail family *Siricidae* xylophage was found on a bird cherry *Padus avium* Mill. (*Rosaceae*). No other representatives of this family were found on the island. Thus, the activity of insects-xylophages in relation to tree species ranges from one to three (tabl. 9).

Table 9

**The confinement of the identified insects - xylophages with tree species (Smolny Island)**

| Species                                                             | Bird cherry | Scots pine | Siberian pine | Birch |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|------------|---------------|-------|
| <i>Ips sexdentatus</i> Börner ( <i>Scolytinae</i> )                 | -           | -          | +             | -     |
| <i>Scolytus ratzeburgi</i> Jansen ( <i>Scolytidae</i> )             | -           | -          | -             | +     |
| <i>Arhopalus rusticus</i> Linnaeus ( <i>Cerambycidae</i> )          | -           | -          | +             | -     |
| <i>Monochamus galloprovincialis</i> Olivier ( <i>Cerambycidae</i> ) | -           | -          | +             | -     |
| <i>Siricidae</i> Billberg sp.                                       | +           | -          | -             | -     |
| Total                                                               | 1           | 0          | 3             | 1     |

Designations: “+” – found; “-” – not found

Due to the special status of the territory and limited human activities, it is necessary to continue monitoring the condition of the forest stock to prevent the development of larger foci of xylophages and to preserve biodiversity.

**Conclusions.** The composition and condition of several cenoses of the Smolny Island NR were studied. The composition of algocenoses is represented by 94 species and intraspecific taxa of algae, the species diversity in the oxbow (69 species of algae) exceeds the one in the swamp – 47 species of algae. The oxbow algocenosis in the vicinity of Smolny Island NR is more a diatom-eugleno-green in summer, and diatom – in autumn. The frequency of occurrence of algae was generally occasional and mostly 1 point, the highest occurrence was 3 points. The swamp cenosis in summer is mostly diatom-euglena from occasional to 2 point frequency of occurrence.

In ecological and geographical terms, cosmopolitans, plankters (46.8%), indifferent to salts and pH (61.7% and 36.2%, respectively), prevail. The predominance of beta-meso-saprobies (28.7%) and the enrichment of the indicators qualitative composition with species indicating a high degree of pollution (alpha-beta-mesosaprobies, beta-alpha-mesosaprobies, alpha-saprobies) to 14.9% with a frequency of occurrence ranging from low to sufficient.

In three forest communities, over two years of research, 12 species of Polyporaceae fungi were found from 7 genera, 3 families, the class *Agaricomycetes* and the division *Basidiomycota*. On the parvifoliate forest site the richest species community of 9 aphylliphoric macromycete species was found, but only 7 species in the floodplain forest cenosis and 5 species in the coniferous one.

In total, 5 species of xylophages included in 3 families were identified in the experimental plots. There is no correlation between fire and xylophagous colonization of the forest stock. The most vulnerable species is Siberian pine, with the Six-toothed bark beetle *Ips sexdentatus* (*Scolytinae*) and the Black pine barbel *Monochamus gallopovincialis* (*Cerambycidae*) being the most active pests. Birch sapwood borer *Scolytus ratzeburgi* (*Scolytidae*) lives only on downy birch. Xylophages of the family Horntails (*Siricidae*) and Rust pine borer *Arhopalus rusticus* (*Cerambycidae*) were found singly.

*This work was supported by the Grant of the Provost of Nizhnevartovsk State University on the basis of Order No. 240C dated April 20, 2021, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra, as a part of the scientific project “Aphylliphoric fungi in specially protected natural reserves of Nizhnevartovsk and Surgut regions”*

*Работа выполнена при поддержке Гранта ректора Нижневартовского государственного университета на основании приказа № 240С от 20.04.2021, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, в рамках научного проекта «Афиллофорные грибы особо охраняемых природных территорий Нижневартовского и Сургутского районов»*

*The authors are grateful to Filippova Nina Vladimirovna, PhD., Senior Researcher, REC EDaGCC, Ugra State University for her assistance in identifying aphylliphoric fungi.*

*Авторы выражают благодарность Нине Владимировне Филипповой, канд. биол. наук, старшему научному сотруднику НОЦ «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» Югорского государственного университета за помощь в определении афиллофорных грибов.*

#### REFERENCES

1. Bondartsev, A.S. (1953). *Trutovye griby evropeiskoi chasti SSSR i Kavkaza*. Moscow. (in Russ.).
2. Bondartseva, M.A., & Parmasto, E.Kh. (1986). *Opredelitel' gribov SSSR. Poryadok Afilloforovye*. 1. Leningrad. (in Russ.).
3. Vaganov, E.A., Furyaev, V.V., & Sukhinin, A.I. (1998). *Pozhary sibirskoi taiga. Priroda*, (7), 51-62. (in Russ.).
4. Vasser, S.P., Kondratieva, N.V., & Masyuk, N.P. (1989). *Vodorosli*. Kiev. (in Russ.).

5. Vtorov, P.P., & Drozdov, N.N. (2001). Biogeografiya. Moscow. (in Russ.).
6. Zavodskii, P.G. (2015). Afilloforovye griby v lesnykh ekosistemakh Vostochnoi Fenoskandii. In *Bioraznoobrazie i ekologiya gribov i gribopodobnykh organizmov severnoi Evrazii: materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Ekaterinburg, 87-88. (in Russ.).
7. Ilinskii, A.I. (1962). Opredeletel' vreditelei lesa. Moscow. (in Russ.).
8. Isaev, A.S., & Petrenko, E.S. (1968). Biogeotsenoticheskie osobennosti dinamiki chislennosti stvolovykh vreditelei. *Lesovedenie*, (3), 56-65. (in Russ.).
9. Kozlov, M.A., & Ninburg, E.M. (1981). Yunym zoologam. Nazemnye i presnovodnye bespozvonochnye. Moscow. (in Russ.).
10. Korkin, S.E., & Isypov, V.A. (2020). Dynamics of Erosion Processes of the Middle ob Region. In *Tsifrovaya geografiya*, Perm', 94-97. (in Russ.).
11. Korkin, S.E., & Chernomorchenko, M.A. (2016). Landshaftno-rekreatsionyi analiz Nizhnevartovskogo raiona. In *Kul'tura, nauka, obrazovanie: problemy i perspektivy*, Nizhnevartovsk, II, 37-42. (in Russ.).
12. Kuchumov, M.S. (2020). Pervye svedeniya ob afilloforovykh gribakh v lesnykh ekosistemakh pamyatnika prirody "Ostrov Smol'nyi" (Nizhnevartovskii raion). In *Problemy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya i istoriya geologicheskogo poiska v Zapadnoi Sibiri*, Nizhnevartovsk, 113-115. (in Russ.).
13. Melekhov, I.S. Dusha-Gudym, S.I., & Sergeeva, E.P. (1982). Lesnaya pirologiya. Moscow. (in Russ.).
14. Mozolevskaya, E.G., Belova, N.K., Lebedeva, G.S., & Sharapa, G.V. (2004). Praktikum po lesnoi entomologii. Moscow. (in Russ.).
15. Naumenko, Yu.V., & Skorobogatova, O.N. (2010). The Euglenic Algae of the Vakh River (West Siberia). *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, (10), 49-53. (in Russ.).
16. Naumenko, Yu.V., Skorobogatova, O.N., & Semochkina, M.A. (2016). Genus *Desmodesmus* (Chod.) S.S. an, Friedl et Hegew. (Scenedesmaceae) in the Phytoplankton of the Vakh River (West Siberia). *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, (2), 70-75. (in Russ.).
17. Pobedinskii, A.V. (1962). Izuchenie lesovosstanovitel'nykh protsessov. Krasnoyarsk. (in Russ.).
18. Proshkina-Lavrenko, A.I. (1953). Diatomovye vodorosli – pokazateli solenosti vody. In *Diatomovyi sbornik*, Leningrad. 186-205. (in Russ.).
19. Ryanskii, F.N., Ivantsov, S.P., Ishbaev, M.M., Manuilova, S.I., & Yarushina, G.P. (2007). Priroda, chelovek, ekologiya Nizhnevartovskii region. Nizhnevartovsk. (in Russ.).
20. Sadchikov, A.P. (2003). Metody izucheniya presnovodnogo fitoplanktona. Moscow. (in Russ.).
21. Skorobogatova, O. N. (2015). The Algae`s Hydrodictyaceae Family jf the Vah River Plankton. *V mire nauchnykh otkrytii*, (2-1), 720-732. (in Russ.).
22. Skorobogatova, O.N., & Gidora, O.Yu. (2017). Structure of Algae in Raised Bogs (Nizhnevartovsk District, Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra, Russia). *Transactions of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters (RAS)*, (79(82)), 207-212. (in Russ.).
23. Skorobogatova, O.N., Naumenko, Yu.V., Fedorova, V.M., & Semochkina, M.A. (2015). Results of Studying Green Algae *Scenedesmus* Meyen in the Plankton of the Vakh River. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 3-14. (in Russ.).
24. Stavishenko, I.V. (2013). Kharakteristika soobshchestv derevorazrushayushchikh gribov. In *Rezultaty monitoringa sostoyaniya prirodnoi sredy osobo okhranyaemykh prirodnnykh ob"ektov Sverdlovskoi oblasti*, Ekaterinburg, 75-123. (in Russ.).
25. Sukachev, V.N., Zonn, S.V., & Motovilov, G.P. (1957). Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa. Moscow. (in Russ.).
26. Tigeev, A.A. (2017). Natural Sanctuary "Smolny Island": Inventory Count for Working out an Integral Environmental Monitoring Project. *Nauchnaya mysl'*, (4), 21-26. (in Russ.).
27. Filippova, N.V., Aref'ev, S.P., Bul'onkova, T.M., Zvyagina, E.A., Kapitonov, V.I., Makarova, T.A., ... & Shiryayev, A.G. (2017). Istoriya mikologicheskikh issledovaniy v Khanty-Mansiiskom avtonomnom okruge: 2) izuchenie makromitsetov, lishainikov i miksomitsetov, sostoyanie kolleksii i regional'naya baza nakhodok vidov. *Dinamika okruzhayushchei sredy i global'nye izmeneniya klimata*, 8(2), 29-45. (in Russ.).
28. Fillipov, D.A., Prokin, A.A., & Pshiboro, A.A. (2017). Metody i priemy gidrobiologicheskikh issledovaniy bolot. Tyumen. (in Russ.).
29. Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I., Gerasimova, M.I., & Dobrovolskii, G.V. (2004). Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. Smolensk. (in Russ.).
30. Filippov, I. V., & Lapshina, E. D. (2008). Peatland unit types of lake-bog systems in the middle Priob'ie (Western Siberia). *Environmental Dynamics And Global Climate Change*, 1(1S), 115-124. (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/edgcc11S115-124>
31. Bills, G. F., Mueller, G. M., & Foster, M. S. (2004). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Academic Press.
32. Guiry, M. D. (2010). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/>.

33. Hansen, L., & Knudsen, H. (2000). *Nordic macromycetes. Vol. 1, Ascomycetes*. Nordsvamp.
34. Skorobogatova, O. N. (2018, March). Taxonomic composition of phytoplankton in the Vakh River (Western Siberia). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 138(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/138/1/012017>
35. Skorobogatova, O., Yumagulova, E., Storchak, T., & Barinova, S. (2019). Bioindication of the Influence of Oil Production on Sphagnum Bogs in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug–Yugra, Russia. *Diversity*, 11(11), 207. <https://doi.org/10.3390/d11110207>
36. Skorobogatova, O. N., Yumagulova, E. R., Storchak, T. V., & Ivanova, N. A. (2019). Phytoplankton of surface waters under oil pollution (Samotlor field, Western Siberia). *Periodico Tche Quimica*, 16(32), 306-320.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарцев А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. М., Л., 1953. 727 с.
2. Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х. Определитель грибов СССР. Порядок афиллофоровые. Вып. 1. Л., 1986. 192 с.
3. Ваганов Е.А., Фуряев В.В., Сухинин А.И. Пожары сибирской тайги // *Природа*. 1998. №7. С. 51-62.
4. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. Водоросли. Киев, 1989. 608 с.
5. Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биogeография. М., 2001. 304 с.
6. Заводский П.Г. Афиллофоровые грибы в лесных экосистемах Восточной Феноскандии // Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов северной Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Екатеринбург, 2015. С. 87-88.
7. Ильинский А.И. Определитель вредителей леса. М., 1962. 392 с.
8. Исаев А.С., Петренко Е.С. Биоценотические особенности динамики численности стволовых вредителей // *Лесоведение*. №3. 1968. С. 56–65.
9. Козлов М.А., Нинбург Е.М. Юным зоологам. Наземные и пресноводные беспозвоночные. М., 1981. 168 с.
10. Коркин С.Е., Исыпов В.А. Динамика эрозионных процессов Среднего Приобья // *Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Пермь, 2020. Т. 1. С. 94-97.*
11. Коркин С.Е., Черноморченко М.А. Ландшафтно-рекреационный анализ Нижневартовского района // *Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: Материалы V Международной науч.-практ. конф. (г. Нижневартовск, 09-10 февраля 2016 года).* Нижневартовск, 2016. Ч. II. С. 37-42.
12. Кучумов М.С. Первые сведения об афиллофоровых грибах в лесных экосистемах памятника природы «Остров Смольный» (Нижневартовский район) // *Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири: Материалы VIII региональной молодежной конф. им.В. И. Шпильмана.* Нижневартовск, 2020. С. 113-115.
13. Мелехов И.С. Душа-Гудым С.И., Сергеева Е.П. Лесная пирология. М., 1982. 68 с.
14. Мозолевская Е.Г., Белова Н.К., Лебедева Г.С., Шарапа Г.В. Практикум по лесной энтомологии. М., 2004. 276 с.
15. Науменко Ю.В., Скоробогатова О.Н. Эвгленовые водоросли р. Вах (Западная Сибирь) // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2010. №10. С. 49-53.
16. Науменко Ю.В., Скоробогатова О.Н., Семочкина М.А. Род *Desmodesmus* (Chod.) S.S. an, Friedl et Hegew. (Scenedesmaceae) в фитопланктоне реки Вах (Западная Сибирь) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2016. №2. С. 70-75.
17. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. Красноярск, 1962. 63 с.
18. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды // *Диатомовый сборник*. Л., 1953. С. 186-205.
19. Рянский Ф.Н., Иванцов С.П., Ишбаев М.М., Мануйлова С.И., Ярушина Г.П. Природа, человек, экология Нижневартовский регион. Нижневартовск, 2007. 323 с.
20. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М., 2003. 157 с.
21. Скоробогатова О.Н. Водоросли семейства Hydrodictyaceae планктона реки Вах // *В мире научных открытий*. 2015. №2-1(62). С. 720-732.
22. Скоробогатова О.Н., Гидора О.Ю. Структура водорослей верховых болот (Нижневартовский район, ХМАО-Югра) // *Труды института биологии и внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*. 2017. №79(82). С. 207-212.
23. Скоробогатова О.Н., Науменко Ю.В., Федорова В.М., Семочкина М.А. Результаты исследований зеленых водорослей рода *Scenedesmus* Мейен в планктоне реки Вах // *Вестник Нижневартовского государственного университета*. 2015. №1. С. 3-14.
24. Ставищенко И.В. Характеристика сообществ дереворазрушающих грибов // *Результаты мониторинга состояния природной среды особо охраняемых природных объектов Свердловской области*. Екатеринбург, 2013. С. 75-123.

25. Сукачёв В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. Методические указания к изучению типов леса. М., 1957. 115 с.
26. Тигеев А.А. Памятник природы «Остров Смольный»: Инвентаризация в целях разработки проекта комплексного экологического мониторинга // Научная мысль. 2017. № 4. С. 21-26.
27. Филиппова Н.В., Арефьев С.П., Бульонкова Т.М., Звягина Е.А., Капитонов В.И., Макарова Т.А., Мухин В.А., Ставищенко И.В., Тавшанжи Е.И., Ширяев А.Г. История микологических исследований в ХМАО: 1) период разрозненных исследований, изучение сообществ ксилотрофных базидиомицетов и фитопатология; 2) Изучение макромицетов, лишайников и миксомицетов, состояние коллекций и региональная база находок видов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2017. Т. 8. № 2. С. 29-45.
28. Филиппов Д.А., Прокин А.А., Пшиборо А.А. Методы и приемы гидробиологических исследований болот. Тюмень, 2017. 208 с.
29. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И., Добровольский Г.В. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 342 с.
30. Филиппов И.В., Лапшина Е.Д. Типы Болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2008. Т. 1. №1. С. 115-124. <https://doi.org/10.17816/edgcc11S115-124>
31. Bills G.F., Mueller G. M., Foster M. S. Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. Academic Press, 2004. P. 422-761.
32. Guiry M.D. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway // <http://www.algaebase.org/>. 2010.
33. Hansen L., Knudsen H. Nordic macromycetes. Vol. 1, Ascomycetes. Nordsvamp, 2000.
34. Skorobogatova O.N. Taxonomic composition of phytoplankton in the Vakh River (Western Siberia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. Vol. 138. №1. P. 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/138/1/012017>
35. Skorobogatova O., Yumagulova E., Storchak T., Barinova S. Bioindication of the Influence of Oil Production on Sphagnum Bogs in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug–Yugra, Russia // Diversity. 2019. Vol. 11. №11. P. 207. <https://doi.org/10.3390/d11110207>
36. Skorobogatova O.N., Yumagulova E.R., Storchak T.V., Ivanova N.A. Phytoplankton of surface waters under oil pollution (Samotlor field, Western Siberia) // Periodico Tche Quimica. 2019. Vol. 16. №32. P. 306-320.

дата поступления: 25.10.2021

дата принятия: 12.01.2022

© Скоробогатова О.Н., Кучумов М.С., Вечер П.С., 2022

UDC 635.9+591.5

AGRI F40

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/03>

Askerova P.S.

## ABOUT PESTS AND DISEASES OF SOME MAGNOLIA SPECIES IN THE ABSHERON CONDITIONS

Аскерова П.С.

### О ВРЕДИТЕЛЯХ И ЗАБОЛЕВАНИЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МАГНОЛИИ В УСЛОВИЯХ АБШЕРОНА

**Abstract.** The article examines the reproduction, frequency, distribution, density, preventive measures against pests of some *Magnolia* species on a scientific basis. Pests belonging to the species of this genus have been observed to be *Icerya purchasi* Mack, 1878, *Ceroplastes sinensis* Guer., *Tetranychus urticae* Koch., *Helix pomatia* Lin., 1758 and *Pseudomonas syringae* van Hall 1904. On the basis of phytosanitary monitoring, route observations and stationary examinations of magnolia plants grown in the experimental fields of the Institute of Dendrology in Absheron Peninsula (2020-2021), plant samples infected with pests and pathogens were collected and systematically analyzed. As a result of the monitoring of pests, magnolias were first discovered in Absheron: *Icerya purchasi*, *Ceroplastes sinensis*, *Tetranychus urticae*, *Helix pomatia*. Some bioecological features of the dangerous larvae of *Icerya purchasi* and *Ceroplastes sinensis* have been revealed. For the first time, a number of promising insecticides against their larvae have been selected. The data on the experimental work on the selection of drugs and their concentration as the most effective measure to control pest species are presented. The reason for the weakening of plants, and sometimes their death, is a complex of factors of negative impact: biotic – harmful arthropods and damage by various diseases; abiotic – unfavorable climatic conditions; anthropogenic – violation of the soil cover and natural herbaceous vegetation, insufficient and untimely care of plants due to the limited funds allocated for this purpose.

**Keywords:** *Magnolia* L., pest, pathogen, coccoidea, preventive measure.

**About the author:** Askerova Parviz Safar gizi, Institute of Dendrology of NAS of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, shixaliyeva.pervin@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены размножение, частота, распространение, плотность, меры профилактики против вредителей некоторых видов магнолий. Вредителями, принадлежащими к видам этого рода, являются *Icerya purchasi* Mack, 1878, *Ceroplastes sinensis* Guer., *Tetranychus urticae* Koch., *Helix pomatia* Lin., 1758 и *Pseudomonas syringae* van Hall 1904. На основании фитосанитарного мониторинга, маршрутных наблюдений и стационарных обследований растений магнолии, выращенных на опытных полях Института дендрологии Абшеронского полуострова (2020-2021 гг.), были собраны и систематически проанализированы образцы растений, зараженные вредителями и патогенами. В результате мониторинга вредителей магнолий впервые обнаружены на Абшероне: *Ceroplastes sinensis* Guer., *Tetranychus urticae* Koch., *Helix pomatia* Lin., 1758. Выявлены некоторые биоэкологические особенности опасных личинок *Icerya purchasi* и *Ceroplastes sinensis*. Впервые подобраны ряд перспективных инсектицидов против их личинок. Представлены данные по экспериментальной работе по подбору препаратов и их концентрации как наиболее эффективной меры борьбы с видами-вредителями. Причиной ослабления растений, а иногда и их гибели, является комплекс факторов негативного воздействия: биотические – вредные членистоногие и поражение различными болезнями; абиотические – неблагоприятные климатические условия; антропогенные – нарушение почвенного покрова и естественной травянистой растительности, недостаточный и несвоевременный уход за растениями в связи с ограниченными средствами, выделяемыми для этой цели.

**Ключевые слова:** *Magnolia* L., вредитель, болезнь, насекомое, яйцо, личинка.

**Информация об авторе:** Аскерова Парвиз Сафар кызы, Институт дендрологии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан, shixaliyeva.pervin@mail.ru

Askerova P.S. About Pests and Diseases of Some Magnolia Species in the Absheron Conditions // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 29–36. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/03>

Askerova P.S. (2022). About Pests and Diseases of Some Magnolia Species in the Absheron Conditions. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 29–36. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/03>

**Introduction.** Most magnolias are considered to be ‘trouble-free’ with few pests and plant diseases [19]. Held found *M. grandiflora*, *M. ×soulangeana* and *M. virginiana* were resistant to Japanese beetle (*Popillia japonica*), as are *Magnolia* spp. in general [20; 21]. Similarly, *M. ×soulangeana* exhibited host plant resistance to *Lymantria dispar* (Linnaeus) (gypsy moth; *Lepidoptera: Lymantriidae*) by losing less than 4% of its foliage in a study of gypsy moth feeding and defoliation of 21 shade and flowering trees [25]. In feeding preference choice test studies with eight woody taxa, *M. grandiflora* was not consumed by adult *Phyllophaga ephilida* (Say) (June bug; *Coleoptera: Scarabaeidae*) [18]. Phytochemicals in *Magnolia* spp. show a wide range of biological activity. Phenolics and neolignans are among the magnolia compounds with antimicrobial, nematicidal and insecticidal properties [22; 24; 26]. Other magnolia compounds act as attractants of natural enemies [16].

Recently, ornamental species of the genus *Magnolia* L. have been widely used in landscaping in the Absheron Peninsula, as well as in various regions of Azerbaijan. These introduced valuable plant species are constantly exposed to the harmful effects of many pathogens and pests in the unfavorable soil and climatic conditions of the Absheron Peninsula. As a result, they get diseases, injured, weakened, and in danger of extinction. It should be noted that *Magnolia* L. species in Absheron are less resistant to pests. However, these plants also face many problems when the peninsula's infertile soils and mild dry subtropical climate condition are conducive to the growth of many pests, as well as when cultivation rules are not followed properly. Therefore, in order for *Magnolia* plants to be aesthetically beautiful and healthy, it is important requirement, but also crucial and significant, to protect them from pathogens and pests [9; 15; 23].

Armored scale insects (*Hemiptera: Diaspididae*) and lecaniums (*Hemiptera: Lecaniidae*) damaging subtropical plants in Azerbaijan were described by the authors in 2019 [23]. The phytophagous form of this group is the most dangerous pests of fruit trees and park – decorative plants. In particular, these pests emerge in subtropical hot zones, on the bodies, leaves, and even on the fruits of the plants, leading to the drying of the branches and the weakening of plants [12]. Pests damage the surface area of the plants, especially the young branches, infected leaves. In some cases, armored scale insects cover the body of plants in the form of whole colonies, causing great damage. As a result of infection, the growth and development of the branches weaken, stops, the decorative beauty of green plants disappears, and in most cases, the plants dries. There are many spots on the fruits that are damaged by the armored scale insects, the fruits are shriveled and their taste is very bad. Pests suck plant juice and nutrients and destroy plant seeds. Their type of polyphagous and oligophagous, high egg-laying ability, and adaptability to every condition make it even more common for pests. Some species are cosmopolitan [17].

In the peninsula, in introduction and acclimatization, it is important and significant to protect the magnolia plant from the harmful effects of pests. In this regard, scientific research was carried out to clarify the composition of some species of studied pests, to identify those of major economic importance, and to conduct scientific studies on developing regulations for the application of environmentally friendly plant protection products against them [6; 9; 12].

**Materials and Methods.** The condition of the plants was established as a result of a visual examination of their appearance (healthy, oppressed, drying out, having lost its aesthetic appeal due to the presence of a change in the color of the foliage, deformation of the leaves, shoots, the presence of galls, entrance and flight holes, and other deviations from the normal state). All factors of plant weakening were taken into account. Identification of diseases and pests in the studied species and preventive measures to

fight against them were performed according to the methods of K.A. Gar, T.D. Garshina, M.K. Khokhryakov and A.S. Leley, using dendroclimatological equipment [1-4; 8; 14].

The entomological materials were collected for the identification of the species of these pests. Collected materials were stored in cotton or in 70% alcohol. The samples of armored scale insects and lecanium were kept together with the cut pieces of the plant. The research was carried out in both field and laboratory conditions. The spreading of pests, their fodder crops, and their damaging features has been studied. Studies were conducted mainly in spring and summer, but biological characteristics of pests and their entomophagous were studied during autumn and winter [12].

The following guidelines have been used in the study of the determination, density, assessment and effectiveness of preventive measures of studied harmful coccoidea species [2; 6; 7].

The following 5-point scale was used to assess the degree or density of pest infection in coccoidea-infected Magnolia plants in the area [7]:

0 – no coccoidea was observed on the tree;

I point – occasionally coccoidea is found in the tree;

II point – coccoidea is found on the tree, branch or trunk in 10 cm<sup>2</sup>;

III point – the tree has the seldom coccoidea colony;

IV point – 50% of the surface of the tree trunks and branches is covered with coccoidea;

V point – the entire surface of the tree (trunk and branches) is covered with coccoidea.

The following 4-point scale was used to assess the damage caused by *Tetranychus urticae* Koch. in Magnolia plant [5].

I point – individual leaves of the plant are infected with mites, the plant has no signs of weakening;

II point – initial small reddish-yellow spots are formed on the upper apex leaves of the plant, single colonies of mites are found, covering 10-15% of the leaf surface, the number of mites in the colony is 10-15;

III point – the leaves of the plant have large spots, the spot is brown, covers 25-50% of the leaf surface, there are 15-25 mites in the mite colony. The leaves of the plant have not fallen off, the leaves have turned yellow and shrunk;

IV point – the lower surface of the leaf of the plant is covered with 75% of mite colonies; the number of mites in the colony is 25-50 and more, the lower surface of the leaf is dark brown, the leaves are yellowed and shrunk, most of them are fell off.

**Analysis and Discussions.** On the basis of phytosanitary monitoring, route observations and stationary examinations of *Magnolia* plants grown in the experimental fields of the Institute of Dendrology in Absheron Peninsula (2020-2021), plant samples infected with pests and pathogens were collected and systematically analyzed [1; 3; 8].

Species belonging to this genus have been found to be *Icerya purchasi* Mack., 1878 *Ceroplastes sinensis* Guer., *Tetranychus urticae* Koch., *Helix pomatia* Lin., 1758 and *Pseudomonas syringae* Species: *Ceroplastes sinensis* Guer, 1900 [13].

It lives mainly in sprout, branches and leaves of citrus plants. It also harms the Japanese palm, pomegranate leaf. It gives one generation per year. Distribution: Widespread in Western Europe, North Africa, Turkey, the Black Sea coast of the Caucasus [23].

For this purpose, in the Absheron peninsula, the frequency of occurrence of pests and pathogens in species belonging to the genus *Magnolia* was analyzed (tabl. 1).



Fig. 1. *Icerya purchasi* Mack. their adult and larvae (*M. kobus*)



Fig. 2. *Ceroplastes sinensis* Guer. – Leaves and shoots infected by *M. grandiflora*

Table 1

**Pests and pathogens on the trunk, shoots and leaves of the plant**

| Species of pest or pathogen        | Found in plant parts |       |        |       | Frequency of occurrence |
|------------------------------------|----------------------|-------|--------|-------|-------------------------|
|                                    | Leaf                 | Shoot | Branch | Trunk |                         |
| <i>Icerya purchasi</i> Mack., 1878 | +                    |       | +      | +     | ++                      |
| <i>Ceroplastes sinensis</i> Guer.  | +                    |       | +      |       | ++                      |
| <i>Tetranychus urticae</i> Koch.   | +                    |       |        |       | +++                     |
| <i>Helix pomatia</i> Lin., 1758    | +                    |       | +      |       | ++                      |
| <i>Pseudomonas syringae</i>        | +                    | +     |        | +     | +                       |

Symbols: “+” – weak infection, “++” – moderate infection, “+++” – strong infection

Distribution and density of pests (3, 4) of some species of genus *Magnolia* in the Absheron peninsula were studied (tabl. 2).

Table 2

**Distribution and density of pests of some species of genus *Magnolia* in Absheron (15.07.2021)**

| Pest specie                        | Pest spread, % | Density rate, point (average) |
|------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| <i>Icerya purchasi</i> Mack., 1878 | 61.0           | 2.1                           |
| <i>Ceroplastes sinensis</i> Guer.  | 65.0           | 1.8                           |
| <i>Tetranychus urticae</i> Koch.   | 68.0           | 2.3                           |

Stationary: Experimental field of the Institute of Dendrology, 2021.

As can be seen from Table 2, despite the recent introduction of the *Magnolia* plant to the Absheron peninsula, the risk of infection with a number of dangerous pests and pathogens is high. The results of the study showed that the infection of *Icerya purchasi* Mack., 1878 and *Ceroplastes sinensis* Guer., was 65.0% and the infection of *Tetranychus urticae* Koch., was 68%, respectively.

Stationary: Experimental field of the Institute of Dendrology, 2021.

The density of pests in the area was 2.1, 1.8 and 2.3 points, respectively. The bioecological characteristics of *I. purchasi* and *C. sinensis* pests in genus *Magnolia* were studied in the peninsula, and the degree of damage was determined.

*Icerya purchasi* Mack., is a polyphagous pest that causes serious damage to citrus plants and ornamental crops. The Australian sagebrush is found in the Absheron peninsula along with many subtropical plants, as well as species belonging to the genus *Magnolia*. The pest produces 2 generations per year in the research area, and fertilized adult females hibernate. In spring, in the end of May, female secretes an egg sac and lays an egg in it, which significantly prolongs the larval stage.

*Ceroplastes sinensis* Guer. is polyphagous, damaging citrus, fruit trees and ornamental park plants. It completes one generation per year in Absheron conditions, winters as a fertilized adult female. Females lay eggs in late June, and larvae are born in first decade of July.

Unlike *Lopholeucaspis japonica* Cockerell., when female *Ceroplastes sinensis* Guer. reproduces, the body swells from the lumbar region, high peaks and clearly defined edges appear, and the body of the coccinea takes on a polygonal shape.

On the one hand, the pests cause serious damage to plant by sucking the sap of the plant, on the other hand, the surface of the plant massively contaminated with the pest secretions, and a number of mold fungi develop on these secretions, covering the surface of leaves and shoots. In this case, the plant can not breathe normally, stops growing, the leaves turn yellow, fall off, after severe infections, even the young shoots and branches of the plant dry up, and sometimes the plant is completely destroyed. A number of abiotic disorders caused by winter cold damage can be confused with pest injury and plant diseases. Alternatively, these abiotic disorders may predispose magnolia to injury from opportunistic arthropod pests and infection by plant diseases. Also, recognition of abiotic disorders can prevent unnecessary pesticide applications resulting from misdiagnosis of pests and diseases by nursery and landscape managers.

In order to carry out chemical preventive measures against dangerous pest species (*I. purchasi* and *C. sinensis*) damaging the magnolia plant in the dendroflora of Absheron, the plants infected with the pest were selected and labeled in the experimental field. Research has been conducted on the species composition and effective activity of their natural enemies in the sample plants infected with coccinea. The natural entomofauna of the mentioned coccinea species was not found in the study area. Therefore, chemical preventive methods were used in the control of dangerous pests in magnolia species grown in the dendroflora of Absheron. Chemical preventive measures were carried out during the formation of a new generation of larvae. Because the young larvae of the pests are sensitive to chemicals, the effectiveness of the preventive work during this period is high, and the consumption rate of the tested medications is low. Dentis (EC number 25%), Desis (EC number 2.5%), Fastac (EC number 10%) and Poliqor (EC number 40%) preparations were tested against the young larvae of coccinea species mentioned in the magnolia plant in the dendroflora. The experiment was conducted 3 times in each variant on 3 types. Hand sprayer (ОИП-10) was used to treat the trees. Consumption of working solution was 2 l / tree. To study the biological efficacy of the drugs, a pest report was performed before and 15 days after treatment (tabl. 3, 4) [13].

Table 3

**Biological effectiveness of chemicals against young larvae  
in Magnolia plant (*Icerya purchasi* Mask.) in Absheron (11.VI.2021)**

| Variants                          | Concentration of working solution, % | The number of pests per 1 leaf (average) |                 | The amount of pests has decreased (-) or increased (+) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|
|                                   |                                      | before treatment                         | after treatment |                                                        |
| Desis (EC number 2.5%)            | 0.05                                 | 8.1                                      | 1.3             | -83.4                                                  |
| Dentis (EC number 25%)            | 0.1                                  | 7.3                                      | 1.5             | -79.2                                                  |
| Fastac (EC number 10%)            | 0.05                                 | 9.1                                      | 1.8             | -80.3                                                  |
| Poliqor (EC number 40%, standard) | 0.2                                  | 7.6                                      | 2.1             | -70.2                                                  |
| Control (without medication)      | -                                    | 8.4                                      | 14.0            | +175                                                   |

Table 4

**Biological effectiveness of chemicals against young larvae  
in the Magnolia plant (*Ceroplastes sinensis* Guer.) in Absheron (9.VII.2021)**

| Practice options                  | Concentration of working solution in% (according to the drug) | Quantity of pest, 1 leaf (average) |                 | The amount of pest has decreased (-) or increased (+) |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
|                                   |                                                               | before treatment                   | after treatment |                                                       |
| Desis (EC number 2.5%)            | 0.05                                                          | 12.0                               | 1,2             | -89.4                                                 |
| Dentis (EC number 25%)            | 0.1                                                           | 10.3                               | 1,2             | -87.2                                                 |
| Fastac (EC number 10%)            | 0.05                                                          | 11.2                               | 1.6             | -85.4                                                 |
| Poliqor (EC number 40%, standard) | 0.2                                                           | 9.4                                | 9.1             | -76.6                                                 |
| Control (without treatment)       | -                                                             | 10.3                               | 17              | +170                                                  |

**Conclusion.** Phytosanitary monitoring, route observations and (stationary) examinations were carried out on species belonging to the genus *Magnolia* (2020-2021) cultivated in the experimental areas of the Institute of Dendrology, plant samples infected with pests and pathogens were collected and systematically analyzed.

As a result of phytosanitary monitoring, *Pseudomonas syringae* and these pests were found in the *Magnolia* species studied for the first time in Absheron: *Icerya purchasi* Mack, 1878, *Ceroplastes sinensis* Guer., *Tetranychus urticae* Koch., *Helix pomatia* Lin., 1758. Frequency of occurrence of pests and pathogens, prevalence and density of pests were analyzed.

In the conditions of Absheron, some bioecological features of dangerous larvae in *Magnolia* species – *Icerya purchasi* Mack., 1878 and *Ceroplastes sinensis* Guer. were studied. For the first time, appropriate preventive measures were selected against their young larvae using a number of perspective insecticides.

# REFERENCES

- Asadov, H., Bagirova, S., Mirjalally, I., Efendiyeva, R., & Atayeva, H. (2021). Salinity Resistant of Introduced Woody-Shrub Species in Saline Soil of Absheron Peninsula. *Bulletin of Science and Practice*, 7(2), 52-60. (in Russ.). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/04>
- Borkhsenius N.S. Chervetsy i shitovki SSSR (Sossoidea). Oprelidel' fauny SSSR. M:L., 1950.
- Gar, K.A. (1963). Metody ispytaniya toksichnosti i effektivnosti insektitsidov. Moscow. (in Russ.).
- Garshina, T.D. (1961). Bolezni parkovykh rastenii i mery s nimi. Krasnodar. (in Russ.).
- Ivanova N.A. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu proizvodstvennykh i polevykh ispytaniy novykh insektitsidov i akaritsidov v plodovom sadu. L.: VASKhNIL VIZR. 1961.
- Ignat'eva, T. N., Kashutina, E. V., Yasyuk, L. V., & Kheishkho, I. V. (2018). Effektivnost' introdutsirovannogo parazita yaponskoi voskovoi lozhnoshchitovki – *Microterys clauseni* Comp na Chernomorskom poberezh'e Krasnodarskogo kraia. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, (12-2), 22-25. (in Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.040>
- Kuznetsov N.N., Tkachuk V.K., Lazarev M.A. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu i izucheniyu koktsid i tlei khvoyny porod Kryma i meram bor'by s nimi. Yalta. 1981.
- Lelei, A.S. (2011). Oprelidel' nasekomye Dal'nogo Vostoka Rossii. Dopol'nitel'nyi tom. Analiz fauny i obshchii ukazatel' nazvanii. Vladivostok. (in Russ.).
- Mamedov, Z.M., & Cafarova, E.F. (2014). The main sucking pests (Homoptera, Aphididae, Aleyrodidae, Coccidae) of the Ornamental Plants on the Absheron Peninsula of Azerbaijan. *The South of Russia: ecology, development*, 7(3), 44-48. (in Russ.).
- Oprelidel' vrednykh i poleznykh nasokomykh i kleshchei tekhnicheskikh kul'tur v SSSR (1981). Leningrad. (in Russ.).
- Polyakov, I.Ya., Persov, M.P., & Smirnov, V.A. (1984). Prognoz razvitiya vrediteli i boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Leningrad. (in Russ.).
- Safarov, A.Yu. (1974). K izucheniyu biologii fioletovoi shchitovki (Parlatoriaoleae colvee) na masline v usloviyakh Apsheronu Azerbaidzhanskoi SSR. *Uchenye zapiski Azerbaidzhanskogo SKhI imeni S. Agamalyogly*, (6), 41-45. (in Russ.).
- Khadzhibeili, Z. (1983). Koktsidy subtropicheskoi zony Gruzii. Tbilisi. (in Russ.).

14. Khokhryakov, M.K., Dobrozrakova, T.L., Stepanov, K.M., & Letova, M.F. (2003). *Opreditel' boleznei rastenii*. St. Petersburg. (in Russ.).
15. Askerova, P. (2022). Stages of Phenological Development of the Magnolia L. Some Species in Absheron. *Bulletin of Science and Practice*, 8(2), 47-54. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/75/06>
16. Azuma, H., Thien, L. B., Toyota, M., Asakawa, Y., & Kawano, S. (1997). Distribution and differential expression of (E)-4, 8-dimethyl-1, 3, 7-nonatriene in leaf and floral volatiles of Magnolia and Liriodendron taxa. *Journal of Chemical Ecology*, 23(11), 2467-2478. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006660.84363.1b>
17. Chen, Y. H., Lu, M. H., Guo, D. S., Zhai, Y. Y., Miao, D., Yue, J. Y., ... & An, D. R. (2019). Antifungal effect of magnolol and honokiol from Magnolia officinalis on Alternaria alternata causing tobacco brown spot. *Molecules*, 24(11), 2140. <https://doi.org/10.3390/molecules24112140>
18. Diagne, A., Story, R. N., & Hammond, A. M. (2006). Adult Phyllophaga ephilida host plant feeding preference. *Florida Entomologist*, 89(3), 391-395. <https://doi.org/10.1080/00021369.1975.10861751>
19. Dirr, M. A. (1998). Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. *Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses*. (Ed. 2).
20. Held, D. W. (2004). Relative susceptibility of woody landscape plants to Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Arboriculture*, 30(6), 328-335.
21. Knox, G. W., Klingeman, W. E., Paret, M., & Fulcher, A. (2012). Management of pests, plant diseases and abiotic disorders of Magnolia species in the Southeastern United States: A review. *Journal of Environmental Horticulture*, 30(4), 223-234. <https://doi.org/10.24266/0738-2898.30.4.223>
22. Li, G. H., Dang, L. Z., Hong, L. J., Zheng, L. J., Liu, F. F., Li, L., ... & Zhang, K. Q. (2009). Nematicidal activity of honokiol and magnolol isolated from Magnolia tripetala. *Journal of phytopathology*, 157(6), 390-392.
23. Mustafayeva, G., Mustafayeva, I., Abasova, N., & Aslanova, G. (2019). Armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) and lecanium (Hemiptera: Lecanidae) damaging subtropical plants in Azerbaijan. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2019; 7(2): 1204-1207.
24. Nitao, J. K., Nair, M. G., Thorogood, D. L., Johnson, K. S., & Scriber, J. M. (1991). Bioactive neolignans from the leaves of Magnolia virginiana. *Phytochemistry*, 30(7), 2193-2195. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01507.x>
25. Peterson, N. C., & Smitley, D. R. (1991). Susceptibility of selected shade and flowering trees to gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of economic entomology*, 84(2), 587-592. <https://doi.org/10.1093/jee/84.2.587>
26. Werle, C. T. (2002). Insects associated with southern magnolia (Magnolia grandiflora L.) in East Tennessee.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асадов Г. Г., Багирова С. Б., Мирджалаллы И. Б., Эфендиева Р. Р., Атаева Х. М. Солеустойчивость интродуцированных древесно-кустарниковых видов на засоленных почвах Апшеронского полуострова Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №2. С. 52-60. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/04>
2. Борхсениус Н.С. Червецы и щитовки СССР (Coccoidea). Определитель фауны СССР. М.-Л., 1950.
3. Гар К.А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. М., 1963.
4. Гаршина Т.Д. Болезни парковых растений и меры с ними. Краснодар, 1961. 28 с.
5. Иванова Н.А. Методические указания по проведению производственных и полевых испытаний новых инсектицидов и акарицидов в плодовом саду. Л.: ВАСХНИЛ ВИЗР. 1961.
6. Игнатьева Т.Н., Кашутин Е.В., Ясюк Л.В., Хейшхо И.В. Эффективность интродуцированного паразита японской восковой ложнощитовки – *Microterys clauseni* Comp на Черноморском побережье Краснодарского края // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. №12-2. С. 22-25. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.040>
7. Кузнецов Н.Н., Ткачук В.К., Лазарев М.А. Методические рекомендации по определению и изучению кокцид и тлей хвойных пород Крыма и мерам борьбы с ними. Ялта. 1981.
8. Лелей А.С. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Дополнительный том. Анализ фауны и общий указатель названий. Владивосток: Дальнаука, 2011. 55 с.
9. Мамедов З.М., Сафарова Э.Ф. Основные сосущие вредители (Homoptera, Aphididae, Aleyrodidae, Coccoidae) декоративных растений на Апшеронском полуострове Азербайджана // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 7. №3. С. 44-48.
10. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей технических культур в СССР. Л., 1981.
11. Поляков И.Я., Персов М.П., Смирнов В.А. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Л: Колос, 1984.
12. Сафаров А.Ю. К изучению биологии фиолетовой щитовки (*Parlatoria oleae collee*) на маслине в условиях Апшерона Азербайджанской ССР // Ученые записки Азербайджанского СХИ имени С. Агамалыоглы. 1974. №6. С. 41-45.

13. Хаджибейли З. Кокциды субтропической зоны Грузии. Тбилиси, 1983.
14. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. СПб., 2003. 592 с.
15. Askerova P. Stages of Phenological Development of the Magnolia L. Some Species in Absheron // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №2. С. 47-54. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/75/06>
16. Azuma H., Thien L.B., Toyota M., Asakawa Y., Kawano S. Distribution and differential expression of (E)-4, 8-dimethyl-1, 3, 7-nonatriene in leaf and floral volatiles of Magnolia and Liriodendron taxa // Journal of Chemical Ecology. 1997. Т. 23. №11. С. 2467-2478. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006660.84363.1b>
17. Chen Y.H., Lu M.H., Guo D.S., Zhai Y.Y., Miao D., Yue J.Y., An D.R. Antifungal effect of magnolol and honokiol from Magnolia officinalis on Alternaria alternata causing tobacco brown spot // Molecules. 2019. Vol. 24. №11. P. 2140. <https://doi.org/10.3390/molecules24112140>
18. Diagne A., Story R. N., Hammond A. M. Adult Phyllophaga ephilida host plant feeding preference // Florida Entomologist. 2006. Vol. 89. №3. P. 391-395. <https://doi.org/10.1080/00021369.1975.10861751>
19. Dirr M. A. Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses // Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. 1998. №Ed. 2.
20. Held D.W. Relative susceptibility of woody landscape plants to Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) // Journal of Arboriculture. 2004. Vol. 30. №6. P. 328-335.
21. Knox G.W., Klingeman W.E., Paret M., Fulcher A. Management of pests, plant diseases and abiotic disorders of Magnolia species in the Southeastern United States: A review // Journal of Environmental Horticulture. 2012. Vol. 30. №4. P. 223-234. <https://doi.org/10.24266/0738-2898.30.4.223>
22. Li G.H., Dang L.Z., Hong L.J., Zheng L.J., Liu F.F., Li L., Zhang K.Q. Nematicidal activity of honokiol and magnolol isolated from Magnolia tripetala // Journal of phytopathology. 2009. Vol. 157. №6. P. 390-392.
23. Mustafayeva G., Mustafayeva I., Abasova N., Aslanova G. Armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) and lecanium (Hemiptera: Lecaniidae) damaging subtropical plants in Azerbaijan // Journal of Entomology and Zoology Studies. 2019. Vol. 7. №2. P. 1204-1207.
24. Nitao J.K., Nair M.G., Thorogood D.L., Johnson K.S., Scriber J.M. Bioactive neolignans from the leaves of Magnolia virginiana // Phytochemistry. 1991. Vol. 30. №7. P. 2193-2195. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01507.x>
25. Peterson N. C., Smitley D. R. Susceptibility of selected shade and flowering trees to gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) // Journal of economic entomology. 1991. Vol. 84. №2. P. 587-592. <https://doi.org/10.1093/jee/84.2.587>
26. Werle C. T. Insects associated with southern magnolia (*Magnolia grandiflora* L.) in East Tennessee. 2002.

дата поступления: 25.07.2021

дата принятия: 02.11.2021

© Аскерова П.С., 2022

УДК 630 \* 581.5 + 582.632.1

AGRI F62

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/04>

Курило Ю.А., Григорьев А.И.

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА  
НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИКАМБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА  
ТКАНЕЙ СТВОЛА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*Betula pendula* Roth.)  
В УСЛОВИЯХ НЕФТЕШЛАМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Kurilo Yu.A., Grigoriev A.I.

**THE INFLUENCE OF THE HYDROTHERMAL REGIME  
ON THE ELECTRICAL RESISTANCE PRECOMPILING COMPLEX TISSUES  
OF THE TRUNK OF A SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth.)  
IN THE CONDITIONS OF OIL SLUDGE POLLUTION**

**Аннотация.** Изучение процессов жизнедеятельности древесных растений электрометрическим методом при действии неблагоприятных факторов, в том числе нефтешламом, служит одним из адекватных методических подходов к оценке состояния древесных растений в лесных биогеоценозах. Цель исследования – изучить влияния гидротермического режима воздушной среды в условиях нефтешламового загрязнения почвогрунта на величину электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей стволов березы повислой. Объект исследования – деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающие в бассейне буферных прудов АО «Газпромнефть – «ОНПЗ» (г. Омск). Район исследования – центральная лесостепь юга Западной Сибири. Сравнения вариантов опыта проводились по критериям Стьюдента. Изучена зависимость электросопротивления прикамбиального комплекса тканей (ПКТ) ствола березы при различных режимах атмосферного увлажнения в условиях нефтешламового загрязнения почвогрунтов. Выявлена тесная зависимость изменения величины электрического сопротивления (ЭС) ПКТ от гидротермического режима воздушной среды как в контрольной, так и экспериментальной группах. По результатам наших многолетних исследований можно также отметить, что продолжительность существенного отрицательного влияния нефтешлама (при приведенной концентрации) на ЭС ПКТ деревьев березы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири продолжает проявляться в течение одиннадцати лет ( $\tau_{\text{факт}} > \tau_{0.5}$ ). Полученные результаты могут быть использованы в скрининговых исследованиях состояния лесных биогеоценозов и при планировании и организации работ по биорекультивации на территории санитарно-защитных зон нефтеперерабатывающих предприятий и в районах нефтедобычи и транспортировки нефти. Результаты исследований были обработаны стандартными методами вариационной статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного однофакторного анализов с использованием пакета Statistica 10.

**Ключевые слова:** береза повислая, прикамбиальный комплекс тканей, электрическое сопротивление,

**Abstract:** The study of the life processes of woody plants by the electrometric method under the influence of adverse factors, including oil sludge, serves as one of the adequate methodological approaches to assessing the state of forest biogeocenoses. The purpose of the study was to study the influence of the hydrothermal regime of the air environment in terms of sludge contamination of the soil by the amount of electrical resistance precompiling complex tissues of the trunks of silver birch. The object of the study is hanging birch trees (*Betula pendula* Roth) growing in the basin of buffer ponds of JSC Gazpromneft – ONPZ (Omsk). The research area is the central forest-steppe of the south of Western Siberia. Comparisons of the experience options were carried out according to the Student's criteria. The dependence of the electrical resistivity of the precambial tissue complex (PCT) of the birch trunk under different conditions of atmospheric moisture in the conditions of oil-sludge contamination of soils was studied. A close dependence of the change in the value of the electrical resistance (ES) of the PCT on the hydrothermal regime of the air environment in both the control and experimental groups was revealed. According to the results of our long-term studies, it can also be noted that the duration of a significant negative effect of oil sludge (at the given concentration) on the ES of birch trees in the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia continues to manifest itself for eleven years ( $\tau_{\text{факт}} > \tau_{0.5}$ ). The obtained results can be used in screening studies of the state of forest biogeocenoses and in planning and organizing biorecultivation activities in the territory of sanitary protection zones of oil refineries and in areas of oil production and transportation. The results of the studies were processed by standard methods of variational statistics, correlation, regression and variance univariate analyses using the Statistica 10 package.

электрометрический метод, нефтешламное загрязнение, гидротермический режим.

**Информация об авторах:** Курило Юлия Анатольевна, ORCID 0000-0001-6350-8053, SPIN-код 3779-921, канд. биол. наук, Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия, [curilo.yu@yandex.ru](mailto:curilo.yu@yandex.ru), Григорьев Аркадий Иванович, SPIN-код 8412-9938, д-р биол. наук, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина; Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия, [aigrigoryew@mail.ru](mailto:aigrigoryew@mail.ru)

**Keywords:** silver birch, primarily complex tissues, electrical resistance, electrometric method, oil sludge pollution, hydrothermal regime.

**About the authors:** Kurilo Julia Anatolyevna, ORCID 0000-0001-6350-8053, SPIN-code 3779-921, Ph.D., Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia, [curilo.yu@yandex.ru](mailto:curilo.yu@yandex.ru); Grigoriev Arkady Ivanovich, SPIN-code 8412-9938, Dr. habil., Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia, [aigrigoryew@mail.ru](mailto:aigrigoryew@mail.ru)

Курило Ю.А., Григорьев А.И. Влияние гидротермического режима на электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей ствола березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях нефтешламного загрязнения // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 37–44. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/04>

Kurilo, Yu.A. & Grigoriev A.I. (2022). The Influence of the Hydrothermal Regime on the Electrical Resistance Precompiling Complex Tissues of the Trunk of a Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) in the Conditions of Oil Sludge Pollution. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 37–44. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/04>

**Введение.** Влияние гидротермического режима окружающей среды на состояние древесных растений и оценка их жизнедеятельности по данным электрического сопротивления имеют большой интерес в экологическом плане. В биомониторинговых исследованиях важным является вопрос возможности использования величины электрического сопротивления (ЭС) прикамбиального слоя тканей (ПКТ) деревьев березы повислой для выявления жизнеспособности и степени роста и развития деревьев в стрессовых условиях при нефтешламном загрязнении и динамике гидротермического режима воздушной среды.

Температура влияет на скорость диффузии, на скорость химических реакций, увеличение проницаемости мембран. Большой вклад в изучение вопроса устойчивости растений к температурному фактору внесли исследования Э.Н. Адлера и К.С. Бокарева (1977).

В работах П.Я. Голодриги с сотрудниками (1972) установлена корреляция между комплексным сопротивлением тканей электротоку и морозостойкостью различных сортов винограда и показана возможность практического применения этого метода для диагностики устойчивости. А.П. Ивакиным (1976) изучал жароустойчивость овощных культур по электрическому сопротивлению тканей. А.А. Маторкиным с соавторами (2007) предложен метод экспресс-оценки состояния деревьев по импедансу ПКТ и температуры стволов (2007).

Позже В.Н. Карасев с сотрудниками представили термоэкспресс-метод (2017). А.В. Грязькин с сотрудниками (2012) выявили изменчивость величины импеданса древесных пород [10-12; 15; 16; 22].

В настоящее время особое внимание уделяется изучению воздействия нефти на окружающую среду. Проблема нашла свое отражение также в работах О. Ksenzhek (2004), J. Fromm (2007), А.И. Григорьева (2008), Е.В. Донец (2012), Т.О. Перемитиной, И.Г. Яценко, М.Н. Алексеевой (2014), Д.В. Московченко, А.Г. Бабушкина (2014), S. Fissenko (2016), Simon Gilroy (2016), И.Е. Скобелевой, Р.Ш. Валеева (2018), А. В. Соромотина, Л.В. Бордт (2018), Feroza K., Choudhury (2018), Г.Ж. Кенжетаев, С.Е. Койбакова (2019), и ряда других авторов [11; 14; 17; 22-26; 28-32].

В работе представлены результаты одиннадцатилетней экспериментальной работы по изучению изменения уровня электрического сопротивления в прикамбиальном комплексе тканей (ПКТ) березы повислой, произрастающей в условиях нефтешламового загрязнения при различных гидротермических режимах воздушной среды. Целью исследования стало изучение влияния гидротермического режима воздушной среды в условиях нефтешламового загрязнения почвогрунта на величину электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей стволов березы повислой.

**Материалы и методы.** Объект исследования – деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающие в бассейне буферных прудов АО «Газпромнефть – «ОНПЗ» (г. Омск). Район исследования – центральная лесостепь юга Западной Сибири.

Измерения проводили мультиметром МУ–6, по методике Р.Г. Шеверножука (1968), нашей модификации [18; 27]. При регистрации электрического сопротивления оценивали распространения сигнала с восточной и западной части ствола деревьев березы. Для сравнения по годам использовались данные замеров ЭС ПКТ у деревьев березы в августе-сентябре в период начала пожелтения листьев и массового рассеивания семян. В исследовании были использованы данные гидротермического режима воздушной среды в г. Омске [1-9].

В период исследования проведено 2050 измерений ЭС ПКТ березы повислой.

Результаты исследований были обработаны стандартными методами вариационной статистики, корреляционного анализа с использованием пакета Statistica 10. Сравнения вариантов опыта проводились по критериям Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** На протяжении всего исследования рассмотрена зависимость между морфологическими признаками (диаметром, высотой ствола) и электрическим сопротивлением (ЭС) в условиях нефтешламового загрязнения, сезонное изменение уровня ЭС березы повислой, произрастающей в условиях нефтешламового загрязнения [18-21].

Особенностью гидротермического режима в 2014 г. являлось то, что в предыдущем периоде в течение июля преобладала холодная и дождливая погода, во второй декаде удерживалась теплая и дождливая погода. Вместе с тем, теплый август, в районе исследований наблюдается 1 раз в 25 лет [1], это и обеспечило при исключительно высокой температуре снижение ЭС на экспериментальном участке (температура воздуха в предыдущий день составила 35<sup>0</sup>С, по данным метеорологического бюллетеня за 3 декаду августа 2014). Тогда как на контрольном участке величина ЭС осталась в пределах значений (осталась на уровне последних 5 лет с момента закладки опыта 2010 г.) (рис.).

В 2015 г. повышение ЭС на участке произошло на фоне резкого повышения температуры воздуха и дефицита осадков, так как температура воздуха в начале декады выросла до 28<sup>0</sup>С при недостаточном атмосферном увлажнении, это создало дефицит водоснабжения в стволах деревьев березы. Однако, на контрольном участке, в условиях отсутствия нефтешламового загрязнения водообмен в стволах деревьев оказался оптимальным для жизнедеятельности [2].

В дальнейшем, в 2016 г. наблюдается снижение ЭС в условиях экспериментального участка и, наряду с этим, без изменений на контрольном участке, это связываем с проявлением влияния нефтешлама на гидротермический режим почвенного покрова в условиях теплой и сухой погоды, такая теплая погода в Омске в первой декаде сентября в районе исследования отмечается один раз в 17 лет [3; 4] на фоне отсутствия осадков к дате измерения ЭС ПКТ деревьев березы повислой.

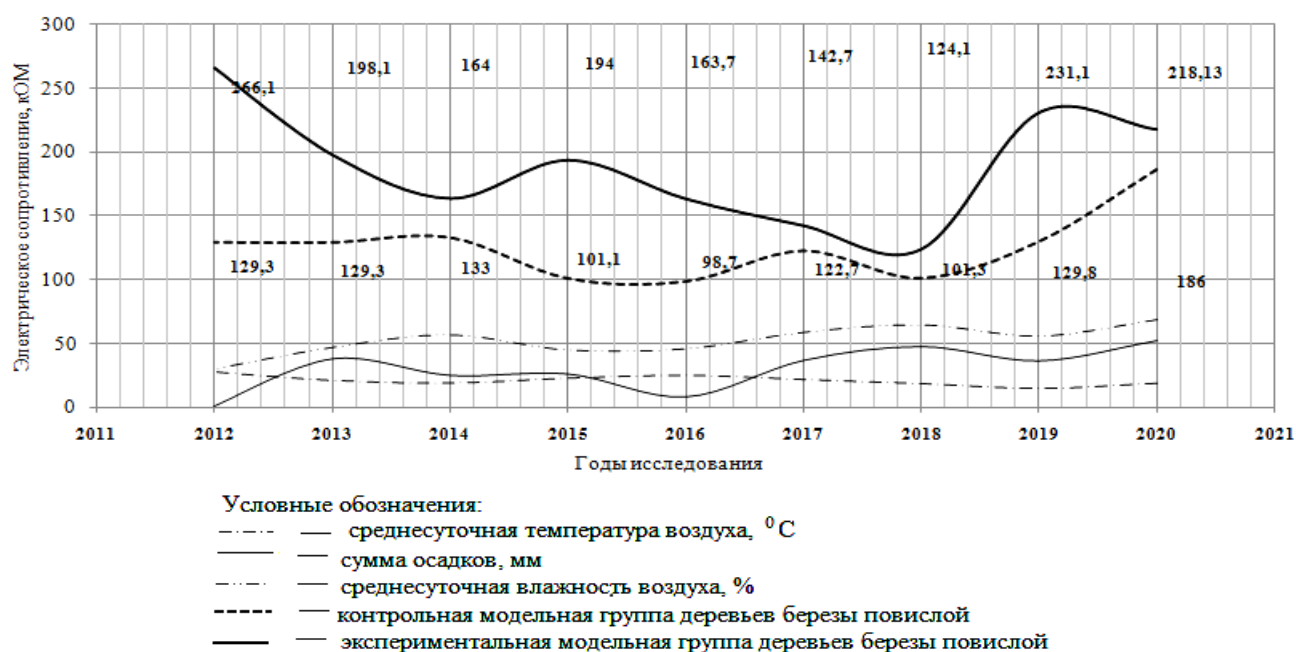


Рис. Изменение уровня электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей березы повислой от гидротермического режима

В 2017 г. в первые произошло существенное сближение в величинах ЭС на экспериментальном и контрольном участках, это произошло на фоне высоких температур и недобора осадков в предыдущий период, так 3 и 6 августа температура воздуха повышалась до 31°C [5] и резкое снижение температуры воздуха до 12°C, а в приземном слое до 6°C, количество осадков за первую декаду августа составило 10 мм (43% от нормы).

Аналогичная ситуация с резким понижением ЭС на экспериментальном и заметное снижение на контрольном участках произошло в условиях преобладания во второй декаде августа прохладной с осадками погодой [6; 7] и наличием сильных ливней за два дня до момента измерения ЭС 21.08.2018. В этот день в районе исследований выпало 34 мм осадков, что составило 213% от нормы, такое выпадение осадков в пункте исследования отмечается один раз в 12 лет. Данный гидрометеорологический режим с наличием большого количества осадков за предыдущий период и исключительно высокой температурой воздуха в день измерения (26°C) обеспечил сходный уровень водообмена в стволах деревьев, что проявилось в несущественности различий ( $\tau_{\text{факт}} < \tau_{0.5}$ ) в вариантах опыта. Данное предположение подтверждается даже более медленным темпом хода пожелтения листьев.

Особенно резкий подъем величины ЭС наблюдался в 2019 г., это было обусловлено высоким термическим режимом и недобором осадков в конце третьей декады августа [8], так 23 и 26 августа температура воздуха достигала 29°C, вместе с тем к моменту измерения 02.09.2019 произошло резкое похолодание воздушной среды, так температура воздуха в этот день понизилась до 3°C, а в приземном слое воздуха, на высоте 2-3 см от почвы составило – 2°C. Данный гидротермический режим более резко проявился на ЭС у деревьев на экспериментальном участке, чем у деревьев березы на контрольном участке. И это обусловило существенность различий между ними в величине ЭС ( $\tau_{\text{факт}} > \tau_{0.5}$ ).

В 2020 г. продолжается рост величины ЭС на контрольном участке и в условиях экспериментального участка наблюдается снижение, это мы связываем с влиянием нефтешлама в условиях теплой погоды с осадками [9]. Что привело к существенности различий величины ЭС в вариантах опыта ( $\tau_{\text{факт}} > \tau_{0.5}$ ). Это означает, что учитывать также, что при проведении биомониторинговых исследований с использованием данных по ЭС в тканях деревьев следует детально учитывать гидротермический режим воздушной среды и почвенного покрова в период исследования.

Эти результаты позволяют нам отметить, что в исключительно периоды увлажнения влияние нефтешлама существенно ослабевает (2014, 2017 и 2018 гг.), достигая уровня близкого контрольному участку. Данное предположение нашло подтверждение в последующие два года – 2019 и 2020. Так засушливый период в течение августа 2019 г к моменту проведения измерений ЭС обеспечили существенное различие в величине ЭС ПКТ у модельных деревьев березы. Однако, в 2020 г., наблюдалось их сближение за счет снижения величины ЭС ПКТ у деревьев в экспериментальной группе на фоне увеличения атмосферного увлажнения и повышения влажности воздуха. Вместе с тем, 2020 г. эти различия, также как и в 2019 г., по величине ЭС оказались существенными и достоверными ( $\tau_{\text{факт}} > \tau_{0.5}$ ) (табл.).

Таблица

**Корреляционная зависимость ЭС в ПКТ березы повислой  
от гидротермического режима воздушной среды в районе исследования**

| Показатели                             | Контрольная группа<br>модельных деревьев<br>березы повислой |             | Экспериментальная группа<br>модельных деревьев березы<br>повислой |             |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                        | $r_{xy}$                                                    | $\eta_{xy}$ | $r$                                                               | $\eta_{xy}$ |
| Среднесуточная температура воздуха, °C | 0,77                                                        | 0,59        | 0,85                                                              | 0,72        |
| Сумма осадков, мм                      | -0,5                                                        | - 0,54      | -0,76                                                             | - 0,64      |
| Относительная влажность воздуха, %     | -0,54                                                       | - 0,67      | -0,73                                                             | - 0,53      |

**Заключение.** Можно отметить высокий уровень ЭС был обусловлен в 2019 г. и 2020 г. формированием напряженного водообмена в аномальных условиях гидротермического режима воздушной среды и почвенного покрова. Последние два года при данных погодных условиях нефтешламовое загрязнение продолжало оказывать существенно отрицательное влияние на водообмен деревьев березы. Это указывает на достоверно негативное влияние нефтешламового загрязнения на состояние деревьев березы в условиях экспериментального участка в течение 11 лет.

При этом выявилась достоверно тесная и обратная связь ЭС ПКТ модельных деревьев березы с суммой осадков и относительной влажностью воздушной среды в период проведения измерений (таблица). Вместе с тем проявилась более высокая чувствительность модельных деревьев березы к гидротермическому режиму воздушной среды в условиях нефтешламового загрязнения.

При проведении полевых электрометрических исследований древесных растений, следует учитывать физиологические особенности растений и техногенные условия их произрастания, а также наличия изменчивости величины импеданса древесных пород. В связи с тем, что, биоэлектрическое сопротивление отражает важные признаки жизнедеятельности растительных клеток древесных растений, то его эффективно использовать в качестве биофизического показателя для оценки состояния древесных растений при установлении предельно допустимого уровня нефтяного загрязнения, а так же в целях биоиндикации нефтяного загрязнения почвенного покрова.

Таким образом, по результатам наших многолетних исследований можно отметить, что продолжительность существенного отрицательного влияния нефтешлама (при приведенной концентрации) на ЭС ПКТ деревьев березы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири продолжает проявляться в течении 11 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агрометеорологический бюллетень № 17. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014. 16 с.
2. Агрометеорологический бюллетень № 17. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2015. 16 с.
3. Агрометеорологический бюллетень № 18. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2016. 19 с.
4. Агрометеорологический бюллетень № 19. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2016. 17 с.
5. Агрометеорологический бюллетень № 16. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2017. 19 с.
6. Агрометеорологический бюллетень № 17. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2018. 16 с.
7. Агрометеорологический бюллетень № 18. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2018. 20 с.
8. Агрометеорологический бюллетень № 18. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2019. 19 с.
9. Агрометеорологический бюллетень № 18. Омск: ФГБУ Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2020. 19 с.
10. Адлер Э.Н. О зимостойкости березы бородавчатой и лещины лесной в Башкирии // Сезонные структурно-метаболические ритмы и адаптация древесных растений. Уфа: Академия наук БФАН СССР, 1977. С. 110-122.
11. Григорьев А.И. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири. Омск: Из-во ОмГПУ. 2008. 196 с.
12. Голодрига П.Я., Осипов А.В. Экспресс-метод и приборы для диагностики морозоустойчивости растений // Физиология и биохимия культурных растений. 1972. Т. 4. Вып. 6. С. 650-655.
13. Грязькин А.В., Герасюта С.М., Бернацкий Д.П., Трубаева Т.А., Ковалев Н.В. Изменчивость величины импеданса древесных пород // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 198. С. 12-19.
14. Донец Е.В., Григорьев А. И. Влияние нефти на прорастание семян лесообразующих видов древесных растений подзоны южной тайги Омской области. Омск: Наука, 2012. 164 с.
15. Ивакин А.П. Оценка жароустойчивости овощных культур по электрическому сопротивлению тканей // Методы оценки устойчивости растений неблагоприятным условиям среды. Л., 1976. С. 83-86.
16. Карасев В.Н., Карасева М.А., Романов Е.М., Мухортов Д.И. Термоэкспресс – метод ранней диагностики физиологического состояния сосны обыкновенной // Экология. 2017. №2. С. 20-27.
17. Кенжетаяев Г. Ж., Койбакова С. Е., Сырлыбеккызы С. Оценка негативного воздействия нефти на почвенный покров // Spirit Time. 2019. №5-1. С. 22-24.
18. Курило Ю.А., Григорьев А.И. Электрическое сопротивление как показатель устойчивости древесных растений в условиях нефтяного загрязнения // Проблемы региональной экологии. 2010. №5. С. 111-116.
19. Курило Ю.А., Григорьев А.И. Изучение электрического сопротивление древесных растений в условиях нефтяного загрязнения почвы (на примере березы повислой) // Современные проблемы науки и образования. 2015. №3. С. 546-546.
20. Курило Ю.А., Григорьев А.И. Изучение влияния нефтешлама на жизнедеятельность древесных растений (на примере исследования электрического сопротивления *Betula pendula* Roth.) // Лесоведение. 2019. №4. С. 304-310.
21. Курило Ю.А., Донец Е.В., Григорьев А.И. Опыт по исследованию продолжительности влияния нефтяного загрязнения на характеристику биоэлектрического сопротивления березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. №1. С. 68-74. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/11>
22. Маторкин А.А., Карасева М.А. Информативность импеданса прикамбиального комплекса тканей деревьев хвойных пород при диагностике их жизнеспособности // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докладов Международной конференции. Ч. 2. Сыктывкар, 2007. С. 265-266.

23. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО – Югры // *Экология и промышленность России*. 2014. С. 24-38.
24. Перемитина Т.О., Яценко И.Г., Алексеева М.Н. Комплексная оценка экологических рисков аварийных разливов нефти // *Экология и промышленность России*. 2014. С. 22-25.
25. Скобелева И.Е., Валеев Р.Ш. Антропогенное воздействие разливов нефти на экологическую обстановку Западной Сибири // *Сборник материалов научно-практической конференции*. 2018. С. 247-250.
26. Соромотин А.В., Бордт Л.В. Мониторинг растительного покрова при освоении нефтегазовых месторождений по данным многоканальной съемки LANDSAT // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2018. Т. 4. №1. С. 37-49.
27. Шеверножук Р.Г. Биоэлектрическая активность ели в насаждениях, методика ее измерения // *Лесной журнал*. 1968. №4. С. 36-40.
28. Fissenko S., Fissenko M. Vegetation variations of electric resistance of trees // *International scientific review*. 2016. Vol. 18. №28. P. 39-43.
29. Ksenzhek O., Petrova S., Kolodyazhny M. Electrical properties of plant tissues: resistance of a maize leaf // *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 2004. Vol. 30. №3-4. P. 61-67.
30. Choudhury F.K., Devireddy A.R., Azad R.K., Shulaev V., Mittler R. Local and systemic metabolic responses during light-induced rapid systemic signaling // *Plant physiology*. 2018. Vol. 178. №4. P. 1461-1472. <https://doi.org/10.1104/pp.18.01031>
31. Fromm J., Lautner S. Electrical signals and their physiological significance in plants // *Plant, cell & environment*. 2007. V. 30. №3. P. 249-257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>
32. Gilroy S., Bialasek M., Suzuki N., Górecka M., Devireddy A.R., Karpinski S., Mittler R. ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants // *Plant physiology*. 2016. V. 171. №3. P. 1606-1615. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00434>
33. Lew R.R. Pressure regulation of the electrical properties of growing *Arabidopsis thaliana* L. root hairs // *Plant Physiology*. 1996. V. 112. №3. P. 1089-1100. <https://doi.org/10.1104/pp.112.3.1089>

#### REFERENCES

1. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 17 (2014). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
2. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 17 (2015). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
3. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 18 (2016). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
4. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 19 (2016). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
5. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 16 (2017). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
6. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 17 (2018). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
7. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 18 (2018). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
8. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 18 (2019). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
9. *Agrometeorologicheskii byulleten'* № 18. (2020). Omsk: FGBU Ob'-Irtyskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy. (in Russ.).
10. Adler, E.N. (1977). O zimostoičnosti berezy borodavchatoi i leshchiny lesnoi v Bashkirii. In *Sezonnye strukturno-metaboličeskie ritmy i adaptatsiya drevesnykh rastenii*, Ufa, 110-122. (in Russ.).
11. Grigor'ev, A.I. (2008). *Ekologo-fiziologicheskie osnovy adaptatsii drevesnykh rastenii v lesostepi Zapadnoi Sibiri*. Omsk. (in Russ.).
12. Peremitina, T.O., Yashchenko, I.G., & Alekseeva, M.N. (2014). Integrated assessment of environmental risks of emergency oil spills. In *Ecology and industry of Russia*, Moscow, 22-25. (in Russ.).
13. Gryazkin, A.V., Gerasyuta, S.M., Bernatsky, D.P., Trubacheva, T.A., & Kovalev, N. (2012). The variability of the magnitude of the impedance of tree species. *Bulletin of Saint-Petersburg forestry Academy*, 198, 12-19. (in Russ.).
14. Donets, E.V., & Grigoriev, A.I. (2012). Influence of oil on seed germination of forest-forming species of woody plants in the southern taiga subzone of the Omsk region. Omsk. (in Russ.).
15. Ivakin, A.P. (1976). Assessment of heat resistance of vegetable crops by electrical resistance of tissues. In *Methods for assessing plant resistance to adverse environmental conditions*, Leningrad, 83-86. (in Russ.).
16. Karasev, V.N., Karaseva, M.A., Romanov, E.M., & Mukhortov, D.I. (2017). Thermoexpress-a method of early diagnostics of the physiological state of scots pine. *Ecology*, (2), 20-27. (in Russ.).

17. Kenzhetaev, G.Zh., Koibakova, S.E., & Syrlybekkyzy, S. (2019). Otsenka negativnogo vozdeistviya nefti na pochvennyi pokrov. *Spirit Time*, (5-1), 22-24. (in Russ.).
18. Kurilo, Yu.A., & Grigoriev, A.I. (2010). Electrical resistance as an indicator of the stability of woody plants in the conditions of oil pollution. *Problems of regional ecology*, (5), 111-116. (in Russ.).
19. Kurilo, Yu.A., & Grigor'ev, A.I. (2015). Izuchenie elektricheskogo soprotivlenie drevesnykh rastenii v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya pochvy (na primere berezy povisloi). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (3), 546-546. (in Russ.).
20. Kurilo, Yu.A., & Grigoriev A.I. (2019). Studying the influence of oil sludge on the vital activity of woody plants (on the example of the study of electrical resistance *Betula pendula* Roth.). In *Forest science*, Moscow, 304-310. (in Russ.).
21. Kurilo, Yu.A., Donets, E.V., & Grigoriev, A.I. (2020). Experience in the study of the duration of the influence of oil pollution on the characteristic of bioelectric resistance of birch (*Betula pendula* Roth). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 68-74. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/11>
22. Matorkin, A.A., & Karaseva, M.A. (2007). Informativeness of the impedance of the precambial complex of softwood tissues in the diagnosis of their viability. In *Modern plant physiology: from molecules to ecosystems: proceedings of the international conference*, Part 2, Syktyvkar, 265-266. (in Russ.).
23. Moskovchenko, D.V., & Babushkin, A.G. (2014). Oil pollution of surface waters on the territory of KHAMO-Yugra. In *Ecology and industry of Russia*, Moscow, 24-38. (in Russ.).
24. Peremitina, T.O., Yashchenko, I.G., & Alekseeva, M.N. (2014). Comprehensive assessment of environmental risks of emergency oil spills. In *Ecology and industry of Russia*, Moscow, 22-25. (in Russ.).
25. Skobeleva, I.E., & Valeev, R.Sh. (2018). Anthropogenic impact of oil spills on the ecological situation of Western Siberia. In *Collection of materials: collection of materials of scientific and practical conference*, 247-250. (in Russ.).
26. Soromotin, A.V., & Bordt, L.V. (2018). Monitoring of vegetation cover in the development of oil and gas fields according to multichannel survey LANDSAT. *Bulletin of the Tyumen state University. Ecology and nature management*, 4(1), 37-49. (in Russ.).
27. Severnjuk, R.G. (1968). The Bioelectrical activity of spruce in a stand method of measurement. *Forest journal*, (4), 36-40. (in Russ.).
28. Fissenko, S., & Fissenko, M. (2016). Vegetation variations of electric resistance of trees. *International scientific review*, 18(28), 39-43. (in Russ.).
29. Ksenzhek, O., Petrova, S., & Kolodyazhny, M. (2004). Electrical properties of plant tissues: resistance of a maize leaf. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 61-67.
30. Choudhury, F. K., Devireddy, A. R., Azad, R. K., Shulaev, V., & Mittler, R. (2018). Local and systemic metabolic responses during light-induced rapid systemic signaling. *Plant physiology*, 178(4), 1461-1472. <https://doi.org/10.1104/pp.18.01031>
31. Fromm, J., & Lautner, S. (2007). Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant, cell & environment*, 30(3), 249-257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>
32. Gilroy, S., Bialasek, M., Suzuki, N., Górecka, M., Devireddy, A. R., Karpiński, S., & Mittler, R. (2016). ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants. *Plant physiology*, 171(3), 1606-1615. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00434>
33. Lew, R. R. (1996). Pressure regulation of the electrical properties of growing *Arabidopsis thaliana* L. root hairs. *Plant Physiology*, 112(3), 1089-1100. <https://doi.org/10.1104/pp.112.3.1089>

дата поступления: 25.08.2021

дата принятия: 10.11.2021

© Курило Ю.А., Григорьев А.И., 2022

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕРВЕЙ *Eisenia fetida* ПРИ ВНЕСЕНИИ В СРЕДУ ОБИТАНИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ И ЦИНКА

Vershinina I.A., Lebedev S.V.

### INVESTIGATION OF THE RESPONSES OF THE *Eisenia fetida* WORMS WHEN COPPER AND ZINC NANOPARTICLES ARE INTRODUCED INTO THE HABITAT

**Аннотация.** Исследования проведены на модели червей *Eisenia fetida*, которых культивировали на искусственной почве, куда вносили НЧ Zn и Cu в дозах 0; 100; 250; 500 и 1000 мг/кг сухой почвы. Выживаемость червей при экспозиции на искусственном (контрольном) субстрате в контроле составила 100%. При этом снижение выживаемости на 20% ( $p \leq 0,05$ ) было зафиксировано при внесении НЧ Zn в дозе 500 мг/кг сухой почвы на 14 сутки. Выживаемость при внесении средних доз НЧ Cu находилась в пределах 90-100%, снижение выживаемости до 20% была характерна для концентрации 500 мг/кг на 14 сутки. В ходе исследований был установлен дозозависимый характер накопления меди и цинка *Eisenia fetida*. При дозе НЧ Zn 1000 мг/кг наблюдалось выведение цинка из организма червей со скоростью 3,9 мг/кг/сут и уменьшалась с увеличением дозы вносимых НЧ Zn. Выведение меди из организма червей наступало при концентрации 500 мг/кг НЧ Cu на 14 сутки. При этом скорость выведения из тела червя увеличивалась при повышении концентрации металла в почве (на 34-53% ( $p \leq 0,05$ )). Максимум биоаккумуляции был зафиксирован при внесении 100 мг/кг НЧ Cu. Таким образом, на искусственной почве накопление меди и цинка было дозозависимым параметром. Организм червя способен аккумулировать цинк при внесении НЧ до значения 500 мг/кг включительно, с последующим выведением во внешнюю среду при концентрации 1000 мг/кг почвы. При концентрации 500 мг/кг НЧ Cu на искусственной почве было отмечено выведение металла из тела червя на 14 сутки. Максимум биоаккумуляции НЧ Cu был зафиксирован при внесении 100 мг/кг НЧ Cu.

**Ключевые слова:** наночастицы, медь, цинк, *Eisenia fetida*, антиоксидантные ферменты, концентрация металлов

**Сведения об авторах:** Вершинина Ирина Александровна, SPIN-код: 8233-1886, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г.

**Abstract.** In our study, we chose *Eisenia fetida* worms as the object of study, which were cultivated on artificial soil, where Zn and Cu NPs were added at doses of 0; 100; 250; 500 and 1000 mg/kg dry soil. The survival rate of worms when exposed to an artificial substrate in the control was 100%. 20% decrease in survival was recorded when Zn NPs were introduced at a dose of 500 mg/kg of dry soil on the 14th day. The survival rate with the introduction of Cu NP was 90-100%, at the same time the lowest survival rate (20%) was noted at a concentration of 500 mg/kg on day 14. In the course of studies, the dose-dependent nature of the accumulation of copper and zinc in *Eisenia fetida* was established. At a dose of 1000 mg/kg Zn NPs, zinc was excreted from the body of worms at a rate of 3.9 mg/kg/day and decreased with an increase in the dose of introduced Zn NPs. Excretion of copper from the body of worms occurred at a concentration of 500 mg/kg of Cu NP on day 14. At the same time, the rate of elimination from the body of the worm increased with an increase in the concentration of metal in the soil (by 34-53%). The maximum bioaccumulation was recorded with the addition of 100 mg/kg of Cu NP. Thus, on artificial soil, the accumulation of copper and zinc was a dose-dependent parameter. The worm's body is capable of accumulating zinc when NPs are added up to 500 mg / kg, inclusive, with subsequent excretion into the external environment at a concentration of 1000 mg / kg of soil. At a concentration of 500 mg/kg of Cu NPs on artificial soil, the removal of metal from the body of the worm on the 14th day was noted. The maximum bioaccumulation of Cu NPs was recorded upon the addition of 100 mg/kg Cu NP.

**Keywords:** nanoparticles, copper, zinc, *Eisenia fetida*, antioxidant enzymes, metal concentration.

**About the authors:** Vershinina Irina Alexandrovna, SPIN code: 8233-1886, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, gavrish.irena.ogu@gmail.com; Lebedev Svyatoslav

Оренбург, Россия, gavrish.irina.ogu@gmail.com; Лебедев Святослав Валерьевич, ORCID: 0000-0001-9485-7010, Scopus ID: 56982531600, SPIN-код: 9750-9900, д-р биол. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Россия, lsv74@list.ru

Valerievich, ORCID: 0000-0001-9485-7010, Scopus ID: 56982531600, SPIN-code: 9750-9900, Dr. habil., Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, lsv74@list.ru

Вершинина И.А., Лебедев С.В. Исследование ответных реакций червей *Eisenia fetida* при внесении в среду обитания наночастиц меди и цинка // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 45–54. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/05>

Vershinina, I.A. & Lebedev, S.V. (2022). Investigation of the Responses of the *Eisenia fetida* Worms when Copper and Zinc Nanoparticles are Introduced into the Habitat. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 45–54. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/05>

**Введение.** Сегодня возрастающие объемы производства и использования наночастиц создает риски их поступления в окружающую среду [9].

При этом перспективной моделью для исследования ответных реакций организмов в почве в качестве тест-объекта является земляной червь *Eisenia fetida*, который активно используется для экотоксикологической оценки вновь создаваемых веществ и препаратов [2]. *Eisenia fetida* обладает высокой информативностью, что обусловлено биологическими особенностями *E. fetida*, а именно высокой проницаемостью поверхности тела для поллютантов и поглощением питательных веществ кожным маршрутом. Кроме того, высок потенциал применения червей при биоремедиации загрязненных земель, так как они способствуют уменьшению почвенных агрегатов, что имеет потенциал для высвобождения связанных с почвой загрязнителей. Такая деятельность увеличивает площадь поверхности органического вещества почвы, что влияет на долю материала, подверженного микробному взаимодействию, что также применяется в биоремедиационных технологиях [15]. К сожалению, имеется мало информации о влиянии различных концентраций наночастиц в почве на беспозвоночных, и остается неясным, до какой степени способны аккумулировать металлы эти организмы [11]. В научных публикациях недостаточно данных о влиянии металлических наночастиц (в частности, меди и цинка) на индикаторные показатели почвенных организмов, что является объективной причиной для проведения настоящего исследования. *Целью работы* стало исследование ответных реакций червей *Eisenia fetida* в ответ на внесение в среду обитания наночастиц меди и цинка.

**Материалы и методы.** Объектами исследования стали лабораторные культуры червей *Eisenia fetida* были получены от ООО «БиОЭра-Пенза» (г. Пенза, Россия). Червей помещали в пластиковые контейнеры (0.4×0.15×0.02 м) с приготовленным субстратом по 10 штук. Эксперимент проводился при  $t$  воздуха  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , и  $t$  субстрата  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , в 5 повторностях. Испытания действия НЧ на червях проводились по OECD guidelines for the testing of chemicals (ОЭСД, 1984; 2010).

В качестве *материала исследования* использовались наночастицы меди ( $d=50-110$  нм, Плазмотерм», Россия) и цинка ( $d=90-150$  нм, «Передовые порошковые технологии», Россия). Выбор наночастиц для исследования был обусловлен их крупнотоннажным промышленным производством, и распространенностью в земной коре [18; 19].

В исследовании использована искусственная почва, состоящая из 70% кварцевого песка (сухой вес), 20% каолина и 10% измельченного торфа, согласно общепринятым стандартам (OECD 1984). Для поддержания требуемой дисперсности суспензий НЧ образцы интенсивно пипетировали

и обрабатывали в ультразвуковой ванне («Сапфир ТТЦ», Россия) в течение 30 мин. Приготовленные лиозоли НЧ были смешаны с влажной искусственной почвой (влажность 45-50%), затем доведены дистиллированной водой до влажности 75-80% и перемешаны с помощью миксера.

**Биохимические показатели червей.** Содержание белка в теле червей оценивали с помощью коммерческих наборов «ДиаконВет» (Россия) на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай). Для этого готовились вытяжки из червей путем их гомогенизации в буфере (Tris 50 ммоль/л, DTT 1,0 ммоль/л, EDTA 1,0 ммоль/л, сахара 250 ммоль/л, pH 7,5), который добавляли в соотношении 1:9 [1]. Черви были гомогенизированы на гомогенизаторе тканей TissueLyser LT, QIAGEN («QIAGEN», Германия).

**Активность системы антиоксидантной защиты.** Измерение активности супероксиддисмутазы (СОД) осуществляли по аутоокислению эпинефрина (адреналина) при  $\lambda=480$  нм [14], а каталазы (КАТ) по методу [4], основанным на взаимодействии  $H_2O_2$  с йодистым калием. Степень перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по малоновому диальдегиду (МДА) по общепринятому методу [8].

**Концентрацию металлов в *E.fetida*** определяли в начале и конце эксперимента на масс-спектрометре Agilent ICP-MS 7500 («Agilent Technologies», USA).

**Биоаккумуляцию металла** рассчитывали по формуле  $BSAF = \text{Содержание металла в черве} / \text{общее содержание металла в почве}$  [7].

**Поглощение металла** определяли по формуле  $R = (M_a - M_b) / M_e \times 100\%$ , где  $M$  – масса, мг,  $a$  – в конце эксперимента,  $b$  – в начале,  $e$  – масса червя.

**Скорость накопления металла** в течение периода экспозиции оценивалась с помощью следующего уравнения:  $S = \Delta C_{\text{червь}} / \Delta T = (C_{\text{червь}2} - C_{\text{червь}1}) / (t_2 - t_1)$ , [21], где  $C_{\text{червь}}$  – концентрация вещества в черве в день выборки,  $t_n$  – дни выборки.

При определении достоверности различий между анализируемыми выборками вычисляли средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверными считали различия при вероятности ошибки  $P \leq 0,05$ .

**Обсуждение результатов.** Влияние НЧ Zn на индикаторные показатели *Eisenia fetida* на искусственном субстрате. Выживаемость червей при экспозиции в контроле составила 100%. При этом мы наблюдали снижение выживаемости на 20%, превышающее предел валидности теста, что было характерно для НЧ Zn в дозе 500 мг/кг сухой почвы на 14 сутки. Смертность является общепринятым, но довольно нечувствительным параметром оценки токсичности вещества; поэтому были оценены другие сублетальные эффекты: изменения в массе, содержании белка, активности антиоксидантных ферментов и степень поглощения металла на 7 и 14 сутки экспозиции (рис. 1А). Зафиксировано, что дозозависимый эффект проявлялся в снижении массы червей, с наибольшим эффектом при концентрации НЧ Zn 250 мг/кг почвы на 14 день эксперимента, на фоне снижения белка на 19,5-46,3% ( $p \leq 0,05$ ) при концентрации НЧ Zn 500-1000 мг/кг сухой почвы (рис. 1Б).

Активность ферментов антиоксидантной защиты червей была преимущественно выше контроля, что свидетельствует о возрастании экологического стресса и образования активных радикалов кислорода в организме (рис. 2). При этом наибольшее влияние на активность ферментов антиоксидантной защиты оказывали концентрации НЧ Zn 250-500 мг/кг сухой почвы. Также во всем диапазоне концентраций наночастиц содержание МДА было выше контроля. Степень накопления металла в организме червя *E. fetida* сопровождалось накоплением Zn в теле *E. fetida* на 16,26%

( $p \leq 0,05$ ) при дозе 50 мг/кг; 63,5% ( $p \leq 0,05$ ) – 1000 мг/кг (рис. 3). При увеличении сроков экспозиции динамика кумуляции микроэлементов сохранялась только для величин НЧ до 500 мг/кг. Тогда как при максимальной дозовой нагрузке 1000 мг/кг уровень Zn в теле *E.fetida* к 14 сутками снизился на 52,5% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с семисуточной экспозицией.

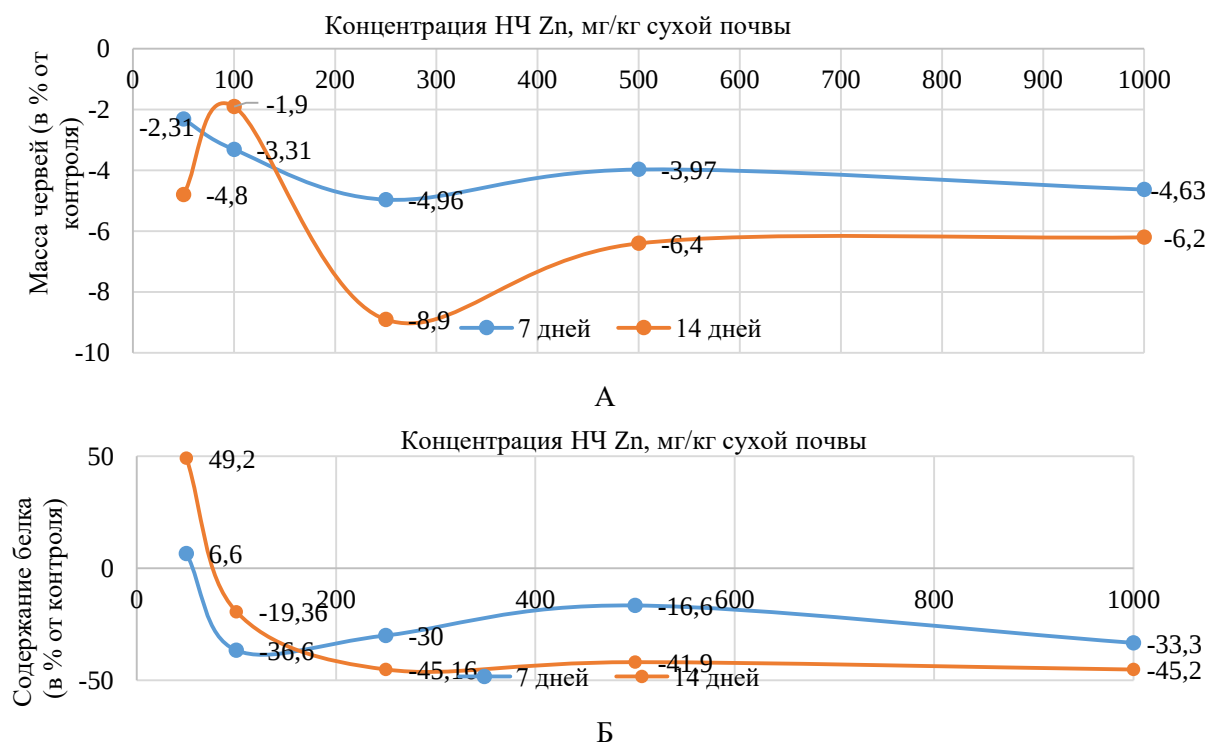


Рис. 1. Масса *E. fetida* (А) и содержание белка в *E. fetida* (Б) при внесении НЧ Zn в искусственную почву

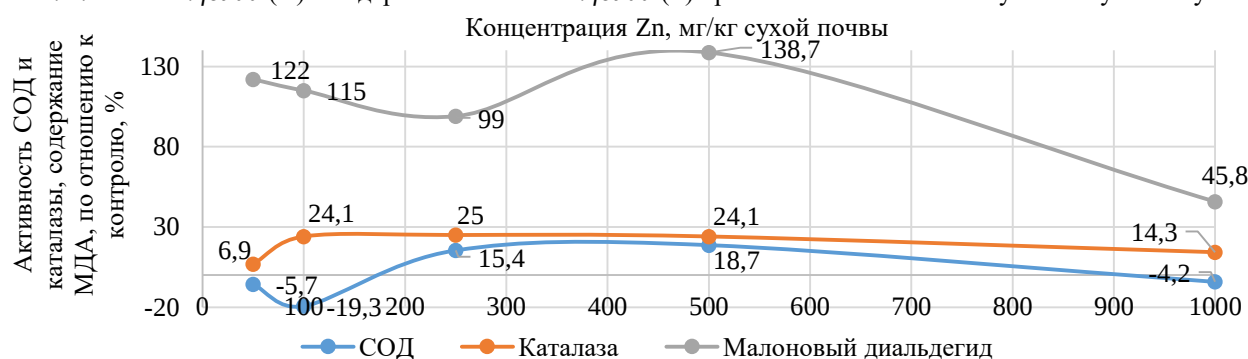


Рис. 2. Активность антиоксидантных ферментов и содержание МДА в теле *E. fetida* при внесении НЧ Zn в искусственную почву

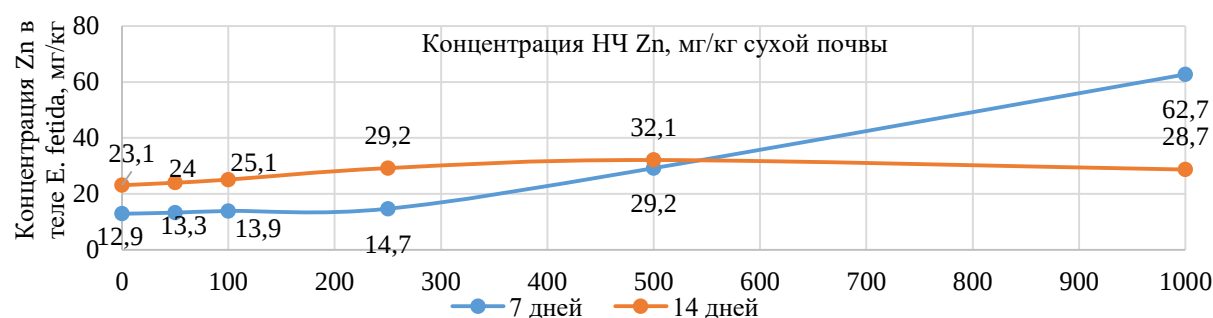


Рис. 3. Содержание Zn в теле *E. fetida* при инкубации на искусственной почве

Дозовый эффект проявлялся в увеличении скорости накопления и поглощения Zn при дозе 50 мг/кг на 17,14 % ( $p \leq 0,05$ ) и 7,2% ( $p \leq 0,05$ ), при 200 мг/кг на 36,9% ( $p \leq 0,05$ ) и 29,4% ( $p \leq 0,05$ ), при 500 мг/кг 49,1% ( $p \leq 0,05$ ) и 51,3% ( $p \leq 0,05$ ) и при 1000 мг/кг на 40,8% ( $p \leq 0,05$ ) и 46,1% ( $p \leq 0,05$ ), на 7 и 14 сутки, соответственно. При дозе 1000 мг/кг скорость накопления составила за 7 суток 13,7 мг/кг/сут, а в последующем периоде (7-14 суток) характеризовался выведением металла со скоростью 3,9 мг/кг/сут. Таким образом, организм червя способен аккумулировать цинк до значения 500 мг/кг, с последующим выведением во внешнюю среду при концентрации 1000 мг/кг почвы.

Влияние НЧ Си на индикаторные показатели *Eisenia fetida* на искусственном субстрате. Выживаемость червей при внесении НЧ Си находилась в пределах 90-100% на протяжении всего эксперимента, за исключением варианта с дозой воздействия 500 мг/кг, где исследуемый показатель составил 80% и 20%, на 7 и 14 сутки соответственно. На этом фоне масса червей снижалась на протяжении 14 суток во всех исследованных концентрациях. Так, на 7 сутки масса червей была ниже контроля на 6,5-20,1% ( $p \leq 0,05$ ), а на 14 сутки – на 21,0-45,6% ( $p \leq 0,05$ ), при этом при концентрации 500 мг/кг НЧ Си масса червей была наименьшей (рис. 4А).

Количество белка в тканях *E. fetida* на 14 сутки снижалось от 30,5 до 41,6% ( $p \leq 0,05$ ) при воздействии концентраций 250-1000 мг/кг НЧ Си (рис. 4Б).

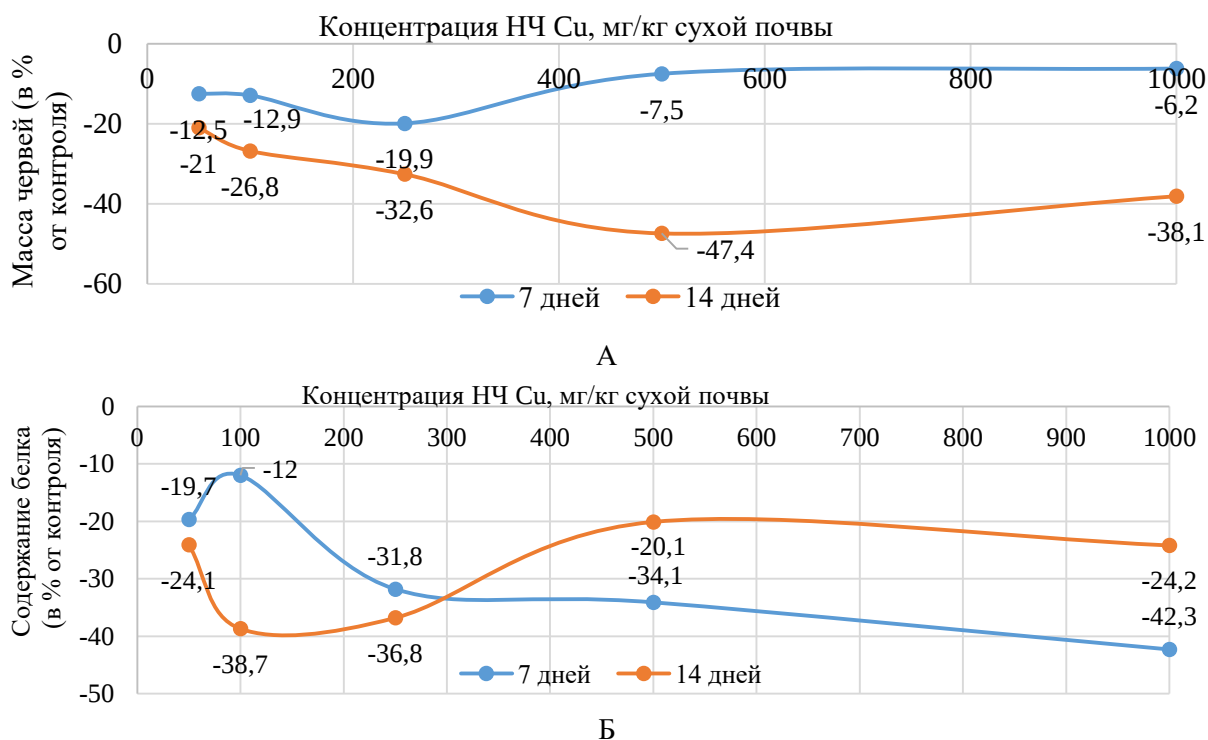


Рис. 4. Масса *E. fetida* (А) и содержание белка в *E. fetida* (Б) при внесении НЧ Си в искусственную почву

Активность ферментов антиоксидантной защиты имела разнополярные значения, так активность каталазы была на 44,7-101% ( $p \leq 0,05$ ) выше контроля, а активность, СОД, наоборот, на 58,3-69,5% ( $p \leq 0,05$ ) ниже контроля. Уровень МДА на 16,6-33,3% ( $p \leq 0,05$ ) было выше контрольных значений, кроме концентрации 1000 мг/кг (рис. 5).

Если первоначальное содержание Си в черве составило 6.25 мг/кг, то на 7 сутки, в присутствии НЧ Си концентрация в черве увеличилась при дозе Си 50 мг/кг на 65% ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 6) (поглощение – 0,27 мг/%), при дозе 100 мг/кг на 67% ( $p \leq 0,05$ ) (поглощение – 0,28 мг/%), при дозе

500 мг/кг на 78% ( $p \leq 0,05$ ) (поглощения – 0,48 мг/%). На 14 сутки наибольшая аккумуляция металла в черве зафиксирована в червях при концентрации НЧ Cu 100 и 500 мг/кг, что составило 91,9% ( $p \leq 0,05$ ) и 89,2% ( $p \leq 0,05$ ), при степени поглощения металла соответственно 1,3 и 0,8 мг/%.

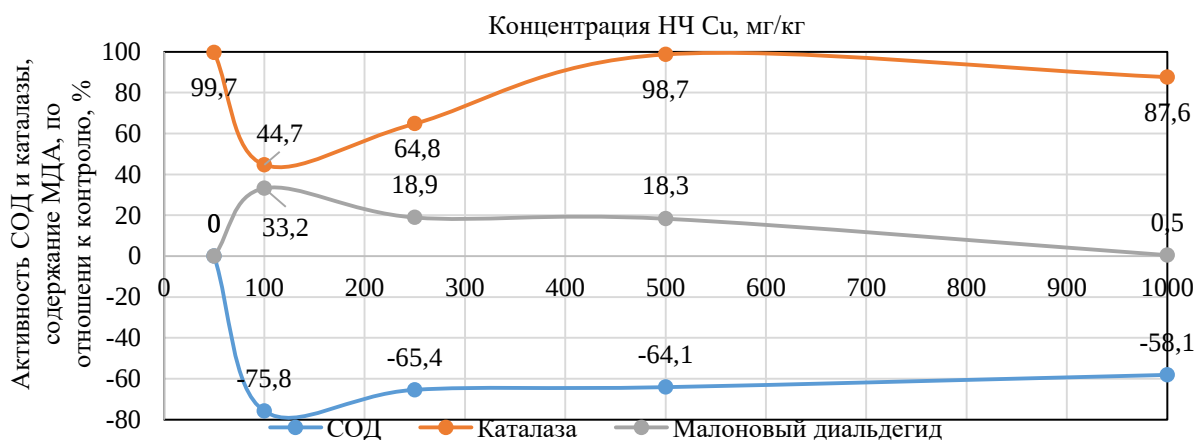


Рис. 5. Активность антиоксидантных ферментов и содержание МДА в теле *E. fetida* при внесении НЧ Cu в искусственную почву

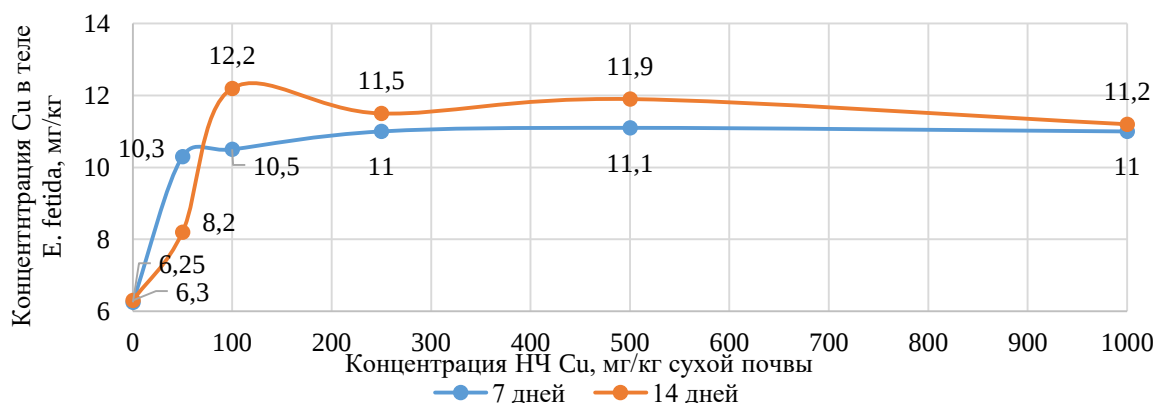


Рис. 6. Содержание Cu в теле *E. fetida* при инкубации в искусственной почве

При этом минимальная пороговая концентрация регуляции для Cu составила 35 мг/кг, что свидетельствует о способности червя контролировать обмен меди, и опосредованно может снижать токсическую нагрузку на почвенный биоценоз при определенной степени загрязнения. Сравнивая период 7 и 14 суток, концентрация меди в почве при добавлении НЧ Cu в концентрации 100-500 мг/кг почвы снизилась от 34 до 53% ( $p \leq 0,05$ ).

Различная степень аккумуляции меди в организме червя оказала влияние на активность антиоксидантных ферментов, в зависимости от концентрации наночастиц Cu и сроков экспозиции.

**Обсуждение.** При воздействии высоких концентраций НЧ Zn наблюдалось достоверное снижение массы тела, что согласуется с исследованиями [10]. Подтверждают и результаты Spurgeon с соавторами [16], где червям, живущим в металл-загрязненных почвах, нужно больше времени, чтобы достичь максимальной массы, чем в незагрязненных участках.

Дождевые черви способны снижать токсическую нагрузку на организм путем перераспределения металла из почвы в органы и ткани [20]. Биодоступность и биоаккумуляция зависит от размерности, концентрации, типа почвы и продолжительности времени экспозиции [13].

Различное поглощение Zn на 7 сутки, т.е. снижение его концентрации в черве связано как, с адаптацией к субстрату, так и со способностью *E. fetida* регулировать содержание Zn в теле.

Живые организмы, в частности дождевые черви способны связывать цинк в тканях, путем участия металлотионов в этом процессе, способствуя быстрому выведению Zn и могут регулировать содержание в теле Zn до концентрации в почве до 560 мг/кг, выше этой концентрации происходит значительное накопление металла [3]. Этими выводами объясняется многие полученные нами результаты, в частности высокая смертность при концентрации 500 мг/кг, связанная с индукцией окислительного стресса в клетках.

Фермент СОД участвует в удалении активных форм кислорода и любые изменения в экологическом фоне отражают изменения окислительного стресса. Аналогичные зависимости биологической активности наночастиц описана в работе [12], где активность SOD в дождевых червях увеличивается с умеренной экологического стресса и уменьшается с тяжелой экологической напряженностью.

Активность САТ у *Eisenia fetida* возрастала при достижении концентрации наночастиц в искусственной почве Zn 500 мг/кг и снизилась при дозе 1000 мг/кг. Это связано с напряжением адаптации на критическое содержание металла в биосубстрате и высокой степенью оборота металла между субстратом и пищеварительной системой червя [6].

Каталаза (САТ) является важным ферментом в системе антиоксидантной защиты. Его способность исключать свободный радикал защищает клетки от повреждений, и его изменение рассматривается как предвестник загрязнения окружающей среды [5].

Итак, установлено, что черви способны переносить окислительный стресс и активировать антиоксидантную систему на первой стадии стресса при высоких концентрациях наночастиц. Наибольший токсический эффект был получен при дозе НЧ Zn 250-500 мг/кг, обоснованный поведенческими реакциями, ростовыми характеристиками и показателями ферментативной активности в организме червя. На основании полученных данных искусственная почва может использоваться в качестве тестового субстрата.

При внесении НЧ Cu было показано, что активность каталазы повышалась, что может косвенно свидетельствовать о том, что после длительного воздействия высоких концентраций наночастиц превышает пропускную способность поглощать активные формы кислорода, то есть защитные свойства антиоксидантных ферментов могут быть утрачены при увеличении токсического стресса в присутствии наночастиц меди. Активность СОД в черве снижалась при всех концентрациях НЧ Cu. По мнению исследователей [17], активность СОД в тканях червей увеличивается с умеренным экологическим стрессом и уменьшается при увеличении стрессовой нагрузки. Таким образом, можно обсуждать, что НЧ Cu обладают пролонгированным действием, и процесс релаксации системы к нормальному состоянию может занять определенное время после исключения токсиканта.

При этом, в отличии от варианта опыта с внесением НЧ Zn, черви накапливали медь во всех концентрациях без существенных отличий. Так, на 14 день эксперимента черви обнаруживали в своих тканях меди 11,2-12,08 мг/кг, за исключением дозы НЧ 50 мг/кг (где содержание меди

составило 8,2 мг/кг тканей червя). При этом 7 и 14 сутки не обнаруживали существенных различий в накоплении меди, что может косвенно говорить о регулировании содержания меди в теле черви на пороговом уровне.

**Заключение.** При культивировании НЧ Zn и НЧ Cu с *E.fetida* на искусственной почве наибольший отрицательный эффект имели дозировки 250-500 мг/кг почвы.

На искусственной почве накопление меди и цинка было дозозависимым параметром. В целом, черви были способны к биоаккумуляции высоких доз металлов в почве до уровня по цинку до 33,6 мг/кг, по меди – 12,08 мг/кг.

Биоаккумуляция цинка была снижена при увеличении дозы вносимых НЧ Zn. Таким образом, организм червя способен аккумулировать цинк при внесении НЧ до значения 500 мг/кг включительно, с последующим выведением во внешнюю среду при концентрации 1000 мг/кг почвы, что может быть использовано при биоремедиации антропогенно загрязненных земель.

При 500 мг/кг НЧ Cu на искусственной почве было отмечено выведение металла из тела червя на 14 сутки. При этом увеличение скорости выведения из тела червя наблюдали при повышении концентрации металла в почве (на 34-53%). Максимум биоаккумуляции был зафиксирован при внесении 100 мг/кг НЧ Cu.

Полученные данные о пределах толерантности червей при нагрузки почвы наночастицами меди и цинка могут быть использованы при разработке методов и подходов к восстановлению почвы, загрязненных тяжелыми металлами в различной их форме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дерябин Д.Г., Алешина Е.С., Дерябина Т.Д., Ефремова Л.В. Биологическая активность ионов, нано- и микрочастиц Cu и Fe в тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. Т. 9. №6. С. 31-36.
2. Alves P., Bandeira F. O., Giraldo M., Presotto R., Segat J.C., Cardoso E., Baretta D. Ecotoxicological assessment of Fluazuron: effects on *Folsomia candida* and *Eisenia Andrei* // Environmental Science and Pollution Research, 2019. Vol. 26. №6. P. 5842-5850. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4022-7>
3. Bauer-Hilty A., Dallinger R., Berger B. Isolation and partial characterization of a cadmium-binding protein from *Lumbriculus variegatus* (*Oligochaeta*, *Annelida*) // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology. 1989. Vol. 94. №2. P. 373-379. [https://doi.org/10.1016/0742-8413\(89\)90085-6](https://doi.org/10.1016/0742-8413(89)90085-6)
4. Böhmer A., Jordan J., Tsikas D. High-performance liquid chromatography ultraviolet assay for human erythrocytic catalase activity by measuring glutathione as o-phthalaldehyde derivative // Analytical Biochemistry. 2011. №410. P. 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2010.11.026>
5. Brown P. J., Long S. M., Spurgeon D. J., Svendsen C., Hankard P. K. Toxicological and biochemical responses of the earthworm *Lumbricus rubellus* to pyrene, a non-carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbon // Chemosphere. 2004. №57. P. 1675-1681. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.05.041>
6. Chelikani P., Fita I., Loewen P. C. Diversity of structures and properties among catalases // Cellular and Molecular Life Sciences. 2004. Vol. 61. №. 2. P. 192-208. <https://doi.org/10.1007/s00018-003-3206-5>
7. Cortet J., Gomot-De Vauflery A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeau D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects // European Journal of Soil Biology. 1999. Vol. 35. №3. P. 115-134. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(00\)00116-3](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)00116-3)
8. Heath R. L., Parker L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Archives of Biochemistry and Biophysics. 1968. Vol. 125. №2. P. 189-198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
9. Khan S., Sengül H. Experimental investigation of stability and transport of TiO<sub>2</sub> nanoparticles in real soil columns // Desalination and Water Treatment, 2016. Vol. 57. №54. P. 26196-26203. <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1163513>
10. Kool P. L., Ortiz M. D., Van Gestel C. A. M. Chronic toxicity of ZnO nanoparticles, non-nano ZnO and ZnCl<sub>2</sub> to *Folsomia candida* (*Collembola*) in relation to bioavailability in soil // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159. №10. P. 2713-2719. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.05.021>

11. Lebedev S., Yausheva E., Galaktionova L., Sizova E. Impact of molybdenum nanoparticles on survival, activity of enzymes, and chemical elements in *Eisenia fetida* using test on artificial substrata // *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23. №18. P. 18099-18110. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6916-6>
12. Liu T., Zhu L., Han Y., Wang J., Wang J., Zhao Y. The cytotoxic and genotoxic effects of metalaxyl-M on earthworms (*Eisenia fetida*) // *Environmental toxicology and chemistry*. 2014. Vol. 33. №10. P. 2344-2350. <https://doi.org/10.1002/etc.2682>
13. Peakall D., Burger J. Methodologies for assessing exposure to metals: speciation, bioavailability of metals, and ecological host factors // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2003. Vol. 56. №1. P. 110-121. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00055-1)
14. Ravi Kiran, T., Aruna, H. K. Antioxidant enzyme activities and markers of oxidative stress in the life cycle of earthworm, *Eudrilus eugeniae* // *Italian Journal of Zoology*. 2010. Vol. 77. №2. P. 144-148. <https://doi.org/10.1080/11250000902932841>
15. Sanchez-Hernandez J., Ro K., Díaz F. Biochar and earthworms working in tandem: Research opportunities for soil bioremediation // *Science of the total environment*. 2019. Vol. 688. P. 574-583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.212>
16. Spurgeon D. J., Hopkin S. P., Jones D. T. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems // *Environmental Pollution*. 1994. Vol. 84. №2. P. 123-130. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90094-9](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90094-9)
17. Sun W., Tai T. Y., Lin Y. S. Effect of monosulap on protein content. SOD and AChE activity of *Eisenia foetida* under two different temperatures // *Journal of Agro-Environmental Science*. 2007. №. 26. P. 1816-1821.
18. Świątek Z. M., Van Gestel C. A. M., Bednarska A. J. Toxicokinetics of zinc-oxide nanoparticles and zinc ions in the earthworm *Eisenia Andrei* // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017. Vol. 143. P. 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.027>
19. Tatsi K., Shaw B.J., Hutchinson T.H., Handy R.D. Copper accumulation and toxicity in earthworms exposed to CuO nanomaterials: Effects of particle coating and soil ageing // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. Vol. 166. P. 462-473. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.054>
20. Udovic M., Lestan D. Redistribution of residual Pb, Zn, and Cd in soil remediated with EDTA leaching and exposed to earthworms (*Eisenia fetida*) // *Environmental technology*. 2010. Vol. 31. №6. P. 655-669. <https://doi.org/10.1080/09593331003610907>
21. Zhang J., Xu Y., Wu Y., Hu S., Zhang Y. Dynamic characteristics of heavy metal accumulation in the farmland soil over Xiaolinling gold-mining region, Shaanxi, China // *Environmental Earth Sciences*. 2019. Vol. 78. №1. P. 25. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8013-2>

## REFERENCES

1. Deryabin, D.G., Aleshina, E.S., Deryabina, T.D., & Efremova, L.V. (2011). Biologicheskaya aktivnost' ionov, nano-i mikrochastits Cu i Fe v teste ingibirovaniya bakterial'noi bioluminestsentsii. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, (6), 31-36. (in Russ.).
2. Alves, P.R.L., Bandeira, F.O., Giraldo, M., Presotto, R., Segat, J.C., Cardoso, E.J.B.N., & Baretta, D. (2019). Ecotoxicological assessment of Fluazuron: effects on *Folsomia candida* and *Eisenia andrei*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 5842-5850. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4022-7>
3. Bauer-Hilty, A., Dallinger, R., & Berger, B. (1989). Isolation and partial characterization of a cadmium-binding protein from *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta, Annelida). *Comp. Biochem. Physiol. C*, 94, 373-379. [https://doi.org/10.1016/0742-8413\(89\)90085-6](https://doi.org/10.1016/0742-8413(89)90085-6)
4. Böhmer, A., Jordan, J., & Tsikas, D. (2011). High-performance liquid chromatography ultraviolet assay for human erythrocytic catalase activity by measuring glutathione as o-phthalaldehyde derivative. *Analytical biochemistry*, 410(2), 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2010.11.026>
5. Brown, P.J., Long, S.M., Spurgeon, D.J., Svendsen, C., & Hankard, P.K. (2004). Toxicological and biochemical responses of the earthworm *Lumbricus rubellus* to pyrene, a non-carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbon. *Chemosphere*, 57(11), 1675-1681. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.05.041>
6. Chelikani, P., Fita, I., & Loewen, P. C. (2004). Diversity of structures and properties among catalases. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 61(2), 192-208. <https://doi.org/10.1007/s00018-003-3206-5>
7. Cortet, J., Gomot-De Vauflery, A., Poinot-Balaguer, N., Gomot, L., Texier, C., & Cluzeau, D. (1999). The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology*, 35(3), 115-134. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(00\)00116-3](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)00116-3)
8. Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of biochemistry and biophysics*, 125(1), 189-198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)

9. Khan, S., & Şengül, H. (2016). Experimental investigation of stability and transport of TiO<sub>2</sub> nanoparticles in real soil columns. *Desalination and Water Treatment*, 57(54), 26196-26203. <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1163513>
10. Kool, P.L., Ortiz, M.D., & van Gestel, C.A. (2011). Chronic toxicity of ZnO nanoparticles, non-nano ZnO and ZnCl<sub>2</sub> to *Folsomia candida* (Collembola) in relation to bioavailability in soil. *Environmental Pollution*, 159(10), 2713-2719. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.05.021>
11. Lebedev, S., Yausheva, E., Galaktionova, L., & Sizova, E. (2016). Impact of molybdenum nanoparticles on survival, activity of enzymes, and chemical elements in *Eisenia fetida* using test on artificial substrata. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(18), 18099-18110. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6916-6>
12. Liu, T., Zhu, L., Han, Y., Wang, J., Wang, J., & Zhao, Y. (2014). The cytotoxic and genotoxic effects of metalaxyl-M on earthworms (*Eisenia fetida*). *Environmental toxicology and chemistry*, 33(10), 2344-2350. <https://doi.org/10.1002/etc.2682>
13. Peakall, D., & Burger, J. (2003). Methodologies for assessing exposure to metals: speciation, bioavailability of metals, and ecological host factors. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(1), 110-121. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00055-1)
14. Ravi Kiran, T., & Aruna, H.K. (2010). Antioxidant enzyme activities and markers of oxidative stress in the life cycle of earthworm, *Eudrilus eugeniae*. *Italian Journal of Zoology*, 77(2), 144-148. <https://doi.org/10.1080/11250000902932841>
15. Sanchez-Hernandez, J.C., Ro, K.S., & Díaz, F.J. (2019). Biochar and earthworms working in tandem: research opportunities for soil bioremediation. *Science of the total environment*, 688, 574-583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.212>
16. Spurgeon, D.J., Hopkin, S.P., & Jones, D.T. (1994). Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 84(2), 123-130. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90094-9](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90094-9)
17. Sun, W., Tai, T.Y., & Lin, Y.S. (2007). Effect of monosultap on protein content. SOD and AChE activity of *Eisenia foetida* under two different temperatures. *J Agro-Environ Sci*, 26, 1816-1821.
18. Świątek, Z.M., van Gestel, C.A., & Bednarska, A.J. (2017). Toxicokinetics of zinc-oxide nanoparticles and zinc ions in the earthworm *Eisenia andrei*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 143, 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.027>
19. Tatsi, K., Shaw, B.J., Hutchinson, T.H., & Handy, R.D. (2018). Copper accumulation and toxicity in earthworms exposed to CuO nanomaterials: Effects of particle coating and soil ageing. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 166, 462-473. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.054>
20. Udovic, M., & Lestan, D. (2010). Redistribution of residual Pb, Zn, and Cd in soil remediated with EDTA leaching and exposed to earthworms (*Eisenia fetida*). *Environmental technology*, 31(6), 655-669. <https://doi.org/10.1080/09593331003610907>
21. Zhang, J., Xu, Y., Wu, Y., Hu, S., & Zhang, Y. (2019). Dynamic characteristics of heavy metal accumulation in the farmland soil over Xiaoqinling gold-mining region, Shaanxi, China. *Environmental Earth Sciences*, 78(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8013-2>

дата поступления: 25.06.2021

дата принятия: 03.09.2021

© Вершинина И.А., Лебедев С.В., 2022

УДК 630\*591.5:574.474

AGRI L20

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/06>

*Белицкая М.Н., Грибуст И.Р.,  
Алферова Г.А., Бакрадзе Н.Ю., Прилипко Н.И.*

## ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ НАСЕКОМЫХ В НАСАЖДЕНИЯХ НАРУШЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

*Belitskaya M.N., Gribust I.R.,  
Alferova G.A., Bakradze N.Yu., Prilipko N.I.*

### FEATURES OF INSECT SPECIES DIVERSITY IN THE FOREST PLANTINGS DISTURBED BY ANTHROPOGENIC IMPACT

**Аннотация.** Насекомые являются универсальными объектами для перманентного наблюдения и оценки состояния биогеоценозов. Повсеместная экспансия отдельных видов, их взаимодействие с разными составляющими среды и изменение состава энтомокомплексов в нарушенных экосистемах, многообразие ответных реакций и отклик сообществ и отдельных видов на антропогенные воздействия и качество условий окружающей среды, а также соотношение между уровнем воздействия и степенью проявления ответных реакций биологических объектов позволяют использовать насекомых в качестве биоиндикаторов. Защитные насаждения различных типов и экологических категорий в условиях городской среды осуществляют важнейшие средоохраняющие и средоформирующие функции. Данный факт определяет изменения состава и структуры энтомокомплексов. При этом экологические условия, в которых находятся насаждения, и микроусловия внутри посадок с учетом внешнего влияния, определяют особенности биоразнообразия и сбалансированность структуры энтомонаселения. К числу наиболее значимых среди них относятся выхлопные газы автотранспорта, различные химические средства, применяемые для борьбы с обледенением дорожного полотна в зимний период, а также избирательного уничтожения сорной растительности в пределах декоративного оформления автомобильных дорог и пр. Ответные реакции населения насекомых на загрязнение среды, проявляющиеся в изменении состава и структуры сообществ, динамике численности группировок и изменении роли отдельных видов на трансформированных территориях становятся базисом для научного анализа состояний энтомокомплексов и в целом биоценозов. Это позволяет определить возможные последствия трансформации биоценозов под действием негативных факторов на основе изменения фаунистического обилия, структурной организации сообществ, что и определяет устойчивость экосистем.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, защитные лесные насаждения, насекомые, вредители, структура сообществ, нарушенные антропогенным воздействием экосистемы.

**Сведения об авторах:** Белицкая Мария Николаевна, ORCID: 0000-0001-7853-940X, д-р биол. наук, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г.

**Abstract.** Insects are universal objects for monitoring biogeocenoses. Wide distribution, close connection with various components of the environment and the abundance of individual species in disturbed ecosystems, the variety of responses to anthropogenic impacts, quick response to changes in the quality of the environment, as well as there is a clear correlation between the level of exposure and the degree of manifestation of the response time they make it possible to use insects as indicators. Green spaces are an important environmental protection and environmental-forming factor of the urban environment, which determines changes in the composition and structure of entomological complexes. At the same time, plantings of different types and environmental categories are in different conditions in relation to air pollution, that what determines the features of biodiversity and the balance of the population structure. Among the most significant among them are the exhaust gases of motor vehicles, various chemicals used to combat icing of the roadway in winter, as well as the selective destruction of weed vegetation within the decorative design of highways, etc. The need to study the responses to environmental pollution, manifested in changes in the composition and structure of entomofauna, the dynamics of the number and the change in the role of individual species in the transformed territories determines the direction of this study. The analysis of insect responses at the species level allows us to identify the consequences of the transformation of biocenoses, changes in faunal abundance, the structure of dominance and, as a result, determines the stability of ecosystems.

**Keywords:** biodiversity, protective forest stands, insects, pests, community structure, ecosystems disturbed by anthropogenic impact.

**About the authors:** Belitskaya Maria Nikolaevna, ORCID: 0000-0001-7853-940X, Ph.D., Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia; Gribust Irina Romualdovna, ORCID: 0000-0002-

Волгоград, Россия; Грибуст Ирина Ромуалдовна, ORCID: 0000-0002-7544-674X, канд. с.-х. наук, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия, [giromuvaldovna@mail.ru](mailto:giromuvaldovna@mail.ru); Алферова Галина Александровна ORCID: 0000-0002-5815-4841, канд. пед. наук, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, г. Волгоград, Россия, [alferovaga@yandex.ru](mailto:alferovaga@yandex.ru); Бакрадзе Наталья Юрьевна, ORCID: 0000-0002-9252-157X, канд. пед. наук, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, г. Волгоград, Россия, [nicol\\_2002@mail.ru](mailto:nicol_2002@mail.ru); Прилипко Наталья Ираклиевна, ORCID: 0000-0002-1106-2616, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, г. Волгоград, Россия, [prilipkoni@mail.ru](mailto:prilipkoni@mail.ru)

7544-674X, Ph.D., Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, [giromuvaldovna@mail.ru](mailto:giromuvaldovna@mail.ru); Alferova Galina Alexandrovna, ORCID: 0000-0002-5815-4841, Ph.D., Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia, [alferovaga@yandex.ru](mailto:alferovaga@yandex.ru); Bakradze Natal'ya Yur'evna, ORCID: 0000-0002-9252-157X, Ph.D., Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia, [nicol\\_2002@mail.ru](mailto:nicol_2002@mail.ru); Prilipko Natal'ya Iraklievna, ORCID: 0000-0002-1106-2616, Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia, [prilipkoni@mail.ru](mailto:prilipkoni@mail.ru)

Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Алферова Г.А., Бакрадзе Н.Ю., Прилипко Н.И. Особенности видового разнообразия насекомых в насаждениях нарушенных антропогенным воздействием // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 55–64. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/06>

Belitskaya, M.N., Gribust, I.R., Alferova, G.A., Bakradze, N.Yu. & Prilipko, N.I. (2022). Features of Insect Species Diversity in the Forest Plantings Disturbed by Anthropogenic Impact. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 55–64. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/06>

**Введение.** Тенденция обустройства урбанизированных территорий в современном мире прослеживается очень четко и достигается это за счет планирования оптимальной архитектурно-планировочной структуры, включающей создание комплекса биотопов [8; 12; 19; 20]. Неотъемлемым компонентом данного мероприятия являются зеленые насаждения, выполняющие средообразующие, гигиенические (снижение загазованности, запыленности) и рекреационные функции [1; 3; 7; 8; 12; 21; 22]. Озеленительные посадки в малолесных регионах к тому же выступают в роли рефугиумов, способствуя сохранению и повышению биологического разнообразия [1; 2; 6; 14; 15; 17; 22].

Озелененные участки пространственно изолированы и подвергаются мозаичному воздействию антропогенных и других негативных факторов. Поскольку в них зачастую складываются условия близкие к естественным здесь формируются энтомокомплексы, сочетающие как аборигенные так и адвентивные виды насекомых [1-3; 6; 20; 21].

Расширяющийся круг современных исследований по изучению насаждений как среды обитания фауны указывает на заметные различия таксономического богатства разных систематических и экологических групп и количественного обилия ряда насекомых, особенности пространственного распространения и уменьшение числа представителей ряда семейств в биотопах [17; 19-22]. А также работы, характеризующие население насекомых в насаждениях разных типов и экологических категорий, демонстрирующие спектр закономерностей формирования в них энтомосообществ, в том числе с акцентом на филофагов, деструктивно влияющих на состояние древесной растительности, определяющие сбалансированность структуры населения насекомых [7; 12; 17; 19-22].

Скорость адаптивных процессов в системе «фитофаг – кормовое растение» на урбанизированных территориях увеличивается за счет быстрой трансформации растительных организмов под действием внешних негативных факторов городской среды [1-3; 6]. В урбозкосистемах Нижнего Поволжья, отличающихся особенностями почвенно-климатических условий,

высокой степени концентрации промышленных предприятий, низким уровнем озеленения, бедностью ассортимента древесных растений сведения о составе, численности, структуре и других эколого-фаунистических характеристиках населения насекомых фрагментарны.

*Цель* – изучение антропогенного воздействия на состав и биотопическое распределение населения насекомых в защитных насаждениях засушливой зоны Нижнего Поволжья. Реализация поставленной цели предписывает последовательное решение множества задач, в числе которых изучение и анализ видового разнообразия населения насекомых насаждений различных типов и экологических категорий с учетом влияния внешних негативных факторов.

**Материалы и методика.** Исследования ведутся с 2008 г. и по настоящее время в дендрологических коллекциях, защитных лесных насаждениях ФНЦ агроэкологии РАН (ФГУП «Волгоградское» кадастр. № 34:34:000000:122; Землепользование «Качалинское» кадастр. № 34:08:000000:6; Нижневолжская станция по селекции древесных пород 34:36:0000:14:0178), а также в рекреационно-озеленительных насаждениях города Волгограда [9; 16].

Санитарное состояние древостоев в системах лесомелиоративного и городского озеленения оценивалось по комплексу признаков для отдельных категорий посадок [9]. Пробные площади подбирались при ранневесеннем обследовании с учетом породного состава посадок, возраста и степени негативного влияния на них антропогенных факторов. Объекты исследований – насекомые, трофически связанные с древесными растениями *Ulmus pumila* L. (вяз приземистый), *Robinia pseudoacacia* L. (робиния ложноакациевая), *R. viscosa* Vent. (робиния клейкая), *Populus nigra* L. (тополь черный (осокорь)), *P. pyramidalis* Borkh. (тополь пирамидальный). В составе лесонасаждений эти сопутствующие породы, осуществляют вспомогательную лесоводственную и защитную роль. Кроме того, они способствуют оптимизации роста и долговечности главной породы [16]. В их числе *Fraxinus exselsior* L. (ясень обыкновенный – Яо), *Fraxinus pennsylvanica* var. *lanceolata* (Borkh.) Sarg. (ясень зеленый, или ланцетный – Яз), *Morus alba* L. (шелковица белая – Ш), *Juglans regia* L. (орех грецкий – О/Орех) и *Ribes aureum* Pursh. (смородина золотая – См з)) [14].

Установление видового разнообразия, численности и особенностей пространственного распределения насекомых в биоценозах выполняли с учетом ассортимента, экологических особенностей и состояния насаждений, времени заселения вредителями и т. д. [9; 11]. Для сбора материала применяли методы: кошение древесной растительности стандартным энтомологическим сачком, осмотр ветвей и стволов модельных деревьев [5; 10; 18]. Сбор и учеты выполняли на постоянных пробных площадках в основных биотопах: лесополосы и озеленительные посадки на антропогенно преобразованных территориях. В насаждениях закладывали по 3-5 учетных площадок. Учтено более 41000 экземпляров насекомых [5; 10; 18].

Исследованные биотопы различаются по степени экологической нагрузки (табл. 1) [4; 9].

Сбор энтомологического материала в кронах деревьев и подкроновом пространстве посадок выполняли с применением метода окашивания крон энтомологическим сачком. Использование данного метода позволяет осуществить забор одной пробы в 4-х-кратной повторности по 25 взмахов, одна проба при этом составляет 100 взмахов [5; 10].

Видовой состав насекомых повреждающих листву определяли по имаго и наносимыми филлофагами видоспецифичным повреждениям крон различных древесных пород с использованием определителей [18].

Для характеристики участия вида в составе населения используют следующую классификацию обилия: свыше 5% – доминантные (массовые) виды, 2-5% – субдоминантные, 1-2% – обычные, > 1% – редкие [5].

Таблица 1

**Экологическая характеристика исследуемых насаждений**

| Параметры              | Насаждения       |         |               |                   |               |                    |
|------------------------|------------------|---------|---------------|-------------------|---------------|--------------------|
|                        | Дендрарий        | Парки   | Скверы        | Внутриквартальные | Уличные       | Лесополосы полевые |
| Возраст, лет           | 50               | 40      | 35            | 30-60             | 40-70         | 70                 |
| Количество видов:      |                  |         |               |                   |               |                    |
| древесных растений     | 36               | 23      | 4             | 6                 | 1-3           | 16                 |
| травянистых растений   | 9                | 8       | 6             |                   |               | 17                 |
| Площадь, га            | 225              | 18      | 120           | 55                | 21            | 580                |
| Индекс загрязнения     | 8,9              | 8,9     | 10,7          | 4,5               | 10,5          | 4,6                |
| Рекреационная нагрузка | средняя / низкая | высокая | очень высокая | высокая           | очень высокая | низкая             |
| Поток машин за час     | 2420             | 2422    | 3288          | 241               | 3374          | 237                |

**Результаты и обсуждение.** Лесопатологическое состояние и энтомокомплексы городских ландшафтных композиций (парки, скверы, внутриквартальные и пр.) изменяется в зависимости от качества окружающей среды.

В настоящее время насаждения урбанизированной территории испытывают интенсивную антропогенную нагрузку. Долговременное функционирование в условиях техногенного и рекреационного воздействия негативно сказывается на состоянии древесной растительности, ослабляя ее физиологически и вызывая отрицательные последствия (табл. 2).

Таблица 2

**Состояние древесной растительности в городских ландшафтных композициях**

| Насаждения            | Категория состояния, % |       |       |       |       |      |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
|                       | I                      | II    | III   | IV    | V     | VI   |
| Дендрарий             | 11,82                  | 32,25 | 36,40 | 13,05 | 2,46  | 3,73 |
| Парки                 | 14,27                  | 39,73 | 41,69 | 8,21  | 0,43  | –    |
| Скверы                | –                      | 21,14 | 43,89 | 30,99 | 7,56  | 2,12 |
| Уличные               | 2,62                   | 8,24  | 41,83 | 34,78 | 10,47 | 1,99 |
| Внутриквартальные     | 2,72                   | 8,40  | 41,93 | 48,55 | 9,95  | 1,48 |
| Полевые лесные полосы | 10,38                  | 17,25 | 35,41 | 15,89 | 5,82  | 3,88 |

*Примечание:* I – без признаков ослабления; II – ослабленные; III – сильно ослабленные; IV – усыхающие; V – сухой прошлых лет; VI – сухой текущего года

Обследованные насаждения произрастают в районе исследований на большой площади в течение десятков лет. За этот период под влиянием биотических, абиотических и антропогенных факторов сформировалась устойчивая экосистема. Наиболее разнообразен состав древесных и травянистых растений дендрарии, лесопарке и парках. Скверы, расположенные вдоль автодорог и внутриквартальные насаждения отличаются обедненным ассортиментом. Лесные полосы в этом аспекте занимают промежуточное положение, что обусловлено особенностями этих посадок: конструктивные параметры (степень и характер ветропроницаемости, рядность, ярусность и др.), разнообразие древесно-кустарниковых и травянистых растений и, соответственно, микроклиматические характеристики древостоев [16]. Наиболее бедны по используемому ассортименту дендрофлоры уличные насаждения.

Таксономический состав насекомых, обитающих в городских насаждениях представлены 345 видами, относящимися к 33 родам и 75 семействам.

Лидирующее положение по уровню разнообразия состава принадлежит отряду Coleoptera, представителей которого насчитывается 124 вида (36,05% от общего разнообразия энтомокомплекса соответственно). В спектре семейств жесткокрылых насекомых наиболее разнообразны по составу сем. Curculionidae – 27 видов (7,8%), сем. Chrysomelidae – 21 вид (6,1%) и сем. Vuprestidae – 15 (4,3%). Значительно беднее семейства Cerambycidae – 10 видов (соответственно 2,9%), Iridae и Scarabaeidae (по – 8 видов, что соответствует 2,3%) и Attelabidae (7 видов, – 2,0%). Доля семейств, состав которых исчисляется 1-2 видами, невелика, и колеблется на уровне 0,3-0,6% от общего состава энтомонаселения.

Несколько ниже разнообразие отряда Lepidoptera (111 видов), долевое участие которого варьирует в пределах 32,26% от общего видового обилия населения насекомых. В спектре чешуекрылых по уровню видового обилия выделяется семейство Tortricidae – 18 видов (5,2%). Немногим беднее состав представителей семейства Geometridae – 16 видов (4,6%). Уступает ему семейство Noctuidae – 10 видов (2,9%).

В ряде семейств отряда чешуекрылых разнообразие видов варьирует в пределах 1÷8 вид. В то же время отдельные семейства отличаются наличием лишь одного вида в составе, что формирует 0,3% общего разнообразия видов. Это такие семейства как: Attacidae, Glyphipterygidae, Gelechiidae, Heliozelidae, Lycaenidae, Lyonetiidae, Pieridae, Plutellidae.

Среди чешуекрылых представителей в сообществе по численному обилию преобладают насекомые семейств Tortricidae, Gracillariidae, Nepticulidae и Geometridae (4,2%, 2,4%, 2,3% и 2,2% от общей численности комплекса насекомых соответственно). Насекомых доминирующих по численности в составе отряда Lepidoptera не отмечено. Обычными в насаждениях урбанизированной территории являются: пяденица-обдирало *Erannis defoliaria* (Clerck, 1759) – сем. Geometridae; узорчатая моль *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834) – сем. Gracillariidae; листовертки – пестрозолотистая, или жимолостная *Cacoecia xylosteana* (Linnaeus, 1758) и зеленая дубовая *Tortrix viridana* (Linnaeus, 1758) – представители сем. Tortricidae.

Группы редких и очень редких насекомых исчисляются 28 и 79 видами соответственно, что составляет 8,1% и 22,9% от общего разнообразия энтомокомплекса.

К числу важнейших вредителей листы относятся виды: *Tortrix viridana* L., непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758), акациевая огневка *Etiella zinckenella* (Treitschke, 1832), ильмовый ногохвост *Dicranura ulmi* (Denis & Schiffermuller, 1775), лунка серебристая *Phalera bucephala* (Linnaeus, 1758), пяденицы бурополосая *Lycia hirtaria* (Clerck, 1759) и зимняя *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758), златогузка *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) и американская белая бабочка *Hyphantria cunea* (Drury, 1773).

Уступает чешуекрылым по составу отряд Homoptera, насчитывающий 48 видов (13,95%). Лидирующая роль в спектре равнокрылых (26 видов, 7,5%) принадлежит подотряду Cicadinea. Сосущие насекомые подотряда Aphidinea насчитывают 13 видов (3,8%). Настоящие (Aphididae) и галловые (Pemphigidae) тли включают по 6 видов (1,7%). Разнообразие листоблошек (Psyllinea) и кокцидовых (Coccinea) ограничивается 5 (1,6%) и 4 (1,2%) видами соответственно.

В защитных насаждениях доминируют Aphididae – карагановая, или большая акациевая тля *Acyrtosiphon caraganae* (Cholodkovsky, 1907) (79,8 экз., что соответствует 12,0% общей

численности населения насекомых) и Cicadellidae – цикада *Ribautiana ulmi* (Linnaeus, 1758) (46 экз., что составляет не более 7,0% численного обилия комплекса фауны). Группу субдоминантов так же формируют цикадки и тли: *Oncopsis scutellaris* (Fieber, 1868) (30,7 экз., соответственно 4,6% численности сообщества), *Cicadella viridis* (Linnaeus, 1758) (23,4 экз., соответственно – 3,5%); *Pemphigus populi* (Couchet, 1879) (17,6 экз., что соответствует доле в 2,6% от общей численности энтомосообщества), *Colopha compressa* (Koch, 1856) (13,7 экз., что составляет 2,1%). Постоянными обитателями листвы деревьев в городских системах озеленения становятся цикада *Eurhadina loewi* (Then, 1886), вязовая листоблошка *Psylla ulmi* (Förster, 1848) и дубовая тля *Acanthochermes quercus* (Kollar, 1848). Ассоциации редких и очень редких содержат по 12 и 24 видов насекомых соответственно.

Нymenoptera немногочисленны – 39 видов (11,34%) из 9 семейств. Основу отряда перепончатокрылых составляют семейства Tenthredinidae настоящие пилильщики – 15 видов (4,7%) и Cynipidae – галловые осы – 12 видов (3,7%).

Разнообразие других отрядов колеблется от 2 (0,58%) до 11 (3,20%) видов.

Представляет интерес влияние антропогенного пресса на изменение таксономического состава энтомофауны в насаждениях. В ходе наблюдений выявлено, что фаунистическое разнообразие насекомых в насаждениях отдельных категорий, отличающихся по ряду показателей (ассортимент, индекс загрязнения, рекреационная нагрузка и др.), варьирует в значительной степени. При этом отмечены три максимума видового богатства – в дендрарии, городских парках и лесополосах (рис.). В дендрарии уровень таксономического богатства несколько превышает таковое в парках и лесополосах. Причем в первых трех биотопах этот показатель расходится в слабой степени, что обусловлено практически равнозначным уровнем антропогенной нагрузкой. Повышение техногенного и рекреационного воздействия на фоне уменьшения ассортимента древесных и травянистых растений сопровождается существенным обеднением относительного видового богатства энтомосообществ. Наиболее ярко это проявляется в скверах и уличных насаждениях, подвергающихся максимальным антропогенным воздействиям.

Таксономический состав локальных сообществ насекомых по всей ширине биотопического спектра в значительной степени изменяется (табл. 3). Ключевым фактором, лимитирующим разнообразие сообществ, является уровень техногенной и рекреационной нагрузки.

Таблица 3

Таксономическое разнообразие населения насекомых в насаждениях, %

| Отряд       | Насаждения        |            |                 |                    |        |                 |
|-------------|-------------------|------------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|
|             | Массивные посадки | Лесополосы | Городские парки | Внутри квартальные | Скверы | Уличные посадки |
| Homoptera   | 38                | 29         | 25              | 22                 | 14     | 11              |
| Hemiptera   | 6                 | 4          | 5               | 2                  | 1      | 1               |
| Coleoptera  | 51                | 44         | 37              | 13                 | 4      | 4               |
| Hymenoptera | 29                | 21         | 22              | 12                 | 9      | 5               |
| Lepidoptera | 68                | 39         | 41              | 16                 | 12     | 10              |
| Diptera     | 6                 | 2          | 4               | 3                  | 4      | 2               |

В биотопах с пониженным уровнем антропогенного воздействия, несмотря на разнообразие флористического состава и конструкцию насаждений по видовому составу и численности преобладают формы, характерные для лесных местообитаний. Наиболее разнообразны отряды Lepidoptera, Coleoptera и Homoptera. В относительно «чистых» биотопах среди чешуекрылых более богаты семейства Tortricidae

и Geometridae (28,2%). Ухудшение экологического фона сопровождается снижением их разнообразия с одновременным повышением представленности семейств Nepticulidae и Gracillariidae (на 14,9 и 16,6% соответственно). Среди жесткокрылых резко уменьшается видовое разнообразие Curculionidae (на 25,5%), а в отряде перепончатокрылых Cynipidae и Tenthredinidae (на 4,9 и 6,7%).

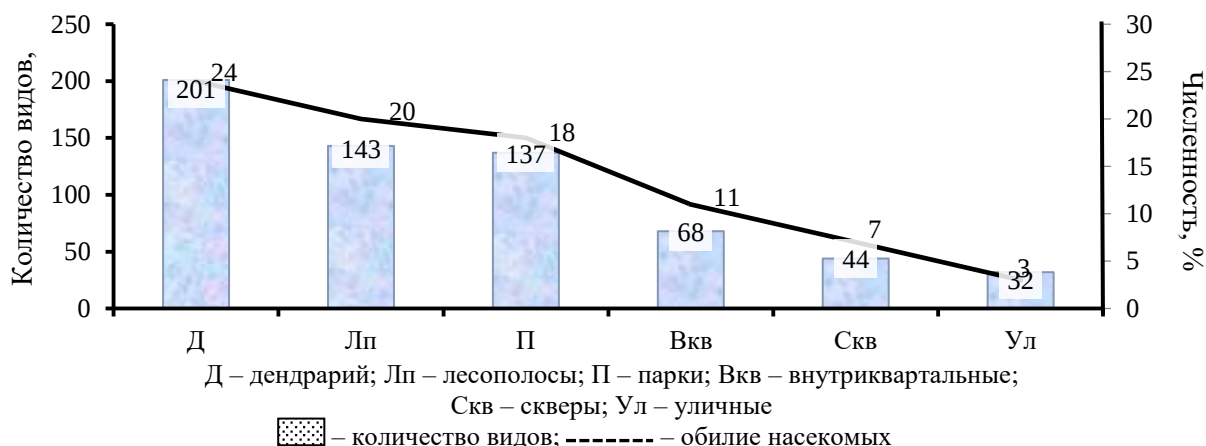


Рис. Биотопическое распределение видового богатства и обилия насекомых в городских насаждениях

Комплекс равнокрылых под воздействием антропогенной нагрузки в целом обедняется. В то же время данный процесс сопровождается существенным повышением видового богатства семейства Cicadellidae. Особенно ярко это проявляется во внутриквартальных насаждениях (на 38,9%) и скверах (на 32,4%). В уличных посадках данная тенденция выражена в меньшей степени (17,2%).

Представленность таксономического разнообразия других отрядов (Diptera, Hemiptera) в спектре биотических сообществ чрезвычайно низка и под воздействием антропогенного пресса изменяется в слабой степени. Характерной особенностью энтомофауны насаждений урбанизированной территории является наличие в отдельных местообитаниях ряда видов, отсутствующих в посадках других категорий. Так, в дендрарии довольно часто встречаются *Lucanus* (*Lucanus*) *servus* (Linnaeus, 1758), *Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1758), *Labidostomus humeralis* (D.H. Schneider, 1792), *Alsophila aescularia* (Denis & Schiffermuller, 1775), *Agriopis marginaria* (Fabricius, 1776), *Marumba quercus* (Denis & Schiffermuller, 1775), *Laothoea populi* (Linnaeus, 1758), *Catocala nupta* (Linnaeus, 1758).

Среди обитателей лесных полос многочисленны листовертки и пяденицы.

Наблюдения показали, что в составе энтомосообществ техногенно загрязненных местообитаний возрастает количественное обилие минирующих (*Fenusa ulmi* (Sundevall, 1844), *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833), *Ph. suffusella* (Zeller, 1839) и галлообразующих (*Pemphigus* (*Pemphigus*) *bursarius* (Linnaeus, 1758), *Colopha compressa* (Koch, 1856), *Tetraneura* (*Tetraneura*) *ulmi* (Linnaeus, 1758), *Eriosoma ulmi* (Linnaeus, 1758)) насекомых.

Для насаждений разных экологических категорий характерны олигодоминантные комплексы насекомых с высокой степенью доминирования 2-3-х видов (табл. 4). На указанных участках *Cicadella viridis* и *Macrosteles laevis*, вес которых здесь превышает 4,0%, являются супердоминантом. В местообитаниях с высоким уровнем рекреационного пресса доминирует *Polydrosus inustus*, тогда как при совокупном воздействии группа доминантов включает *Oncopsis scutellaris*, *Ribautiana ulmi*, *Arocatus malanocephalus*, *Harmandia popouli*. В дендрологических

коллекциях, парках и лесополосах доминируют специфические вредители ассимиляционного аппарата древесных растений *Neodiprion sertifer*, *Tortrix viridana* и *Neuroterus albipes*.

Таблица 4

**Комплекс доминантных видов насекомых  
в насаждениях урбоэкосистем (% от общей численности)**

| Доминантные виды               | Насаждения |            |      |                        |       |             |
|--------------------------------|------------|------------|------|------------------------|-------|-------------|
|                                | Дендрарий  | Лесополоса | Парк | Внутриквар-<br>тальные | Сквер | Уличны<br>е |
| <i>Cicadella viridis</i>       | 14,1       | 16,2       | 10,7 | 18,0                   | 12,1  | 5,6         |
| <i>Macrosteles laevis</i>      | 13,6       | 10,7       | 12,2 | 7,9                    | 8,3   | 4,1         |
| <i>Oncopsis scutellaris</i>    | 6,2        |            |      | 22,3                   | 15,9  | 13,6        |
| <i>Ribautiana ulmi</i>         |            | 3,4        | 5,1  | 12,2                   | 32,4  | 20,8        |
| <i>Aracatus melanocephalus</i> | 3,1        | 6,6        | 4,9  | 8,7                    | 11,6  | 17,4        |
| <i>Polidrosus inustus</i>      |            | 4,4        | 12,9 | 15,8                   | 8,9   | 4,6         |
| <i>Neodiprion sertifer</i>     | 6,6        | 17,5       | 8,1  |                        |       |             |
| <i>Tortrix viridana</i>        | 4,7        | 13,9       | 5,3  |                        |       |             |
| <i>Harmandia populi</i>        |            |            |      | 11,9                   | 21,4  | 27,8        |
| <i>Neuroterus albipes</i>      | 6,1        | 17,9       |      |                        |       |             |

**Выводы.** Таким образом, таксономический состав насекомых городских ландшафтных композиций, представлен 345 видами, относящимися к 33 родам и 75 семействам.

Наиболее богат и разнообразен по составу отряд Coleoptera (36,05%). Несколько ниже разнообразие отряда Lepidoptera (32,26%). Таксономическое богатство Homoptera и Hymenoptera уступает чешуекрылым по составу отряды (13,95% и 11,34%) Разнообразие других отрядов колеблется на уровне 0,58-3,20%.

Фаунистическое разнообразие насекомых в насаждениях отдельных категорий, отличающихся по ряду показателей, варьирует; для них характерны олигодоминантные комплексы насекомых с высокой степенью доминирования 2-3-х видов. Отмечены три максимума видового богатства – в дендрарии, городских парках и лесополосах.

Ключевыми лимитирующими факторами в насаждениях для снижения фаунистического разнообразия и усиления доминантной роли отдельных видов являются уровень техногенной и рекреационной нагрузки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Нефедьева Е.Э. Состав и структура энтомофауны зеленых насаждений урбанизированных территорий // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. №2 (47). С. 7-18.
2. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р. К вопросу об устойчивости защитных насаждений в засушливых условиях Нижнего Поволжья // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2021. №3(64). С. 67-74. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.64.3.009>
3. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р. Результаты мониторинга насаждений на урбанизированных территориях Волгоградской области // Экология России: на пути к инновациям. межвузовский сборник научных трудов. Астрахань, 2021. С. 60-66.
4. Сазонов В.Е. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2019 году. Волгоград, 2020. 300 с.
5. Дунаев Е.А. Методы эколого-энтомологических исследований. М.: МосгорСИОН, 1997. 44с.
6. Ельникова Ю.С. Особенности размещения насекомых в зеленых насаждениях Волгограда // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2011. №196. С. 139-145.
7. Каманина И.З., Савватеева О.А. Воздействие автотранспорта на окружающую среду г. Дубны // Фундаментальные исследования. 2014. №8-7. С. 1612-1616.

8. Кретинин В. М. Прошлое, настоящее и будущее озеленения города Волгограда // *Агролесомелиорация в 21 веке: состояние, проблемы, перспективы. Фундаментальные и прикладные исследования*. 2015. С. 136-140.
9. Мозолевская Е.Г., Куликова Е.Г. Экологические категории городских насаждений // *Экология, мониторинг и рациональное природопользование: научные труды*. М.: МГУЛ, 2000. Вып. 302 (1). С. 5-12.
10. Маслов А.Д., Мозолевская Е.Г., Лисов Н.А. Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России. М.: ВНИИЛМ, 2001. 86 с.
11. Приказ №470 от 12.09.2016 г. «Об утверждении Правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов (с изм. на 27.02.2020 г.)».
12. Желтобрюхов В.Ф., Неведьева Е.Э., Картушина Ю.Н. Растения в условиях загрязнения органическими соединениями. Проблемы фиторемедиации. Волгоград, 2019. 68 с.
13. Решение Волгоградской Думы от 02.07.2014 «Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений на территории Волгограда (с изм. на 29.07.2020 г.)».
14. Семенютина А.В. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов. Волгоград, 2013. 266 с.
15. Семенютина А.В., Свинцов И. П., Хужахетова А.Ш., Семенютина В.А., Лазарев С.Е. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах. Волгоград, 2021. 228 с.
16. Павловский Е.С. Энциклопедия агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 675 с.
17. Abiev S.A., Aipeisova S.A., Utarbayeva N.A. Health state of the trees in Aktobe urban ecosystem (Kazakhstan) // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7. №4. P. 51-55. [https://doi.org/10.15421/2017\\_86](https://doi.org/10.15421/2017_86)
18. Zúbrik M., A. Kunga, G. Csoka Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe. 2013. 535 p.
19. Castro A.V., Porrini D.P., Lupo S., Cicchino A.C. Minimal stories in Southeast Buenos Aires grasslands: carabid beetle biodiversity throughout an urban-rural gradient // *Urban Ecosystems*. 2020. Vol. 23. №2. P. 331-343. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00925-y>
20. Belitskaya M.N., Gribust I.R., Belyaev A.I., Nefed'eva E.E., Zheltobryukhov V.F. Peculiarities in the organization of the population of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the gradient of urbanization // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. Vol. 224. №1. P. 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
21. Seraya L. G., Larina G.E., Griboedova O.G., Petrov A.V., Zhukov F.F. Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. Vol. 350. №1. P. 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
22. Sklyarenko A.V., Bessonova V.P. Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine) // *Acta Biologica Sibirica*. 2019. Vol. 5. №1. P. 167-174. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5495>

## REFERENCES

1. Belitskaia, M.N., Gribust, I.R., & Nefedieva, E.E. (2018). Content and structure of entomofauna of green planting in urban areas. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, (2), 7-18. (in Russ).
2. Belitskaya, M.N., & Gribust, I.R. (2021). On the Issue of the Stability of Protective Plantings in Arid Conditions of the Lower Volga region. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*, (3(64)), 67-74. (in Russ). <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.64.3.009>
3. Belitskaya, M.N., & Gribust, I.R. (2021). The Results of the Monitoring of Plantations on the Urbanized Areas by Volgograd Region. *Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam. mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. Astrakhanskiy gosudarstvennyy universitet. Astrakhan'*. 60-66. (in Russ).
4. Sazonov, V.E. (2020). O sostoyanii okruzhayushchei sredy Volgogradskoi oblasti v 2019 godu. *Volgograd*. (in Russ).
5. Dunaev, E.A. (1997). *Metody ekologo-entomologicheskikh issledovaniy*. Moscow. (in Russ).
6. El'nikova, Yu.S. (2011). Osobennosti razmeshcheniya nasekomykh v zelenykh nasazhdeniyakh Volgograda. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, (196), 139-145. (in Russ).
7. Kamanina, I.Z., & Savvateeva, O.A. (2014). Vozdeistvie avtotransporta na okruzhayushchuyu sredu g. Dubny. *Fundamental'nye issledovaniya*, (8-7), 1612-1616.
8. Kretinin, V.M. (2015). Proshloe, nastoyashchee i budushchee ozeleneniya goroda Volgograda. In *Agrolesomeliyatsiya v 21 veke: sostoyanie, problemy, perspektivy. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya*, 136-140. (in Russ).
9. Mozolevskaya, E.G., & Kulikova, E.G. (2000). Ekologicheskie kategorii gorodskikh nasazhdenii. In *Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodoopol'zovanie: nauchnye Trudy*, 302(1), 5-12. (in Russ).
10. Maslov, A.D., Mozolevskaya, E.G., & Lisov, H.A. (2001). Nastavlenie po organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskogo monitoringa v lesakh Rossii. Moscow. (in Russ).
11. Prikaz N470 ot 12.09.2016 g. "Ob utverzhdenii Pravil osushchestvleniya meropriyatii po preduprezhdeniyu rasprostraneniya vrednykh organizmov (s izm. na 27.02.2020 g.)". (in Russ).

12. Zheltobryukhov, V.F., Nefed'eva, E.E., & Kartushina, Yu.N. (2019). Rasteniya v usloviyakh zagryazneniya organicheskimi soedineniyami. Problemy fitoremediatsii. Volgograd. (in Russ).
13. Reshenie Volgogradskoi Dumy ot 02.07.2014 "Ob utverzhdenii Pravil sozdaniya, sodержaniya i okhrany zelenykh nasazhdenii na territorii Volgograda (s izm. na 29.07.2020 g.)". (in Russ).
14. Semenyutina, A.V. (2013). Dendroflora lesomeliorativnykh kompleksov. Volgograd. (in Russ).
15. Semenyutina, A.V., Svintsov, I.P., Khuzhakhetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., & Lazarev, S.E. (2021). mobilizatsiya dendrologicheskikh resursov i puti sokhraneniya ikh bioraznoobraziya v malolesnykh regionakh. Volgograd. (in Russ).
16. Pavlovskii, E.S. (2004). Entsiklopediya agrolesomelioratsii. Volgograd. (in Russ).
17. Abiev, S. A., Aipeisova, S. A., & Utarbayeva, N. A. (2017). Health state of the trees in Aktobe urban ecosystem (Kazakhstan). *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 51-55. [https://doi.org/10.15421/2017\\_86](https://doi.org/10.15421/2017_86)
18. Zúbrik, M., Kunca, A., & Csóka, G. (2013). Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe. Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe.
19. Castro, A. V., Porrini, D. P., Lupo, S., & Cicchino, A. C. (2020). Minimal stories in Southeast Buenos Aires grasslands: carabid beetle biodiversity throughout an urban-rural gradient. *Urban Ecosystems*, 23(2), 331-343. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00925-y>
20. Belitskaya, M. N., Gribust, I. R., Belyaev, A. I., Nefed'eva, E. E., & Zheltobryukhov, V. F. (2019). Peculiarities in the organization of the population of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the gradient of urbanization. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 224, No. 1, p. 012022). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
21. Seraya, L.G., Larina, G.E., Griboedova O.G., Petrov A.V., & Zhukov F.F. (2019). Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 350(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
22. Sklyarenko, A.V., & Bessonova, V.P. (2019). Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine). *Acta Biologica Sibirica*, 5(1), 167-174. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5495>

дата поступления: 25.09.2021

дата принятия: 28.01.2021

© Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Алферова Г.А., Бакрадзе Н.Ю., Прилипко Н.И., 2022

*Ragozin O.N., Schalamova E.Yu., Datieva F.S., Pogonysheva I.A.*

## PHOTOPERIODIC CHRONOTYPE STABILITY IN STUDENTS OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA – YUGRA AND VLADIKAVKAZ

*Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Датиева Ф.С., Погоньшева И.А.*

### ФОТОПЕРИОДИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ХРОНОТИПА У СТУДЕНТОВ ХМАО – ЮГРЫ И ВЛАДИКАВКАЗА

**Abstract.** The aim of the work is to establish the peculiarities of the organization of various aspects of life in the dynamics of the *winter/summer* seasons among students studying in the conditions of the photoperiod of the northern region (Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra) and the temperate climatic zone (Vladikavkaz). In the Khanty-Mansi Autonomous Area, among students of both sexes, the proportion of persons with *evening* chronotypes was higher than in Vladikavkaz. Among the northern young men, there were no persons with a *definite morning* chronotype, and among the Vladikavkaz students there was no one with a *definite evening* chronotype; in the southern region, the share of “larks” was higher. In the dynamics of *winter/summer* in all groups, an increase in the proportion of “larks” was found, less pronounced in young men. Among the students of Vladikavkaz in both seasons, young men predominated among *morning* chronotypes, the percentage of persons with an *arrhythmic* chronotype was higher among young women. The values of the *index of photoperiodic stability*, in general, characterize the chronotype of the examined students as rigid. In the organization of life in the social group of students, social generators of rhythm prevail over natural factors.

**Keywords:** photoperiod, chronotype, north.

**About the authors:** Ragozin Oleg Nikolaevich, ORCID: 0000-0002-5318-9623, Doctor of Medicine (MD), Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia, oragozin@mail.ru; Schalamova Elena Yurievna, ORCID: 0000-0001-5201-4496, Dr. habil., Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia, selenzik@mail.ru; Datieva Fatima Sergeevna, ORCID: 0000-0002-1636-9174, Doctor of Medicine (MD), Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Biomedical Research – Branch, Vladikavkaz, Russia, faaroo@mail.ru; Pogonysheva Irina Alexandrovna, ORCID: 0000-0002-5759-0270, Ph.D., Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, severina.i@bk.ru

**Аннотация.** Цель работы – установить особенности организации различных аспектов жизнедеятельности в динамике сезонов года *зима/лето* у студентов, обучающихся в условиях фотопериода северного региона (ХМАО – Югра) и умеренного климатического пояса (г. Владикавказ). В ХМАО у студентов обоего пола доля лиц с *вечерними* хронотипами была больше, чем во Владикавказе. Среди юношей у северян не было лиц с *определенно утренним*, а у владикавказских студентов – с *определенно вечерним* хронотипом; в южном регионе была выше доля «жаворонков». В динамике *зима/лето* во всех группах обнаружили прирост доли «жаворонков», менее выраженный у юношей. Среди студентов г. Владикавказа в оба сезона среди *утренних* хронотипов преобладали юноши, процент лиц с *аритмичным* хронотипом был выше у девушек. Значения *индекса фотопериодической устойчивости* в целом характеризуют хронотип обследованных студентов как ригидный. В организации жизнедеятельности у социальной группы студенчество социальные

**Ключевые слова:** фотопериод, хронотип, север.

**Сведения об авторах:** Рагозин Олег Николаевич, ORCID: 0000-0002-5318-9623, д-р мед. наук, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия, oragozin@mail.ru; Шаламова Елена Юрьевна, ORCID: 0000-0001-5201-4496, д-р. биол. наук, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия, selenzik@mail.ru; Датиева Фатима Сергеевна, ORCID: 0000-0002-1636-9174, д-р мед. наук, Владикавказский научный центр РАН, Институт биомедицинских исследований - филиал, г. Владикавказ, Россия, faaroo@mail.ru; Погоньшева Ирина Александровна, ORCID: 0000-0002-5759-0270, канд. биол. наук, Нижневартковский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, severina.i@bk.ru

Ragozin O.N., Schalamova E.Yu., Datieva F.S., Pogonysheva I.A. Photoperiodic Chronotype Stability in Students of Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra and Vladikavkaz // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 65–72. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/07>

Ragozin, O.N., Schalamova, E.Yu., Datieva, F.S. & Pogonysheva, I.A. (2022). Photoperiodic Chronotype Stability in Students of Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra and Vladikavkaz. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 65–72. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/07>

**Introduction.** Illumination is one of the most natural and definite geophysical characteristics of the territory [1]. The circadian rhythm of illumination varies greatly with the season of the year, except for the tropics. At high latitudes, the ratio of light and dark time of day undergoes significant changes throughout the year: in winter, dark prevails, in summer - light, which does not meet the physiological needs of humans [1]. According to I.I. Zamorsky et al., the need to adapt to the pronounced daily and annual dynamics of illumination led to the emergence of a functional system that synchronizes chronorhythms. Circadian rhythms are organized by the circadian system and circannual rhythms by the circannual system. Since these systems include the same structures, it was proposed to combine them into a chronoperiodic system [2]. The rhythm of physiological functions is one of the qualities of living matter [3-5]. The state of the chronobiological structure of the body depends on the light regime. Thus, under the conditions of a changed seasonal photoperiod, an inconsistency in the spatiotemporal perception of the chronotype was revealed in patients with psoriasis living in the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra [6]. Chronobiological features of the structure of exacerbations of depressive states in the northern region have been established, the influence of desynchronization of biological rhythms on the pathogenetic mechanism of development and dynamics of exacerbations has been revealed [7]. The ecophysiological role of the photoperiod in female reproductive function was investigated by changing the synthesis of melatonin, which controls its activity, according to the dynamics of conception [8].

The preservation of the chronostructure of functions is a universal criterion for the functional state of an organism. The chronotype refers to the individual characteristics of the organization of circadian rhythms. In 1976, based on the modification of the questionnaire by O. Öquist, J. Horne and O. Ostberg developed a test that is widely used at present to determine the chronotype (Horne and Ostberg Morningness-Eveningness Questionnaire, MEQ) [9]. The biorhythmological stereotype affects the body's ability to adapt [10], depends on endogenous and exogenous parameters [11].

Proceeding from the fact that the illumination mode acts as a natural generator of biorhythms, the aim of the study was to establish the peculiarities of the organization of various aspects of life in the dynamics of the *winter/summer* seasons among students studying in the conditions of the photoperiod of the northern region (Khanty-Mansi Autonomous Area-Yugra) and the temperate climatic zone (Vladikavkaz).

**Objects and research methods.** Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra is located in the center of the West Siberian Plain, between 58° and 62° north latitude, according to natural and climatic factors it is equated to the regions of the Far North. The climate varies from temperate to sharply continental [12; 13]. On the territory of the Khanty-Mansi Autonomous Area, significant changes in illumination are traced: the shortest daylight hours are recorded in the second half of December (05 hours 32 minutes), the largest – in the second half of June (more than 19 hours). Vladikavkaz city is located at 43°01'00"N, 44°41'00"E, the climate is moderately continental. The

length of the day on the winter solstice (December, 22) is 08 hours 59 minutes, in the second half of June – 15 hours 22 minutes. Thus, the seasonal range of daylight hours in the Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra is much greater than in Vladikavkaz.

The study involved 153 students studying in the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (young women n=100, young men n=53), and 121 students from Vladikavkaz (young women n=83, young men n=38). The dynamics of the chronotype was investigated using the mobile application “Index of photoperiodic stability” [14] in 2020-2021. The mobile application includes the Horne and Ostberg questionnaire, to which the respondents answer the questions in two versions: taking into account the preference of the time intervals for various activities in the winter and summer seasons of the year. The results of the Horne and Ostberg questionnaire are interpreted as follows: the scores 16-30 – *definitely evening type* (DET), 31-41 – *moderate evening type* (MET), 42-58 – *arrhythmic (intermediate) chronotype* (AT), 59-69 – *moderate morning chronotype* (MMT), 70-86 – *definitely morning chronotype* (DMT).

**Statistical data processing.** The mobile application “Index of photoperiodic stability” [14] contains a computer program “Calculator of photoperiodic stability of the chronotype” [15], which makes individual calculations for subjective assessment of the chronotype with the most contrasting parameters of the photoperiod (winter and summer).

The program “Calculator of photoperiodic stability of the chronotype” calculates the Photoperiodic Stability of the Chronotype (PSC) by the formula:

$$PSC = \frac{(\sum |Si - Wi|) - (\sum Wi - \sum Si)}{2}, \text{ where:}$$

$\sum Wi$  – total points when answering 19 questions of the Horne and Ostberg questionnaire for morning-evening preferences in *winter*;  $\sum Si$  – total points when answering 19 questions of the Horne and Ostberg questionnaire for morning-evening preferences in *summer*;  $d_i$  – difference in points in *summer and winter* for  $i$  questions;  $\sum |d_i|$  – sum of the absolute differences in points in *summer and winter* for all questions.

Normal values of photoperiodic stability of the chronotype are in the range of 4 conditional unit (cu) (5% probability) up to 16 cu (95% probability). When  $PSC < 4$  cu the chronotype is *rigid*, without obvious adaptive behavioral responses to exogenous factors.  $PSC > 16$  cu characterizes the chronotype as *labile*, significantly dependent on external influences. The study is single-step cross-sectional study. The sampling method is non-randomized. Descriptive statistics are represented by mean value (M) and mean error (m). Excel 2013 was used for statistical data processing. Data is presented in percent (%).

**Research results and discussion.** The data on the representation of various chronotypes in populations differ significantly. So, in the studies of N.A. Aghajanyan et al. (2013) established the following approximate frequency of distribution of chronotypes: 15% – morning type, 20% – evening type and 65% – arrhythmic type [3].

According to other sources, the number of “larks” ranges from 15 to 25% [16]. In a study with the participation of lyceum students from Votkinsk city (the Udmurt Republic), more than half were “doves”, the share of “larks” was quite significant — about a third of those surveyed; the smallest was the representation of “owls” [17].

On the territory of the Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra, a different representation of chronotypes is revealed: the percentage of “larks” is significantly reduced – to 2-4%, with an increase in the contribution of persons with the *evening* chronotype to 38-40%; representatives of the *arrhythmic* (intermediate) chronotype prevail (56-58% and more) [10; 18; 19].

In our study, the analysis of the data obtained showed that there are differences in the representation of different chronotypes depending on the geographic location of the place of residence (tabl. 1). As it turned out, among the students of both genders in the Khanty-Mansi Autonomous Area -Yugra, which is characterized by a significant off-season range of the ratio of daylight to dark, there was a greater proportion of persons with *evening* chronotypes (%). So, in total (DET + MET) in the *winter/summer* season among the northern young men, there were 33.9%/17.0% of “owls” against, respectively, 21.0%/13.1% among students of Vladikavkaz, in the absence of persons with DET among the latter. In the women's groups, the representation of *evening* chronotypes in *winter/summer* was, respectively, 35.0%/32.0% among the northern young women and 19.2%/16.8% among female students of Vladikavkaz.

Table 1

**Distribution of chronotypes (%) among young men and young women of the Khanty-Mansi Autonomous Area-Yugra and Vladikavkaz**

| Chronotypes                          |                               | Young men, n/%                              |         |                    |         | Young women, n/%                             |         |                    |         |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|---------|--------------------|---------|----------------------------------------------|---------|--------------------|---------|
|                                      |                               | Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (n=53) |         | Vladikavkaz (n=38) |         | Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (n=100) |         | Vladikavkaz (n=83) |         |
|                                      |                               | winter                                      | summer  | winter             | summer  | winter                                       | summer  | winter             | summer  |
| Evening                              | Total                         | 18/33,9                                     | 9/17,0  | 8/21,0             | 5/13,1  | 35/35,0                                      | 32/32,0 | 16/19,2            | 14/16,8 |
|                                      | Definitely evening type       | 4/7,5                                       | 2/3,8   | 0/0                | 0/0     | 4/4,0                                        | 6/6,0   | 2/2,3              | 2/2,4   |
|                                      | Moderate evening type         | 14/26,4                                     | 7/13,2  | 8/21,0             | 5/13,1  | 31/31,0                                      | 26/26,0 | 14/16,9            | 12/14,4 |
| Arrhythmic (intermediate) chronotype |                               | 32/60,4                                     | 39/73,6 | 22/57,9            | 24/63,1 | 59/59,0                                      | 54/54,0 | 62/74,7            | 60/72,3 |
| Morning                              | Total                         | 3/5,7                                       | 5/9,4   | 8/21,0             | 9/23,7  | 6/6,0                                        | 14/14,0 | 5/6,0              | 9/10,8  |
|                                      | Moderate morning chronotype   | 3/5,7                                       | 5/9,4   | 7/18,4             | 6/15,8  | 5/5,0                                        | 12/12,0 | 5/6,0              | 7/8,4   |
|                                      | Definitely morning chronotype | 0/0                                         | 0/0     | 1/2,6              | 3/7,9   | 1/1,0                                        | 2/2,0   | 0/0                | 2/2,4   |

The total ratio of the representation of young people with the morning chronotype (MMT + DMT) was different. Among the young men of the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra, the percentage of larks was 5.7%/9.4%, respectively, in *winter/summer*, in the absence of persons with a *definitely morning* chronotype. Among Vladikavkaz male students, the proportion of *morning* types was significantly higher: 21.0%/23.7%. In the groups of young women, the differences were less pronounced: 6.0%/14.0% among the northern young women and 6.0%/10.8% among female students from Vladikavkaz.

In the study of I.N. Konareva (2016), with the participation of school-age children from Simferopol, the dynamics of the representation of persons with different chronotypes in the schooling process was discovered: the percentage of “larks” and “doves” decreased with age, “owls” were found starting from the age of 13. The author suggests that the reason is a rigid daily routine that does not allow younger students to focus on their internal biological needs. The biorhythmological characteristics of “doves” are more consistent with the organization of the educational process [20]. At the same time, the level of cortisol after waking up in the morning type is significantly higher than that of the evening type [21]. In a study with the participation of residents of Omsk city at the age of 18-35 years, representatives of the morning chronotype were mainly female, and the evening chronotype were male [22].

In our study, the share of students with an *arrhythmic* chronotype among northern young men in *winter/summer* was 60.4%/73.6% and 57.9%/63.1% among Vladikavkaz students, among young women, respectively, 59.0%/54.0% and 74.7%/72.3%.

Thus, the representation of chronotypes among students differed depending on the geographical characteristics of the place of residence. Representatives of the *arrhythmic* chronotype are leading in number, with a pronounced positive *winter/summer* dynamics in young men of the Khanty-Mansi Autonomous Area and a slight decrease in the proportion of young women in both groups. In the male groups of the northerners in both seasons of the year there were no persons with a *definitely morning* chronotype, among the Vladikavkaz youths there were no persons with a *definitely evening* chronotype. Differences related to gender were also found. Thus, among the students of Vladikavkaz in both seasons, young men prevailed among the “larks”, and among the representatives of the *arrhythmic* chronotype, the percentage of young women was higher. In general, there was a tendency towards an increase in the manifestations of the *morning* chronotype in the summer season of the year for students of both territories, with its less pronounced in young men.

The *photoperiodic stability of the chronotype* (PSC) was calculated (tabl. 2). In the general groups (included all the presented chronotypes) in young men, this indicator was  $2.89 \pm 0.72$  cu northerners and  $2.58 \pm 0.64$  cu among the students of Vladikavkaz, that is, it differed slightly geographically and corresponded to a *rigid* type, independent of external factors. In the young women of the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra, the average PSC value was within the normal range –  $4.19 \pm 1.02$  cu, among the female students of Vladikavkaz corresponded to the *rigid* type –  $3.67 \pm 0.91$  cu.

Analysis of PSC values by chronotypes did not reveal general patterns in terms of territorial and gender characteristics (tabl. 2). So, the lower limits of normal values, which correspond to natural physiological reactions to changes in the ratio of dark and light time of day, in the male groups of northerners corresponded to the average PSC values in larks, and in Vladikavkaz students the indicators of persons with an *arrhythmic* chronotype were closest to them. In both female groups, the doves showed normal reactivity.

Table 2

**Photoperiodic stability of the chronotype (PSC) (cu) in young men and women  
Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra and Vladikavkaz, winter / summer seasons**

| Groups           | Photoperiodic stability of the chronotype (PSC), cu |                    |                                              |                    |
|------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------|
|                  | Youngmen                                            |                    | Youngwomen                                   |                    |
|                  | Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (n=53)         | Vladikavkaz (n=38) | Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (n=100) | Vladikavkaz (n=83) |
|                  | M $\pm$ m                                           | M $\pm$ m          | M $\pm$ m                                    | M $\pm$ m          |
| General (all CT) | $2,89 \pm 0,72$                                     | $2,58 \pm 0,64$    | $4,19 \pm 1,02$                              | $3,67 \pm 0,91$    |
| Evening CT       | $3,1 \pm 0,5$                                       | $2,5 \pm 1,2$      | $3,9 \pm 0,5$                                | $2,6 \pm 0,5$      |
| ArrhythmicCT     | $2,7 \pm 0,4$                                       | $3,3 \pm 0,7$      | $4,5 \pm 0,4$                                | $4,0 \pm 0,4$      |
| Morning CT       | $4,0 \pm 2,1$                                       | $0,6 \pm 0,4$      | $2,3 \pm 1,2$                                | $3,2 \pm 0,8$      |

Note: CT – chronotype

D.G. Gubin and S.N. Kolomeichuk (2019) suggested that the lengthening of the dark period of the day is more unfavorable for the representatives of the evening chronotype, due to the even greater inhibition of the biological clock, and the opposite thesis is correct for the morning chronotypes, since the addition of the light phase accelerates the biological time [23].

The authors point to a deficiency or excess of a synchronizing factor, such as light, temperature and food intake, as one of the reasons for the decline in vitality. At the same time, there is no clarity about the optimal duration of the light phase and the frequency of food intake at the moment.

**Conclusion.** Thus, territorial and sex differences were found in the representation of chronotypes: in the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra, characterized by a changed photoperiod, the proportion of

persons with evening chronotypes was greater than in Vladikavkaz, among students of both sexes. For the male groups, the prevalence of morning chronotypes was also noted in the southern region. At the same time, among the northern young men, it was not revealed persons with a *definitely morning* chronotype, and among the Vladikavkaz students, it was not revealed persons with a *definitely evening* chronotype. In the seasonal *winter/summer* dynamics, an increase in the proportion of larks was found in all groups, less pronounced in young men. Among the students of Vladikavkaz in both seasons, young men predominated among the *morning* chronotypes, and the percentage of persons with an *arrhythmic* chronotype was higher among young women.

The values of *the index of photoperiodic stability* in general characterize the chronotype of the examined students as rigid, regardless of their territorial affiliation. At the same time, the average PSC values of larks in northerners corresponded to the lower limits of the values corresponding to natural physiological reactions to changes in the ratio of dark and light time of day, while in Vladikavkaz residents and in both groups of young women, indicators of “doves” approached them. The data obtained demonstrate the prevalence of social circumstances over natural time generators in the organization of life among students as a social group.

The question of the discomfort of the changed photoperiod, depending on the latitude of the place of stay, remains relevant, including in connection with the development of programs to preserve the health of student youth and the prevention of seasonal exacerbations of various diseases. The more significant the seasonal differences (winter – summer) in the intensity of such a generator of biorhythms as light, the less likely it is that throughout the entire calendar year the body will be able to organize its life activity according to its biological needs. In this case, in order to develop the optimal daily routine, a strictly regulated social rhythm should be a determining factor, taking into account biorhythmological preferences, but having the ability to compensate for the lack of a factor – a generator of time. This question is especially acute for higher education in high latitudes when organizing distance learning. Difficulties and mistakes in the selection of the *wakefulness-sleep* mode during the period when the student independently organizes his daily routine, often leads to the formation of desynchronization of the physiological functions of the body. It was previously found that during distance learning, young women retained the classic type of dynamics of working capacity with a maximum in the daytime, while young men showed several peaks of activity, while the vital activity of junior students was less synchronized with the day-night cycle [24].

It is necessary to develop and implement methods aimed at organizing independent educational and other student activities, as well as leveling off-season differences in the magnitude of factors – generators of time. The most effective in this regard is the normalization of the light regime, with the help of additional lighting, spectral characteristics close to sunlight (winter season), and the reduction of “light pollution” through the use of thick curtains, blinds (summer).

*The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Government of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra No. 22-15-20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023/>*

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

## References

1. Zamorskii, I.I. (2018). The photoperiod as main time integrator of physiological systems. *Modern Issues of Biomedicine*, 2(3(4)), 79–93. (in Russ).

2. Zamorskii, I. I., & Pishak, V. P. (2003). The Functional Organization of a Photoperiodic Brain System. *Progress in Physiological Science*, 34(4), 37-53. (in Russ).
3. Agadzhanian, N.A., & Radysh, I.V. (2013). Bioritmy, sreda obitaniya, zdorov'e. Moscow. (in Russ).
4. Radysh, I.V., Ragozin, O.N., & Shalamova, E.Yu. (2016). Bioritmy, kachestvo zhizni i zdorov'e: monografiya. Moscow. (in Russ).
5. Seliverstova, G. P., & Kunitskaya, S. V. (2011). Individual Performance Chronotypes and Circadian Rhythms of Functional Activity of Blood Circulatory System of Students in Gender Aspect. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 74(4), 162-166. (in Russ).
6. Ragozin, R. O., & Rusak, Yu. E. (2015). Existential Organization Perception in Patients with Psoriasis in a Changing Photoperiod Northern Regions. *Meditinskaya nauka i obrazovanie Urala*, 16(4), 28-31. (in Russ).
7. Kot, T. L. (2017). Chronobiological characterization of the structure of exacerbations and treatment of depression in the northern region. *Quarterly medical journal*, 8(2), 216-220. (in Russ).
8. Mal'tseva, A., & Fedorova, O. . (2020). Ecophysiological role of photoperiod in activity of female reproductive system during ontogenesis: *Bulletin of Medical Science*, 19(3), 16-20. (in Russ).
9. Oestberg, O. (1976). A self assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Intern J Chronobiol*, 4, 97-110. (in Russ).
10. Molchanova, T. N. (2008). Kharakteristika zhitelei severnogo regiona po chastote vstrechaemosti chastnykh konstitutsional'nykh tipov. In *Materialy Mezhhregional'noi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov "Aktual'nye problemy teoreticheskoi, eksperimental'noi i klinicheskoi meditsiny"* (p. 74). (in Russ).
11. Schlarb, A. A., Sopp, R., Ambiel, D., & Grünwald, J. (2014). Chronotype-related differences in childhood and adolescent aggression and antisocial behavior—A review of the literature. *Chronobiology international*, 31(1), 1-16. <https://doi.org/10.3109/07420528.2013.829846>
12. Ilysheva, N. N., & Baldesku, E. V. (2012). Sravnitel'nyi analiz ekologicheskikh problem Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga-Yugry i Finlyandii. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, (29), 54-59. (in Russ).
13. Kuznetsova, V. P. (2017). Fenologicheskie protsessy v usloviyakh izmeneniya klimata severnykh regionov. *Geosfernye issledovaniya*, (3), 7-15. <https://doi.org/10.17223/25421379/4/2>
14. Tatarintsev, P.B. (2021). Indeks fotoperiodicheskoi ustoichivosti (PSI): mobil'noe prilozhenie. Khanty-Mansiisk. (in Russ).
15. Ragozin, O.N., Shalamova, E.Yu., & Tatarintsev, P.B. (2019). Kal'kulyator fotoperiodicheskoi ustoichivosti khronotipa. Programma dlya EVM. № gos. registratsii 2019661664, data gos. registratsii 05.09.2019 g. (in Russ).
16. Balbatun, O.A. (2011). Metody diagnostiki i znachenie khronotipov cheloveka. *Meditzinskie znaniya*, (1), 24-26. (in Russ).
17. Botnikova, E.A., Ermakova, M.K., Pavlova, G.V., & Sokolova, G.V. (2016). Description of health and performance of lycée students with different chronotypes. *Zdorov'e, demografiya, ekologiya finno-ugorskikh narodov*, (3), 30-32. (in Russ).
18. Kot, T., Kosarev, A., Bochkarev, M., & Ragozin, O. (2013). Features of autonomic regulation of heart rate depending on biorhythmological stereotype patients with depressive disorders. *Modern problems of science and education*, (4), 115-115. (in Russ).
19. Shalamova, E. Yu., Safonova, V. R., Bochkarev, M. V., & Kuz'menko, I. O. (2012). Vliyanie prodolzhitel'nosti svetovogo dnya na rabotosposobnost' studentok—predstavitel'nits raznykh khronotipov. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Meditsina*, (7), 225-226. (in Russ).
20. Konareva, I. N. (2016). Khronotip i shkol'naya uspevaemost' detei. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni VI Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, 2(3), 3-10.
21. Kudielka, B. M., Federenko, I. S., Hellhammer, D. H., & Wüst, S. (2006). Morningness and eveningness: the free cortisol rise after awakening in “early birds” and “night owls”. *Biological psychology*, 72(2), 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.08.003>
22. Salova, Yu.P. (2018). Biological age of people with various chronotypes. *Kurortnaya meditsina*, (3), 73-75. (in Russ).
23. Gubin, D.G., & Kolomeichuk, S.N. (2019). Circadian clock precision, chronotype, health and longevity. *Journal of Chronomedicine*, 21(2), 14-27. (in Russ). <https://doi.org/10.36361/2307-4698-2019-21-2-14-27>
24. Ragozin, O.N., Shalamova, Ye.Yu., Ilyushchenko, N.A., Ragozina, O.V., Shevnin, I.A., & Surinov, D.V. (2020). Sex and age characteristics of daily activity of distance learning students in northern climate. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (2), 130-135. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/17>

### Литература

1. Заморский И.И. Фотопериод как основной временной интегратор физиологических систем // Современные вопросы биомедицины. 2018. Т. 2. №3 (4). С. 79-93.

2. Заморский И.И., Пишак В.П. Функциональная организация фотопериодической системы головного мозга // Успехи физиологических наук. 2003. Т. 34. №4. С. 37-53.
3. Агаджанян Н.А., Радыш И.В. Биоритмы, среда обитания, здоровье. М.: Российский университет дружбы народов. 2013. 362 с.
4. Радыш И.В., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Биоритмы, качество жизни и здоровье: монография. М.: изд-во РУДН. 2016. 460 с.
5. Селиверстова Г.П., Куницкая С.В. Индивидуальные хронотипы работоспособности и циркадианные ритмы функциональной активности системы кровообращения учащихся в аспекте гендера // Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. 2011. №4. С. 162-166.
6. Рагозин Р.О., Русак Ю.Э. Пространственно-временная организация восприятия у больных псориазом в условиях измененного фотопериода северного региона // Медицинская наука и образование Урала. 2015. Т. 16. №4. С. 28-31.
7. Кот Т.Л. Хронобиологическая характеристика структуры обострений и терапии депрессий в условиях северного региона // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2017. Т. 8. №2. С. 216-220.
8. Мальцева А.Е., Федорова О.И. Экофизиологическая роль фотопериода в активности женской репродуктивной системы в ходе онтогенеза // Бюллетень медицинской науки. 2020. № 3(19). С. 16–20.
9. Oestberg O. A self assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms // Intern J Chronobiol. 1976. Vol. 4. P. 97-110.
10. Молчанова Т. Н. Характеристика жителей северного региона по частоте встречаемости частных конституциональных типов // Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной и клинической медицины: Материалы Межрегиональной научной конференции молодых ученых и студентов. 2008. С. 74.
11. Schlarb A.A., Sopp R., Ambiel D., Grünwald J. Chronotype-related differences in childhood and adolescent aggression and antisocial behavior—A review of the literature // Chronobiology international. 2014. Vol. 31. №1. P. 1-16. <https://doi.org/10.3109/07420528.2013.829846>
12. Илышева Н.Н., Балдеску Е.В. Сравнительный анализ экологических проблем Ханты-Мансийского автономного округа-Югры и Финляндии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. №29. С. 54-59.
13. Кузнецова В.П. Фенологические процессы в условиях изменения климата северных регионов // Геосферные исследования. 2017. №3. С. 7-15. <https://doi.org/10.17223/25421379/4/2>
14. Татаринцев П.Б. Индекс фотопериодической устойчивости (PSI): мобильное приложение. Ханты-Мансийск, 2021.
15. Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Татаринцев П.Б. Калькулятор фотопериодической устойчивости хронотипа / Программа для ЭВМ. № гос. регистрации 2019661664, дата гос. регистрации 05.09.2019 г.
16. Балбатун О.А. Методы диагностики и значение хронотипов человека // Медицинские знания. 2011. №1. С. 24-26.
17. Ботникова Е.А., Ермакова М.К., Павлова Г.В., Соколова Г.В. Характеристика здоровья и успеваемости лицеистов различных хронотипов // Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2016. №3. С. 30–32.
18. Кот Т.Л., Косарев А. Н., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Особенности вегетативной регуляции ритма сердца в зависимости от биоритмологического стереотипа у пациентов с депрессивными расстройствами // Современные проблемы науки и образования. 2013. №4. С. 115.
19. Шаламова Е.Ю., Сафонова В.Р., Бочкарев М.В., Кузьменко И.О. Влияние продолжительности светового дня на работоспособность студенток—представительниц разных хронотипов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2012. №7. С. 225-226.
20. Конарева И. Н. Хронотип и школьная успеваемость детей // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2016. Т. 2. №3. С. 3-10.
21. Kudielka, B.M., Federenko, I.S., Hellhammer, D.H., & Wüst, S. Morningness and eveningness: the free cortisol rise after awakening in “early birds” and “night owls” // Biological psychology. 2006. Vol. 72. №2. P. 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.08.003>
22. Салова Ю.П. Биологический возраст и хронотип человека // Курортная медицина. 2018. №3. С. 73-75.
23. Губин Д.Г., Коломейчук С.Н. Точность биологических часов, хронотип, здоровье и долголетие // Тюменский медицинский журнал. 2019. Т. 21. №2. С. 14-27. <https://doi.org/10.36361/2307-4698-2019-21-2-14-27>
24. Ragozin O.N., Shalamova Ye.Yu., Ilyushchenko N.A., Ragozina O.V., Shevnin I.A., Surinov D.V. Sex and age characteristics of daily activity of distance learning students in northern climate // Вестник Нижневартского государственного университета. 2020. №2. С. 130–135. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/17>

дата поступления: 25.10.2021

дата принятия: 03.11.2022

© Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Датиева Ф.С., Погонишева И.А., 2022

УДК 613.32: 556.3: 614.777

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>*Новиков Д.С., Фролова Ю.Д.*

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННОГО С УПОТРЕБЛЕНИЕМ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ АПШЕРОНСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИЭЛЬТОНЬЯ

*Novikov D.S., Frolova J.D.*

### ESTIMATION OF HEALTH RISK ASSOCIATED WITH CONSUMPTION OF GROUNDWATER OF APSCHERONIA PROPINQUA AT A PRIELTON REGION

**Аннотация.** В современных условиях мероприятия по оценке риска здоровью стали ведущим направлением анализа потенциальной угрозы здоровью населения, проживающего на территории определенной гидрогеохимической провинции. На основе анализа отчетной документации государственных докладов в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также экологии и природных ресурсов Волгоградской области был отобран приоритетный перечень загрязнителей, обусловленный химической природой водоносных горизонтов Волгоградского Заволжья. Оценка риска здоровью осуществлялась на основе 19 проб, взятых из нецентрализованных источников водоснабжения Эльтонского сельского поселения с помощью методики, представленной в Р 2.1.10.1920-04. В настоящем исследовании впервые для подземных вод Волгоградской области был применен риск-ориентированный подход для оценки влияния растворенных токсикантов на состояние здоровья населения. Наибольший вклад в формирование неканцерогенного риска здоровью взрослых и детей имеет пероральная экспозиция натрия и нитратов. Сердечно-сосудистая система является основной критической системой, подверженной совместному влиянию указанных токсикантов. Суммарный риск неканцерогенной опасности (НИ) составил  $NI=0,5262$  для взрослых и  $1,2366$  для детей (с учетом стандартных факторов экспозиции). Превышение предельно допустимых концентраций наиболее значимых в формировании неблагоприятной санитарно-экологической ситуации обусловлено прежде всего геохимической природой натриево-хлоридно-сульфатных подземных вод юго-востока Волгоградской области, а также нерациональным ведением сельского хозяйства и отсутствием зон санитарной защиты источников водопользования. Выявленные риски целесообразно учитывать при разведке новых ресурсов подземных вод и организации систем водоснабжения на территории Эльтонского сельского поселения. Полученные данные планируется использовать в разработке рекомендаций к процедуре организации водоподготовки в отдаленных аридных районах Волгоградской области в контексте определения приоритетных очистных сооружений для источников нецентрализованного водоснабжения. Перспективы дальнейших исследований связаны с определением канцерогенных рисков, формируемых природными тяжелыми металлами и агрохозяйственными

**Abstract.** In modern conditions, health risk assessment activities have become the leading direction in the analysis of potential threats to the health of the population living on the territory of a certain hydrogeochemical province. Based on the analysis of the reporting documentation of state reports in the field of consumer protection and human well-being, as well as ecology and natural resources of the Volgograd region, a priority list of pollutants was selected, due to the chemical nature of the aquifers of the Volgograd Trans-Volga region. The health risk assessment was carried out on the basis of 19 samples taken from non-centralized water supply sources in the Elton rural settlement using the methodology presented in Р 2.1.10.1920-04. In this study, for the first time for groundwater in the Volgograd region, a risk-based approach was applied to assess the effect of dissolved toxicants on the health status of the population. The greatest contribution to the formation of a non-carcinogenic risk to the health of adults and children is made by oral exposure to sodium and nitrates. The cardiovascular system is the main critical system that is jointly affected by these toxicants. The total risk of non-carcinogenic hazard (HI) was  $HI = 0.5262$  for adults and  $1.2366$  for children (taking into account standard exposure factors). The excess of the maximum permissible concentrations of the most significant in the formation of an unfavorable sanitary and ecological situation is primarily due to the geochemical nature of sodium-chloride-sulfate underground waters in the southeast of the Volgograd region, as well as irrational agriculture and the lack of zones of sanitary protection of water sources. The identified risks should be taken into account when exploring new groundwater resources and organizing water supply systems on the territory of the Elton rural settlement. The data obtained are planned to be used in the development of recommendations for the procedure for organizing water treatment in remote arid regions of the Volgograd region in the context of determining priority treatment facilities for sources of non-centralized water supply. Prospects for further research are related to the determination of carcinogenic risks formed by natural heavy

токсинами, связанными с нерациональным ведением сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** неканцерогенный риск, пероральная экспозиция, подземные воды, гидрогеохимия, токсиканты, нецентрализованное водоснабжение.

**Сведения об авторах:** Новиков Денис Сергеевич, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Волгоград, Россия, [dennov89@mail.ru](mailto:dennov89@mail.ru); Фролова Юлия Денисовна, ORCID: 0000-0001-9382-9755, Волгоградская областная клиническая больница №1, г. Волгоград, Россия, [udfrol@mail.ru](mailto:udfrol@mail.ru)

metals and agricultural toxins associated with irrational agriculture.

**Keywords:** non-carcinogenic risk, oral exposure, groundwater, hydrogeochemistry, toxicants, non-centralized water supply.

**About the authors:** Novikov Denis Sergeevich, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, [dennov89@mail.ru](mailto:dennov89@mail.ru). Frolova Julia Denisovna, ORCID: 0000-0001-9382-9755, Volgograd Regional Clinical Hospital No. 1, Volgograd, Russia, [udfrol@mail.ru](mailto:udfrol@mail.ru)

Новиков Д.С., Фролова Ю.Д. Оценка риска здоровью, ассоциированного с употреблением воды подземных источников Апшеронского комплекса Приэльтона // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 73–81. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>

Novikov, D.S. & Frolova, J.D. (2022). Estimation of Health Risk Associated with Consumption of Groundwater of Apscheronia Propinqua at a Prielton Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 73–81. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>

**Введение.** Рельеф Волгоградской области носит уникальный характер - территория, занимаемая регионом, располагается в зоне сочленения двух крупных тектонических структур: Воронежской антеклизы и Прикаспийской синеклизы, разделенных глубинным Волгоградским разломом. Геоморфологические особенности региона оказывают влияние на химическую природу подземных вод, играющих значительную роль в социальном и экономическом развитии восточной (заволжской) части Волгоградской области. Типичный для волгоградского Заволжья субаридный климат, сменяющийся на восточных границах региона аридным, а также отсутствие достаточного количества поверхностных источников водоснабжения вынуждают значительную часть сельского населения (74,4%) использовать нецентрализованные подземные источники водоснабжения, 27,5% из которых не соответствуют гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям [9]. Северо-каспийский артезианский бассейн, занимающий восточную часть Волгоградской области в пределах Прикаспийской синеклизы является закрытой бессточной геологической структурой, в которой формируются преимущественно соленые воды и рассолы. Высокая минерализация подземных вод может служить источником рисков здоровью населения, постоянно проживающего на территории Палласовского административного района. Значительная часть района перекрыта четвертичными плиоценовыми морскими отложениями (N<sub>2</sub>-Q), лишь в районе озера Эльтон на поверхность выходят более древние юрские, меловые и палеоценовые породы (рис. 1). Расположенное на востоке от озера одноименное сельское поселение является одной из двух (наряду с г. Палласовкой) наиболее крупных в районе агломераций (2723 чел.).

Подземные воды, залегающие здесь, относятся к *хазарско-хвалынскому аллювиально-морскому* водоносному горизонту. Почти повсеместно везде на территории Палласовского района основными проблемами эксплуатации этого горизонта являются: неглубокое залегание верхних водоносных слоев (3-7 м), а также слабая дренированность водовмещающих пород (песков, супесей, суглинков, глин). В районе Эльтонского сельского поселения складывается иная ситуация – реки, впадающие в озеро Эльтон, хорошо дренируют хазарский горизонт, формируя депрессионную воронку. В результате чего уровень подземных вод опускается более чем на 20 м. Верхний

хазарский комплекс высокоминерализован (5,8-5,9 г/л) и его воды непригодны для использования в хозяйственно-питьевых целях [5].



Рис. 1. Геологическая карта заволжской части Волгоградской области в районе Эльтонского сельского поселения [5]

По результатам геологоразведочных работ в залегающем ниже *апшеронском* комплексе был выявлен участок, значительно отличающийся по гидрогеохимическим показателям от доминирующего в регионе *хазарского* комплекса, что позволило оценить перспективы его использования в хозяйственно-питьевых целях. *Цель работы:* на основе процедуры анализа риска здоровью произвести санитарно-экологическую оценку качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в районе Эльтонского сельского поселения.

**Материалы и методы.** Объектом настоящего исследования являются подземные воды хозяйственно-питьевого назначения, используемые населением Эльтонского сельского поселения Палласовского административного района Волгоградской области. Информация о геологическом строении исследуемой территории и основана на ГИС-пакетах оперативной геологической информации Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ГИС-атлас «Недра России», дата актуализации базы данных – 01.09.2020). Выбор наблюдательных скважин апшеронского комплекса производился на основе отчета о результатах работ по поиску и оценке подземных вод на участке «Приозерный», представленного на сайте Российского федерального геологического фонда [7] (рис. 2).

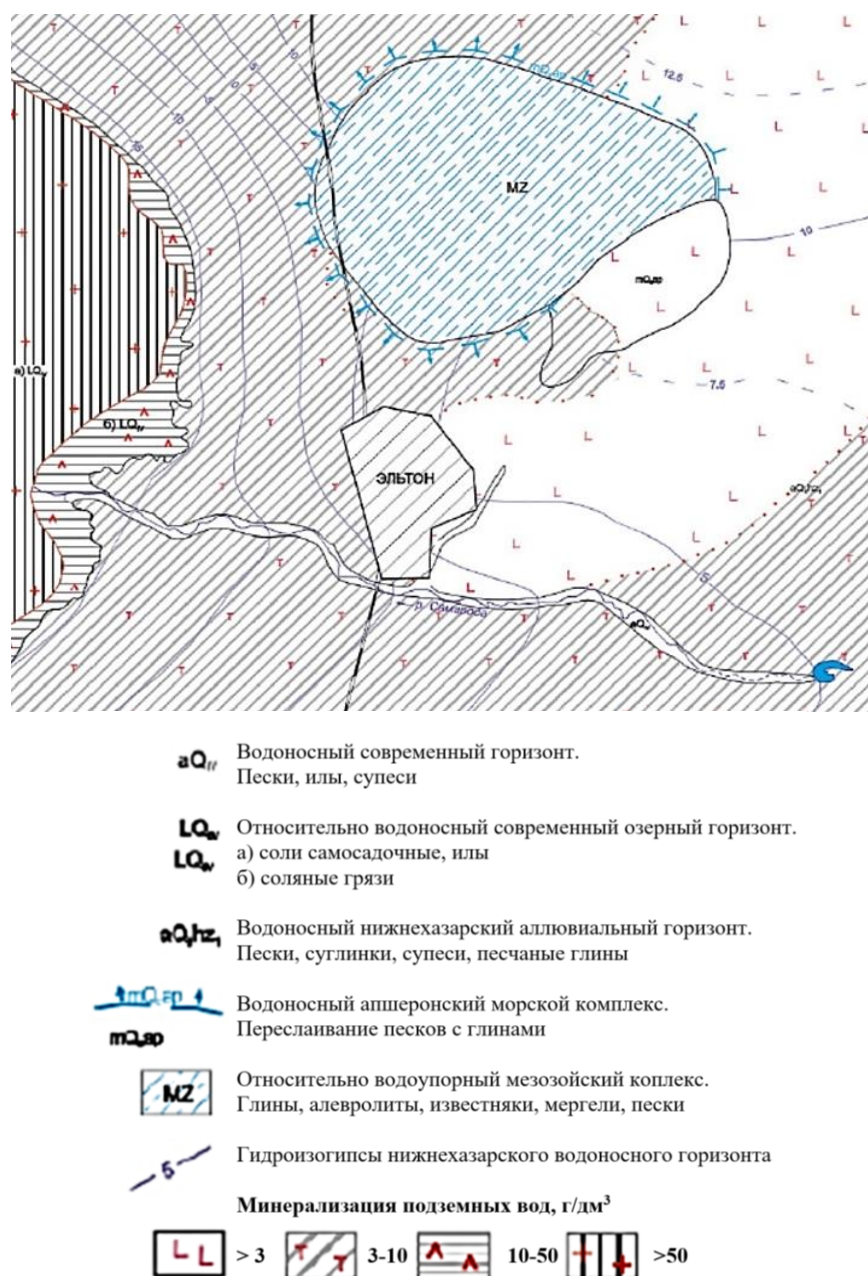


Рис. 2. Карта минерализации подземных вод в районе Эльтонского сельского поселения [7]

Для анализа были отобраны пробы воды из 19 наблюдательных скважин наименее минерализованного (L) *апшеронского* комплекса, залегающего на глубине 20 метров. Пробы отбирались в стабильный в гидрогеохимическом плане период времени во избежание влияния талых вод на водоносные линзы. Химический состав воды был проанализирован на базе аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Волгоградской области» (номер аккредитации № RA.RU.21BO03). Гидрогеохимический анализ исследуемой территории позволил определить перечень приоритетных санитарно-токсикологических показателей качества подземных Приэльтонья, формирующих наиболее высокий потенциальный риск здоровью населения. Всего было оценено 17 показателей качества питьевой воды нецентрализованных подземных источников водоснабжения. Отбор приоритетных показателей осуществлялся на основе

данных, представленных в ежегодных отчетах Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, а также Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области [8; 9]. Оценка неканцерогенных рисков здоровью взрослых и детей осуществлялась с использованием методики, представленной в Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920-04) по верхней границе 95% доверительного интервала (ДИ) концентраций обнаруженных в воде поллютантов [12]. Методика оценки риска здоровью, обусловленного совместным воздействием на одну критическую систему группы загрязнителей, позволяет выявить риски здоровью для веществ, обнаруживаемых в концентрациях, не превышающих предельно допустимые (ПДК). Метод ДИ позволяет точнее определить диапазон средних значений с 95%-ной надежностью и является более предпочтительным при малом объеме выборки, чем точечная оценка [1]. В работе была оценена пероральная экспозиция токсикантов, ингаляторное и кожное поступление для нецентрализованных источников водоснабжения не рассматривалось согласно Р 2.1.10.1920-04. Для взрослого и детского населения выбирались стандартные значения факторов экспозиции (массы тела, периода осреднения и объема потребляемой воды) для расчета дозы поступающих в организм загрязнителей.

**Результаты и их обсуждение.** В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к воде, воздуху, отходам, содержанию территорий и зданий...», процедура контроля качества питьевой воды должна включать в себя оценку следующего минимального перечня санитарно-химических показателей: рН, жесткость общая, общая минерализация, нитраты, окисляемость перманганатная, сульфаты и хлориды. Иные токсиканты могут быть проанализированы в зависимости от местных природных и санитарных условий, а также эпидемической обстановки в населенном месте [11]. Т.Н. Унгурияну и С.М. Новиков, основываясь на результатах метаисследования публикаций, посвященных оценке рисков здоровью, обусловленных пероральным поступлением загрязнителей, отмечают необходимость исследования достаточно широкого перечня токсикантов: щелочных, щелочноземельных и тяжелых металлов [13]. Особое внимание при контроле качества высокоминерализованной питьевой воды волгоградского Заволжья необходимо обратить на неорганические вещества, вносящие наибольший вклад в общую минерализацию подземных вод: хлориды, сульфаты, кальций, магний, калий и натрий. Такой подход видится актуальным для территориально изолированного Эльтонского сельского поселения, не имеющего промышленных предприятий. Основными факторами, обуславливающими формирование риска здоровью в подобных условиях, видится геохимическая природа водоносных горизонтов, а также нерациональное ведение сельского хозяйства.

Подземные воды *хазарско-хвалынского аллювиально-морского* горизонта, типичного для Приэльтона, по анионному составу являются сульфатно-хлоридными, по катионному – натриевыми, характеризуются повышенной жесткостью (в отдельных участках – до 23,2 мг-экв/л). Согласно данным, представленным в ежегодных отчетах Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, наиболее часто на территории всего Северо-каспийского артезианского бассейна отмечается превышение ПДК натрия, магния, железа, аммиака, хлоридов, сульфатов, а также общей минерализации и жесткости. В целом, химический состав

подземных вод Приэльтонья типичен для Северо-каспийского артезианского бассейна. Однако, в большинстве проб отмечались более высокие, чем кларковые, значения содержания кальция, что может объясняться как химической природой водоносных горизонтов, так и сельскохозяйственной нагрузкой. Концентрации тяжелых металлов не превышали предельно допустимых значений (значительно ниже рефератных концентраций, представленных в Р 2.1.10.1920-04) и не являлись факторами, вносящими вклад в формирование индексов неканцерогенной опасности. По результатам анализа показателей качества питьевой воды, оцененных на верхней границе 95% ДИ, наблюдается превышение нормативов по перманганатной окисляемости (1,22 ПДК), общей минерализации (1,27 ПДК), жесткости (1,22 ПДК), магнию (1,06 ПДК), натрию (1,63 ПДК), хлоридам (1,28 ПДК) (табл.).

Таблица

**Показатели неканцерогенной опасности обнаруженных в воде приоритетных загрязнителей**

| Показатель качества                               | Концентрация на верхней границе 95% ДИ, мг/л | ПДК  | Класс опасности | Референтная доза (RfD), мг/кг | Коэффициент неканцерогенной опасности HQ |        |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------------|--------|
|                                                   |                                              |      |                 |                               | Взрослые                                 | Дети   |
| Запах, балл                                       | 1                                            | 2    | -               | -                             | -                                        | -      |
| Цветность, град                                   | 4                                            | 20   | -               | -                             | -                                        | -      |
| Мутность, мг/л                                    | 0,58                                         | 1,5  | -               | -                             | -                                        | -      |
| Величина pH, ед. pH                               | 7,0                                          | 6-9  | -               | -                             | -                                        | -      |
| Железо, мг/л                                      | 0,05                                         | 0,3  | 3               | 0,3                           | 0,005                                    | 0,01   |
| Перманганатная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л | 6,1                                          | 5,0  | -               | -                             | -                                        | -      |
| Общая минерализация, мг/л                         | 1275                                         | 1000 | -               | -                             | -                                        | -      |
| Жесткость, мг-экв/л                               | 8,6                                          | 7    | -               | -                             | -                                        | -      |
| Аммиак, мг/л                                      | 0,5                                          | 1,5  | 4               | 0,98                          | 0,0146                                   | 0,0341 |
| Калий, мг/л                                       | 6,4                                          | 20*  | 4э              | -                             | -                                        | -      |
| Кальций, мг/л                                     | 83,4                                         | 100* | 4э              | 41,4                          | 0,0573                                   | 0,1316 |
| Марганец, мг/л                                    | 0,005                                        | 0,1  | 3               | 0,14                          | 0,0011                                   | 0,0021 |
| Магний, мг/л                                      | 53,4                                         | 50*  | 3               | 11                            | 0,1387                                   | 0,3236 |
| Натрий, мг/л                                      | 326                                          | 200  | 2               | 34,3                          | 0,2762                                   | 0,6491 |
| Нитраты, мг/л                                     | 14,1                                         | 45   | 3               | 1,6                           | 0,2500                                   | 0,5875 |
| Сульфаты, мг/л                                    | 277                                          | 500  | 4               | -                             | -                                        | -      |
| Хлориды, мг/л                                     | 448                                          | 350  | 4               | -                             | -                                        | -      |
| Суммарный неканцерогенный риск HI (per os):       |                                              |      |                 |                               | 0,7429                                   | 1,7380 |

Примечание: \* – нормативы, рекомендованные ВОЗ (для веществ, не указанных в СанПиН 2.1.3684-21)

Расчет коэффициентов опасности (HQ) отдельных загрязнителей показал низкий (кальций, магний, натрий, нитраты) или минимальный (железо, аммиак, марганец) уровень риска здоровью. Суммарный индекс неканцерогенного риска здоровью (HI) составил 0,74 (низкий) для взрослого населения и 1,74 (средний) для детей. Наибольший вклад в формирование риска здоровью взрослых/детей, обусловленного пероральным поступлением химических веществ с питьевой водой на исследуемой территории, вносили нитраты (HQ=0,2500/0,5875) и натрий (HQ=0,2762/0,6491).

Необходимо отметить однонаправленный механизм токсического действия указанных двух токсикантов. Длительное употребление воды с повышенным содержанием нитратов способно вызвать метгемоглобинемию, а также изменение функций сердечной деятельности. Попадая в организм, под воздействием микрофлоры желудочно-кишечного тракта нитраты восстанавливаются до нитритов и связываются с гемоглобином, образуя метгемоглобин, неспособный фиксировать и переносить кислород [15; 18]. При хроническом же воздействии

возможно формирование риска развития онкологических заболеваний (через стадию превращения нитритов в нитрозамины под воздействием кислой среды желудочного сока) [19]. Установлено, что поступление нитратов с водой оказывает более выраженное отрицательное влияние на состояние здоровья человека, чем прием эквивалентной дозы с продуктами питания, что обусловлено биокинетикой нитратов, а также хорошей растворимостью в воде, увеличивающей скорость их всасывания в кровь [14]. Результаты эпидемиологических исследований свидетельствуют о повышенном риске развития ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии у лиц, избыточно потребляющих натрий, обусловленный нарушением водно-солевого баланса. Длительное потребление натрий-избыточных вод способно вызвать заболевания почек и мочевыводящей систем: повышенное поступление натрия в организм способствует развитию гиперкальциурии [16; 17].

Суммарная оценка неканцерогенного риска для критических систем выявила наивысшие значения для сердечно-сосудистой системы:  $HI=0,5262$  для взрослых и  $1,2366$  для детей. В диапазоне низкого уровня для детей ( $HI=0,1418$ ) оказались риски неканцерогенной опасности для почек (алкалоз и гиперкальциемия, обусловленные кальцием), остальные критические системы находились на уровне пренебрежимого риска. В литературе, посвященной анализу риска здоровью, связанного с пероральным поступлением токсикантов значительная доля публикаций посвящена оценке качества централизованных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако поиск новых альтернативных источников водоснабжения заставляет авторов все чаще обращать внимание на децентрализованные источники [2-4; 6; 10]. Особенно актуальным данное направление является в условиях осложненных климатических и гидрологических условий водопользования в субаридных и аридных территориях юга России. Отсутствие доброкачественных поверхностных вод заставляют искать альтернативные ресурсы, обращая внимание на подземные воды. Понимание природы рисков здоровью, ассоциированных с химическим составом подземных вод может помочь в организации водоподготовки и разведке новых ресурсов подземных вод – одних из приоритетных направлений улучшения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, обозначенных администрацией Эльтонского сельского поселения.

**Выводы:** 1. Проанализированные на верхней границе 95% ДИ концентрации содержавшихся в питьевой воде токсикантов могут оказывать полифакторное неблагоприятное воздействие на состояние здоровья человека. Использование методики, отраженной в Р2.1.10.1920-04, выявило формирование значимых уровней неканцерогенного риска для веществ, обнаруженных в воде в концентрациях, не превышающих ПДК по СанПиН 2.1.3684-21.

2. Наибольший неканцерогенный риск употребления подземных вод создает натрий и нитраты ( $HQ>1$  – средний риск), наибольшей опасности (в соответствии со стандартными факторами экспозиции: период осреднения, объем водопотребления, масса тела) подвержены дети. Риски здоровью, формируемые кальцием и магнием находятся в пределах низких величин ( $0,1<HQ<1$ ).

3. Основной критической системой, подвергающейся неканцерогенной опасности, является сердечно-сосудистая система (с учетом рисков развития нитратной метгемоглобиновой анемии). Геохимическая природа водоносных горизонтов, а также отсутствие зон санитарной защиты источников водоснабжения являются ведущими факторами формирования неблагоприятной санитарно-экологической ситуации в исследуемом регионе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю. Вероятностная связь между оценками ошибок, полученных разными способами для значений физических величин // Вычислительные методы и программирование. 2014. №4 (15). С. 677-684.
2. Анисимов И.С., Малькова И.Л. Некондиционные подземные питьевые воды Кезского района Удмуртской республики как фактор риска здоровью населения // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2018. 28 (4). С. 384-391.
3. Артемьева А.А. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением подземных вод в районах нефтедобычи // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2015, № 1. С. 122-133.
4. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // Гигиена и санитария. 2015. 2 (12). С. 15-19.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Восточно-Европейская. Лист М38. Волгоград. 2009.
6. Коньшина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения МО город Екатеринбург и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. 95 (5). С. 413-416. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416>
7. Крючков С.Н. Поиски и оценка подземных вод на участке недр «Приозерный» в Палласовском районе Волгоградской области (отчет по договору №20/9-2010/46-2010 от 20.09.2011). Волгоград. 2011.
8. О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2020 году. Ижевск: Принт. 2020. 300 с.
9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2020 году. Волгоград. 2020.
10. Попов А.А. Характеристика риска, связанного с химическим составом питьевой воды, для здоровья населения, в сельских районах юга Амурской области // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2017. №63. С. 85-90. [https://doi.org/10.12737/article\\_58e45af0046c22.12950196](https://doi.org/10.12737/article_58e45af0046c22.12950196)
11. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21» «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (Зарегистрирован 29.01.2021 № 62297).
12. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: 2004.
13. Унгурияну Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2014. 93 (1). С. 19-24.
14. International Agency for Research on Cancer et al. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. Lyon, France: IARC, 1987. P. 53.
15. Mukhopadhyay S., Ghosh D., Chatterjee A., Sinha S., Tripathy S., Chandra A.K. Evaluation of Possible Goitrogenic and Antithyroidal Effect of Nitrate, A Potential Environmental Pollutant // Indian Journal of Physiology and Pharmacology. 2005. Vol. 49. №3. P. 284.
16. Rossier B. C. Negative regulators of sodium transport in the kidney: Key factors in understanding salt-sensitive hypertension? // The Journal of clinical investigation. 2003. Vol. 111. №7. P. 947-950. <https://doi.org/10.1172/JCI18232>
17. Stamler J. The INTERSALT Study: background, methods, findings, and implications // The American journal of clinical nutrition. 1997. Vol. 65. №2. P. 626S-642S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.2.626S>
18. Til H.P., Falke H.E., Kuper C.F., Willems M.I. Evaluation of the oral toxicity of potassium nitrite in a 13-week drinking-water study in rats // Food and chemical toxicology. 1988. Vol. 26. №10. P. 851-859. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(88\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0278-6915(88)90026-9)
19. Zaki A., Chaoui A.A., Talibi A., Derouiche A.F., Aboussaouira T., Zarrouck K., Himmi T. Impact of nitrate intake in drinking water on the thyroid gland activity in male rat // Toxicology letters. 2004. Vol. 147. №1. P. 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.10.010>

## REFERENCES

1. Abubekеров, M.K., & Gostev, N.Yu. (2014). Veroyatnostnaya svyaz' mezhdu otsenkami oshibok, poluchennykh raznymi sposobami dlya znachenii fizicheskikh velichin. *Vychislitel'nye metody i programmirovaniye*, (4 (15)), 677-684. (in Russ.).

2. Anisimov, I.S., Malkova, I.L. (2018). Substandard underground drinking water of the Kezsky district of the Udmurt Republic as a risk factor for the health of the population *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle"*, 28(4), 384-391. (in Russ.).
3. Artemyeva, A.A. (2015). Assessment of the risk of development of non-carcinogenic effects for public health associated with groundwater pollution in oil production areas. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle"*, 1, 122-133. (in Russ.).
4. Bezgodov, I.V., Efimova, N.V., & Kuz'mina, M.V. (2015). Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Hygiene and Sanitation*, 94(2), 15-19. (in Russ.).
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie). Seriya Vostochno-Evropeiskaya. List M38 (2009). Volgograd. (in Russ.).
6. Konshina, L.G. (2016). The assessment of the quality of water from sources of decentralized water supply of Ekaterinburg and surrounding areas. *Gigiena i sanitariya*, 95 (5), 413-416 (In Russ.). doi:10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416
7. Kryuchkov, S.N. (2011). Prospecting and assessment of groundwater at the Priozerny subsoil site in the Pallasovsky district of the Volgograd region (report under contract No20/9-2010/46-2010 of 20.09.2011). Volgograd. (in Russ.).
8. O sostoyanii of the environment in the Volgograd region in 2020. (2020). Izhevsk. (in Russ.).
9. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu (2020). Volgograd. (in Russ.).
10. Popov, A.A. (2017). Characterization of the risk associated with the chemical composition of drinking water for public health in rural areas of the south of the Amur region. *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya*, 63, 85-90 (In Russ.). [https://doi.org/10.12737/article\\_58e45af0046c22.12950196](https://doi.org/10.12737/article_58e45af0046c22.12950196)
11. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii ot 28.01.2021 № 3 "Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil i norm SanPiN 2.1.3684-21" "Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniiyu territorii gorodskikh i sel'skikh poselenii, k vodnym ob'ektam, pit'evoi vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshchenii, organizatsii i provedeniyu sanitarno- protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy" (Zaregistrirovano 29.01.2021 № 62297). (in Russ.).
12. R 2.1.10.1920-04 (2004). Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredу. Moscow. (in Russ.).
13. Unguryanu, T.N., Novikov, S.M. (2014). The results of assessing the health risk of the population of Russia under the influence of chemicals in drinking water (literature review). *Gigiena i sanitariya*, 93 (1), 19-24. (in Russ.).
14. International Agency for Research on Cancer. (1987). *Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42* (p. 53). Lyon, France: IARC.
15. Mukhopadhyay, S., Ghosh, D., Chatterjee, A., Sinha, S., Tripathy, S., & Chandra, A. K. (2005). Evaluation of Possible Goitrogenic and Antithyroidal Effect of Nitrate, A Potential Environmental Pollutant. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 49(3), 284.
16. Rossier, B. C. (2003). Negative regulators of sodium transport in the kidney: Key factors in understanding salt-sensitive hypertension?. *The Journal of clinical investigation*, 111(7), 947-950. <https://doi.org/10.1172/JCI1823210>
17. Stamler, J. (1997). The INTERSALT Study: background, methods, findings, and implications. *The American journal of clinical nutrition*, 65(2), 626S-642S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.2.626S>
18. Til, H. P., Falke, H. E., Kuper, C. F., & Willems, M. I. (1988). Evaluation of the oral toxicity of potassium nitrite in a 13-week drinking-water study in rats. *Food and chemical toxicology*, 26(10), 851-859. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(88\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0278-6915(88)90026-9)
19. Zaki, A., Chaoui, A. A., Talibi, A., Derouiche, A. F., Aboussaouira, T., Zarrouck, K., ... & Himmi, T. (2004). Impact of nitrate intake in drinking water on the thyroid gland activity in male rat. *Toxicology letters*, 147(1), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.10.010>

дата поступления: 25.07.2021

дата принятия: 03.09.2021

© Новиков Д.С., Фролова Ю.Д., 2022

# ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ / ECOLOGY & NATURE MANAGEMENT

УДК 631.95

AGRI P33

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/09>

*Синдирева А.В., Котченко С.Г., Елизаров О.И.*

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НА ЮГЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Sindireva A.V., Kotchenko S.G., Elizarov O.I.*

### ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE COPPER CONTENT IN THE SOIL COVER IN THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION

**Аннотация** В статье представлены данные о содержании меди в пахотном горизонте основных типов почв Тюменской области, используемых в сельскохозяйственном производстве, и определены взаимосвязи её распределения с основными физико-химическими показателями почв (содержанием гумуса, pH, макроэлементами). Для анализа геохимических особенностей распределения микроэлемента в почвенном покрове использовали полевые, лабораторные и статистические методы исследования. При обобщении и анализе материала использовались собственные исследования и материалы отчетов ФГБУ ГСАС «Тюменская» по обследованию пахотных почв Тюменской области. Во всех изученных типах почв юга Тюменской области превышения допустимых концентраций меди не отмечается. Содержание подвижных форм меди в зависимости от типа и подтипа почв изменяется в диапазоне от 0,15 до 0,25 мг/кг, валовое содержание колеблется от 10 до 18 мг/кг. Соотношение подвижной формы от валового содержания составляет от 1,05 до 2,29%. Достоверная зависимость между подвижной медью и ее валовым содержанием не установлена. Установлена тесная корреляционная связь между валовым содержанием меди и подвижными формами калия, гумуса и уровнем pH. Для подвижных форм меди отмечается средняя корреляционная связь с содержанием гумуса в почвах. Не установлена зависимость между подвижными формами меди и фосфора. Полученные данные могут быть использованы при экологическом мониторинге в качестве исходных, фоновых точек отчета при оценке степени загрязнения агроценозов, а также при прогнозировании действия меди в системе почва-растение в условиях юга Тюменской области.

**Ключевые слова:** медь, гумус, кислотность, почвы, Тюменская область.

**Сведения об авторах:** Синдирева Анна Владимировна, ORCID: 0000-0001-8596-7584, д-р биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [sindireva72@mail.ru](mailto:sindireva72@mail.ru); Котченко Сергей Григорьевич, Государственная станция агрохимической службы «Тюменская», г. Тюмень, Россия, [agrohim\\_72\\_1@mail.ru](mailto:agrohim_72_1@mail.ru); Елизаров Олег Игоревич, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [elizarovloleg@yandex.ru](mailto:elizarovloleg@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents data on the content of copper in the plow horizon of the main types of soils of the Tyumen region used in agricultural production, and determines the relationship of its distribution with the main physical and chemical indicators of soils (humus, pH, macroelements). To analyze the geochemical features of the microelement distribution in the soil cover, field, laboratory, and statistical research methods were used. When summarizing and analyzing the material, we used our own research and materials from the reports of the FGBU GSAS "Tyumenskaya" on the survey of arable soils in the Tyumen region. In all studied types of soils in the south of the Tyumen region, excess of the permissible concentrations of copper is not observed. The content of mobile forms of copper, depending on the type and subtype of soils, varies in the range from 0.15 to 0.25 mg/kg, the total content ranges from 10 to 18 mg/kg. The ratio of the mobile form to the gross content is from 1.05 to 2.29%. A reliable relationship between mobile copper and its total content has not been established. A close correlation has been established between the total content of copper and mobile forms of potassium, humus and the pH level. For mobile forms of copper, there is an average correlation with the content of humus in soils. The relationship between the mobile forms of copper and phosphorus has not been established. The data obtained can be used in environmental monitoring as initial, background reporting points in assessing the degree of pollution of agrocenoses, as well as in predicting the effect of copper in the soil-plant system in the south of the Tyumen region.

**Keywords:** copper, humus, acidity, soils, Tyumen region.

**About the authors:** Sindireva Anna Vladimirovna, ORCID: 0000-0001-8596-7584, Dr. habil., Tyumen State University, Tyumen, Russia, [sindireva72@mail.ru](mailto:sindireva72@mail.ru); Kotchenko Sergey Grigorievich, State Station of the Agrochemical Service "Tyumenskaya", Tyumen, Russia, [agrohim\\_72\\_1@mail.ru](mailto:agrohim_72_1@mail.ru); Elizarov Oleg Igorevich, Tyumen State University, Tyumen, Russia, [elizarovloleg@yandex.ru](mailto:elizarovloleg@yandex.ru)

Синдирева А.В, Котченко С.Г., Елизаров О.И. Экологическая оценка содержания меди в почвенном покрове на юге Тюменской области // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 82–90. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/09>

Sindireva, A.V, Kotchenko, S.G. & Elizarov, O.I. (2022). Environmental Assessment of the Copper Content in the Soil Cover in the South of the Tyumen Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 82–90. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/09>

**Введение.** Почвенно-растительные сообщества, вовлеченные в процесс сельскохозяйственного производства, испытывают на себе определенное негативное воздействие. Оно может выражаться как в избыточном накоплении микроэлементов ввиду применения различных химических препаратов. Также, это выражается в недостатке определенных микроэлементов, что может быть связано с выносом потоками вещества из экосистемы, а также спецификой местных геохимических условий. Содержание микроэлементов в почвах зависит от условий почвообразования, от минералогического и гранулометрического состава почвообразующих пород, наличия в почвах органического вещества, реакции среды и других факторов. Мелкие и слабогумусированные почвенные разности обычно обеднены микроэлементами по сравнению с разностями, богатыми илом и органическим веществом [9; 21]. Недостаток ряда микроэлементов в агроэкосистемах характерен для многих территорий, в том числе для районов юга Тюменской области. Это объясняется целым набором факторов, в том числе, эдафических. Данная особенность геохимических условий отмечена в работах многих авторов. В исследованиях [2; 3] по изучению микроэлементного состава почв районов Тюменской области отмечается недостаточная обеспеченность многими важными для произрастания сельскохозяйственных растений элементами. Однако, в работе [14] автор отмечает тенденцию к накоплению тех или иных тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах, выращенных на различных типах почв юга Тюменской области. Таким образом, подчеркивается важность определения концентраций микроэлементов в различных типах почв, характеризующихся разнообразными физико-химическими параметрами. Важность изучения поведения тяжелых металлов в почвах подчеркивается и за рубежом. Например, в работах [24-28] отмечена важность изучения распределения и аккумуляции тяжелых металлов в почвенных агрегатах для выяснения поведения микроэлементов в окружающей среде. Например, изучена взаимосвязь концентраций тяжелых металлов (в том числе меди) с органическим веществом и pH почвы.

Среди микроэлементов, играющих неоднозначную роль в объектах окружающей среды, относят медь. С одной стороны, избыточное ее накопление в пищевых цепях в связи с техногенным поступлением, вызывает негативные последствия для живых организмов. С другой стороны, отмечается недостаток меди в системе почва-растение для ряда агроценозов. Медь представляет собой один из наиболее подвижных тяжелых металлов в гипергенных процессах. Тем не менее, её катионы обладают разнообразными свойствами и в почвах и осадках характеризуются склонностью к химическому взаимодействию с минеральными и органическими компонентами. Ионы меди способны также без усилий осаждаться такими анионами, как сульфид, карбонат и гидроксид. Таким образом, медь является относительно малоподвижным элементом в почвах, и ее суммарные содержания обнаруживают довольно слабые вариации в профилях почв [23]. Малая подвижность меди обуславливает проявления ее недостатка для сельскохозяйственных растений. Следует отметить, что медь имеет большое значение для растений, что объясняется тем, что она входит в

состав многих ферментов, при недостатке которых нарушаются такие физиологические процессы как фотосинтез, дыхание, перераспределение углеводов и белков [23].

Медь оказывает влияние на проницаемость сосудов ксилемы для воды, контролирует образование ДНК и РНК, и её дефицит значительно снижает репродукцию растений. Также медь влияет на механизмы, контролирующие устойчивость к заболеваниям. Для различных видов растений уровни концентраций, при которых наблюдается дефицит меди, сильно варьируют [23]. В связи с этим представляет особый теоретический и практический интерес изучение содержания меди в конкретных агроэкологических условиях и выявление факторов, влияющих на ее подвижность и распределение в почвах. *Цель данной работы* — установить взаимосвязь содержания меди с определенными агрохимическими показателями почв, способными потенциально повлиять на ее аккумуляцию в почве, в условиях юга Тюменской области.

**Экспериментальная часть.** При обобщении и анализе материала использовались собственные исследования и материалы отчетов ФГБУ ГСАС «Тюменская» по обследованию пахотных почв Тюменской области. Карта-схема участков отбора проб почвенных образцов в районах юга Тюменской области представлена на рисунке 1. Объектом исследования являлся пахотный горизонт почв, характерных для юга Тюменской области (табл. 1). Основные исследуемые типы и подтипы почв: глинистые аллювиально луговые (Исетский район), среднесуглинистые черноземы выщелоченные (Заводоуковский район), среднесуглинистые серые лесные – темно серые лесные (Омутинский, Упоровский, Тюменский районы), среднесуглинистые лугово – глееватые (Тобольский район), среднесуглинистые серые лесные (Нижнетавдинский район), среднесуглинистые серые лесные – светло серые лесные (Ярковский район), среднесуглинистые пойменно аллювиальные – типичные (Тюменский район), среднесуглинистые пойменно-дерновые (Тобольский район) почвы. Выбор места для отбора почвенных образцов производился с учетом рельефа местности, экспозиции, растительного покрова. Всего обследовано 10 реперных участков,  $n=75$ .

Образцы почв отбирали методом конверта в пределах микро- и мезорельефа. В зависимости от величины элементарного участка из отобранных равномерно почвенных проб со всей площади, составлялась усредненная проба. Отбор почвенных образцов и пробоподготовка их для химического анализа осуществлялся в соответствии с требованиями агрохимических методов. Для анализа геохимических особенностей распределения меди и выявления факторов, влияющих на аккумуляцию элемента, использовали материалы отчетов ФГБУ ГСАС «Тюменская». При этом оценивали данные о содержании гумуса, кислотности, содержание макроэлементов в пахотном горизонте (0-20 см) в почвах реперных участков. Содержание меди определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии, органическое вещество, рН солевой, подвижные соединения фосфора и калия – в соответствии с ГОСТ 26213-91. Почвы. В рамках исследования проведена оценка взаимосвязи содержания в почве меди (подвижных форм и валового количества) с физико-химическими параметрами почвы (гумусом и рН), а также подвижными формами ряда макроэлементов.

В работе использовали методы дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов [7; 15]. Математическая обработка результатов осуществлялась стандартными статистическими методами с использованием компьютерного пакета программ Excel.

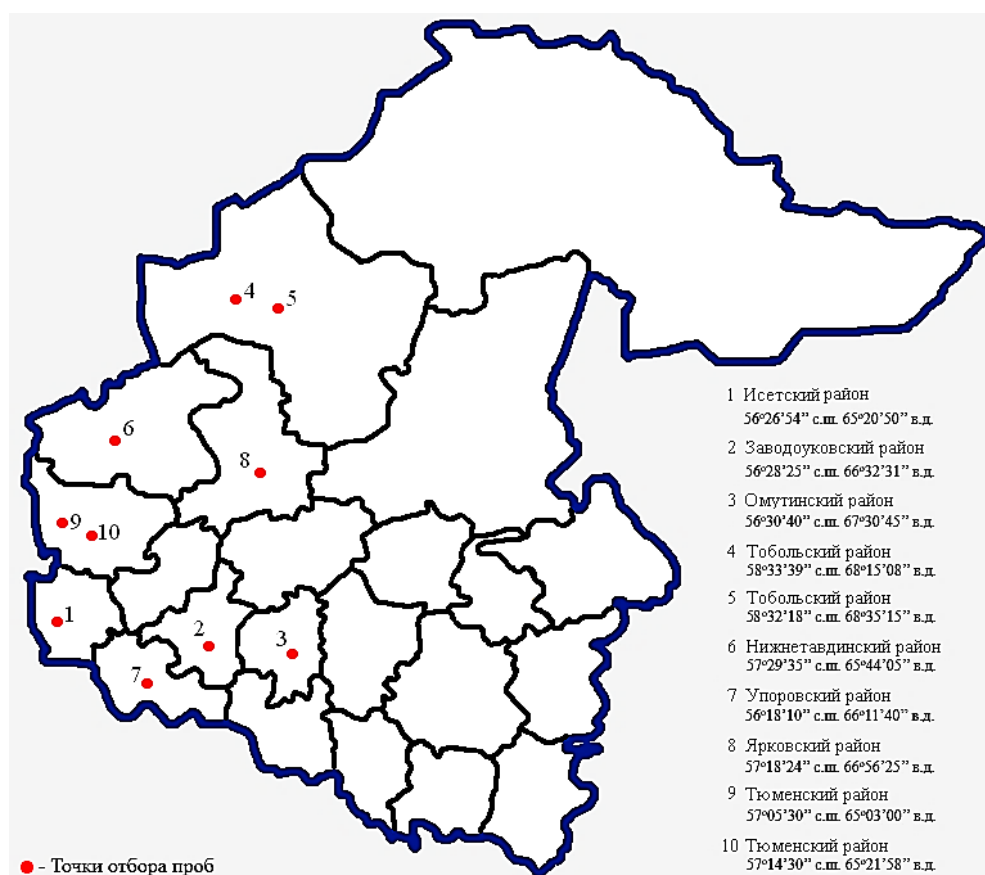


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб почвенных образцов в районах юга Тюменской области

Северное Зауралье, на территории которого расположена основная часть Тюменской области, представляет собой составную часть обширной Западно-Сибирской равнины. Исследования проводились на территории юга Тюменской области.

**Обсуждение результатов.** Рассмотрены основные типы почв юга Тюменской области, расположенных в южнотаежной лесной и лесостепной зонах. В пределах рассматриваемой территории выделяется несколько основных типов почв: аллювиальные луговые, чернозем выщелоченный, серая лесная, серая лесная – темно серая, серая лесная – светло серая, луговая глееватая, пойменная аллювиальная типичная, пойменная дерновая.

По гранулометрическому составу преобладают среднесуглинистые почвы. Содержание гумуса в пределах изученных реперных участков варьирует от 3,61% (Ярковский район) до 9,57% (Тюменский район). По значению pH почвы районов юга Тюменской области характеризуется кислой и слабокислой реакцией (4,2-5,6). Почвы отличаются значительной вариабельностью по содержанию макроэлементов.

На содержание меди, в т. ч. и в условиях юга Тюменской области, влияют те же факторы, что и на другие химические элементы. Почвы в основном наследуют уровень содержания меди от почвообразующих пород. В то же время на аккумуляцию микроэлементов и на их подвижность влияет сочетание агрохимических показателей для определенного типа почв [3].

Объектом исследования был пахотный горизонт (0-20 см) по следующим причинам: при антропогенном поступлении микроэлементы концентрируются в приповерхностном слое (в отличие от почв геохимически аномальных), большинство из них фиксируется в гумусовом

горизонте; в основном микроэлементы, сконцентрированные в пахотном горизонте, включаются в трофическую цепь. В таблице представлены данные о среднем содержании меди в пахотном горизонте изученных типов и подтипов почв юга Тюменской области.

Согласно данным таблицы 1, содержание подвижных форм меди в различных типах почв варьирует незначительно – от 0,16 до 0,25 мг/кг и не превышает установленных ПДК. Наибольшее содержание подвижной меди отмечается в пойменной дерновой почве и составляет 0,25 мг/кг. В целом по обеспеченности почв подвижной медью исследуемые почвы можно классифицировать как среднеобеспеченные [10].

Таблица

**Среднее содержание меди в пахотном горизонте почв юга Тюменской области**

| Тип, подтип почвы               | Содержание меди, мг/кг $\bar{X} \pm S_d$ |                     | Соотношение подвижного и валового содержания меди, % |
|---------------------------------|------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|
|                                 | Подвижная форма                          | Валовое содержание* |                                                      |
| Аллювиальная луговая            | 0,16±0,03                                | —                   |                                                      |
| Чернозем выщелоченный           | 0,15±0,02                                | —                   |                                                      |
| Луговая глееватая               | 0,19±0,05                                | 18,1±1,05           | 1,05                                                 |
| Серая лесная – темно серая      | 0,22±0,05                                | 11,2±0,6            | 1,96                                                 |
| Серая лесная – светло серая     | 0,21±0,05                                | 10,7±1,1            | 1,96                                                 |
| Пойменная аллювиальная типичная | 0,20±0,02                                |                     |                                                      |
| Пойменная дерновая              | 0,25±0,05                                | 10,9±0,7            | 2,29                                                 |
| ПДК**                           | 3,0                                      | 55                  |                                                      |
| ОДК***                          |                                          | 66                  |                                                      |

\* для почв аллювиальная луговая, чернозем выщелоченный и серая лесная данные по валовому содержанию меди отсутствуют

\*\* согласно Госкомприрода СССР, № 02-2333 от 10.12.90

\*\*\* ГН 2.1.7.020-94 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг). (Дополнение N 1 к перечню ПДК и ОДК N 6229-91)

Исследованиями не установлена достоверная зависимость между подвижной медью и ее валовым содержанием, которое составляет в среднем 10-18 мг/кг. При этом наибольшее среднее содержание (18,1 мг/кг) отмечено в луговой глееватой почве. Необходимо отметить, что во всех изученных почвах не отмечается превышение установленных ПДК по валовому содержанию. Доля подвижной меди от валового содержания составляет от 1,05% до 2,29%. При этом наибольшая доля мобильной меди от общего содержания отмечается в пойменной дерновой почве.

Для выявления факторов, влияющих на концентрацию меди в верхнем слое 0-20 см почв был проведен корреляционный анализ их взаимосвязей с содержанием гумуса, pH, макроэлементами.

Для подвижных форм меди отмечается средняя корреляционная связь как с гумусом ( $r=0,50$ ). В связи с этим можно предположить, что на подвижность ионов меди в определенной степени влияет наличие органического вещества в почве. Несмотря на то, что ряд авторов отмечает увеличение мобильности тяжелых металлов при повышении кислотности, нашими исследованиями в среднем по изученным типам почв такой зависимости не установлено ( $r=0,16$ ). Однако данная зависимость может проявиться при изучении пары Cu-pH в пределах определенного типа почвы.

Для валового содержания меди прослеживается более тесная прямая взаимосвязь с количеством гумуса ( $r=0,61$ ) и обратная с реакцией среды ( $r=-0,84$ ) (рис. 2, 3).

На основе полученных данных можно сделать вывод, что на валовое содержание меди в почвах может влиять содержание органического вещества.

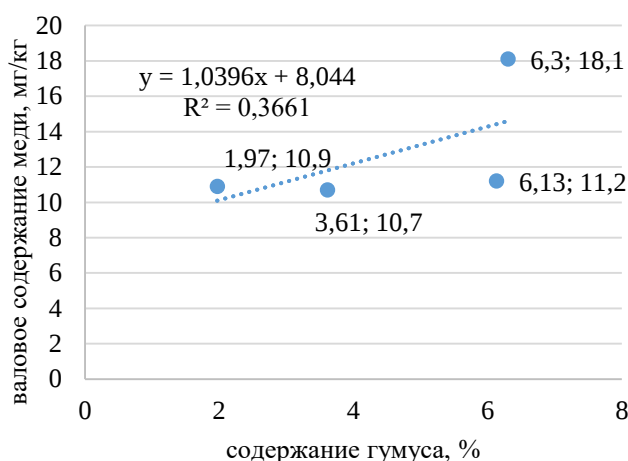


Рис. 2. Зависимость валового содержания меди от количества гумуса

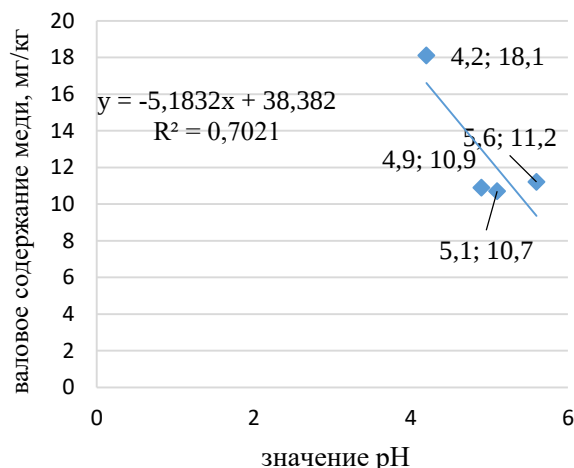


Рис. 3. Зависимость валового содержания меди от значения pH

Изучение взаимосвязи микро- и макроэлементов в почве имеет практическое значение, поскольку дополнительное антропогенное поступление химических элементов в почву агроценозов, в частности, в результате применения минеральных удобрений, может изменить сложившийся баланс микроэлементов в почве и способствовать как увеличению, так и снижению их доступности для растений [23].

Наибольший интерес представляет изучение зависимости между содержанием меди и подвижными формами азота, фосфора и калия, содержание которых значительно варьирует в зависимости от типа почв (рис. 4, 5).

Для подвижных форм меди и подвижных форм фосфора корреляционная связь практически отсутствует ( $r=0,036$ ). Подвижные формы меди и калия также имеют низкое значение корреляции между собой ( $r=0,48$ ).

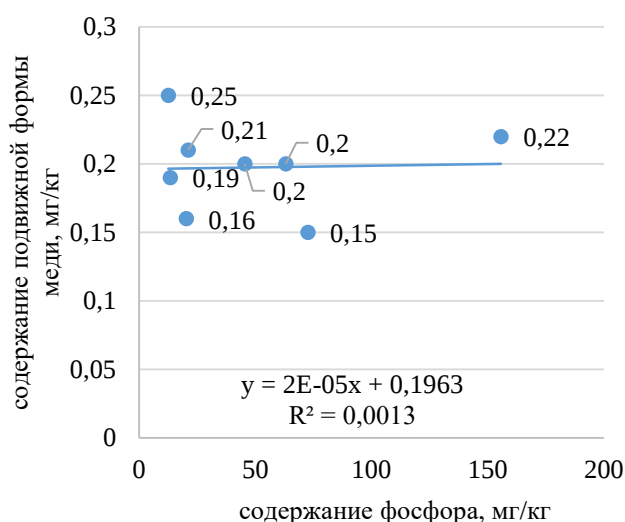


Рис. 4. Зависимость содержания подвижных форм меди и фосфора

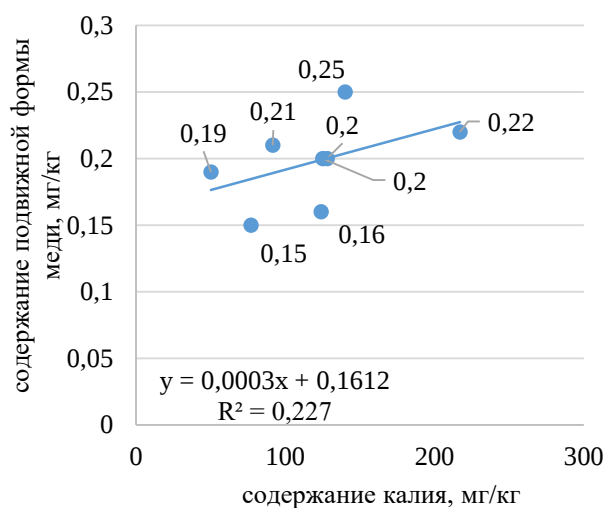


Рис. 5. Зависимость содержания подвижных форм меди и калия

Как показывают данные рисунка 5, взаимосвязь валового содержания меди и подвижных форм фосфора низкая ( $r=0,3$ ). Однако, с подвижными формами калия прослеживается прямая зависимость ( $r=0,65$ ), указывающая на возможное взаимовлияние данных микроэлементов (рис. 7).

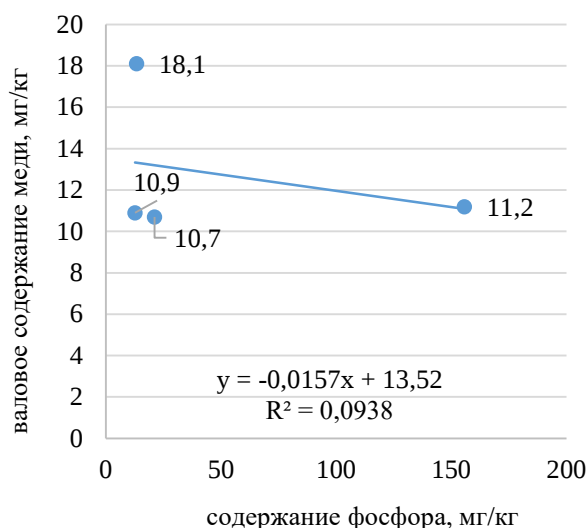


Рис. 6. Зависимость валового содержания меди и подвижного фосфора

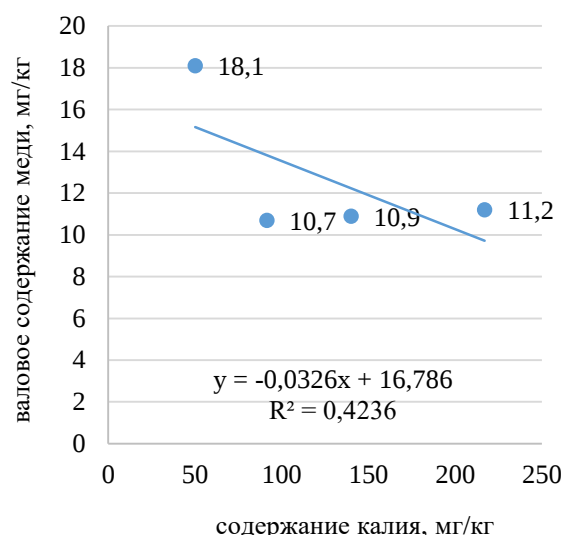


Рис. 7. Зависимость валового содержания меди и подвижного калия

**Выводы.** Таким образом, наиболее тесная корреляционная взаимосвязь меди характерна в большей степени для ее валового содержания с макроэлементами (подвижные формы калия) и параметрами среды (содержание гумуса и pH среды). Однако, в связи с многофункциональностью почвенных процессов, данные выводы следует дополнить анализом множеством других факторов и параметров почвенной среды, в комплексе влияющих на содержание тех или иных микроэлементов, а также их подвижность и, как следствие, доступность для растений.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Тюменской области  
в рамках научного проекта № 20-45-720011*

*The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Tyumen Region within the framework of the scientific project No. 20-45-720011*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быстрова О.Н., Гулевская В.В., Мартынкина Е.А., Никулина М.В., Омелянюк Г.Г., Федотов Г.Н. Распределение тяжелых металлов в агрегатах почв различных типов // Доклады Академии наук. 2008. Т. 40. №3. С. 346-350.
2. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Котченко С.Г., Ознобихина А.О., Скипин Л.Н. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах северной лесостепи районов Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2018. №5. С. 252-257.
3. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н. Биогеохимия элементов в системе почва-растение-животное в условиях юга Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2013. №11. С. 149-153.
4. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области. М., 1973. 245 с.
5. ГН 2.1.7.020-94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг).
6. Груздков Д.Ю., Трифонова Т.А., Ширкин Л.А. Оценка миграции тяжелых металлов в почвах // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2009. №4. С. 40-45.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Изд-во: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Зырин Н.Г., Чеботарева Н.А. К вопросу о формах соединений меди, цинка, свинца в почвах и доступности для растений // Содержание и формы соединений микроэлементов в почвах. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 324-350.
9. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. М.: Наука. 1991. 152 с.
10. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение // Почвоведение. Деградация, восстановление и охрана почв. 2007. №9. С. 1112-1119.

11. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
12. Каримов Х.Н., Узиков З.З., Хушмуродов Ж.П. Исследование антропогенного загрязнения орошаемых лугово-сероземных почв тяжелыми металлами // Наука и мир. 2019. №11-1(75). С. 20-23.
13. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 264 с.
14. Котова Т.В. Содержание тяжелых металлов в зерновых культурах в зависимости от типа почв // Вестник КрасГАУ. 2008. №6. С. 46-48.
15. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
16. Методические рекомендации по определению нормативов соотношений макро- и микроэлементов в растениях по системе ИСОД. М. 1989. 80 с.
17. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Изд-во МГУ, 1983. 193 с.
18. Пинский Д.Л., Минкина Т.М. К вопросу о механизмах трансформации и аккумуляции тяжелых металлов в почвах // Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы: Сборник трудов конференции. 2019. С. 538-541.
19. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (по состоянию на 01.01.1991. Госкомприрода СССР, № 02 2333 от 10.12.90.
20. Роева Н.Н., Воронич С.С., Зайцева И.А., Потапов С. А., Гречко Ю.А. Особенности поведения тяжелых металлов в почвах // Экологические системы и приборы. 2021. №7. С. 17-24.
21. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
22. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 5. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Пушино, 2001. 148 с.
23. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: Адыгея, 2003. 1028 с.
24. González Henao S., Ghneim-Herrera T. Heavy metals in soils and the remediation potential of bacteria associated with the plant microbiome // Frontiers in Environmental Science. 2021. P. 15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.604216>
25. Lisetskii F.N., Marinina O.A., Poletaev A.O., Zelenskaya E.Y. Comparative evaluation of pollution by heavy metals of ploughed and fallow land at various duration of agropedogenesis. 2020.
26. Liu Z., Lu B., Xiao H., Liu D., Li X., Wang L.A., Nagorskaya L. Effect of mixed solutions of heavy metal eluents on soil fertility and microorganisms // Environmental Pollution. 2019. Vol. 254. P. 112968. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.112968>
27. Shen Q., Xiang J., Zhang M. Distribution and chemical speciation of heavy metals in various size fractions of aggregates from zonal soils // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020. P. 1-16. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1781840>
28. Wang P., Li Z., Liu J., Bi X., Ning Y., Yang S., Yang X. Apportionment of sources of heavy metals to agricultural soils using isotope fingerprints and multivariate statistical analyses // Environmental pollution. 2019. Vol. 249. P. 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.034>

## REFERENCES

1. Bystrova, O.N., Gulevskaya, V.V., Martynkina, E.A., Nikulina, M.V., Omel'yanyuk, G.G., & Fedotov, G.N. (2008). Raspredelenie tyazhelykh metallov v agregatakh pochv razlichnykh tipov. *Doklady Akademii nauk*, 40(3), 346-350. (in Russ.).
2. Gaevaya, E.V., Zakharova, E.V., Kotchenko, S.G., Oznobikhina, A.O., & Skipin, L.N. (2018). Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov v pochvakh severnoi lesostepi raionov Tyumenskoi oblasti. *Vestnik KrasGAU*, (5), 252-257. (in Russ.).
3. Gaevaya, E.V., Zakharova, E.V., & Skipin, L.N. (2013). Biogeokhimiya elementov v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe v usloviyakh yuga Tyumenskoi oblasti. *Vestnik KrasGAU*, (11), 149-153. (in Russ.).
4. Gvozdetskii, N.A. (1973). Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Tyumenskoi oblasti. Moscow. (in Russ.).
5. GN 2.1.7.020-94. Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) tyazhelykh metallov i mysh'yaka v pochvakh s razlichnymi fiziko-khimicheskimi svoistvami (valovoe sodержание, mg/kg). (in Russ.).
6. Gruzdkov, D.Yu., Trifonova, T.A., & Shirkin, L.A. (2009). Otsenka migratsii tyazhelykh metallov v pochvakh. *Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 17, Pochvovedenie*, (4), 40-45. (in Russ.).
7. Dospekhov, B.A. (1985). Metodika polevogo opyta. Moscow. (in Russ.).
8. Zyryin, N.G., & Chebotareva, N.A. (1979). K voprosu o formakh soedinenii medi, tsinka, svintsa v pochvakh i dostupnosti dlya rastenii. In *Soderzhanie i formy soedinenii mikroelementov v pochvakh*, Moscow. 324-350. (in Russ.).
9. Il'in, V.B. (1991). Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie. Moscow. (in Russ.).
10. Il'in, V.B. (2007). Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie. *Pochvovedenie. Degradatsiya, vosstanovlenie i okhrana pochv*, (9), 1112-1119. (in Russ.).
11. Kabata-Pendias, A., & Pendias, Kh. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. Moscow. (in Russ.).

12. Karimov, Kh.N., Uzakov, Z.Z., & Khushmurodov, Zh.P. (2019). Issledovanie antropogennogo zagryazneniya oroshaemykh lugovo-serozemnykh pochv tyazhelymi metallami. *Nauka i mir*, (11-1(75)), 20-23. (in Russ.).
13. Kovda, V.A. (1985). Biogeokhimiya pochvennogo pokrova. Moscow. (in Russ.).
14. Kotova, T.V. (2008). Soderzhanie tyazhelykh metallov v zernovykh kul'turakh v zavisimosti ot tipa pochv. *Vestnik KrasGAU*, (6), 46-48. (in Russ.).
15. Lakin, G.F. (1990). Biometriya. Moscow. (in Russ.).
16. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu normativov sootnoshenii makro- i mikroelementov v rasteniyakh po sisteme ISOD (1989). Moscow. (in Russ.).
17. Perel'man, A.I. (1983). Geokhimiya landshafta. Moscow. (in Russ.).
18. Pinskiy, D.L., & Minkina, T.M. (2019). K voprosu o mekhanizмах transformatsii i akkumulyatsii tyazhelykh metallov v pochvakh. In *Fundamental'nye kontseptsii fiziki pochv: razvitie, sovremennye prilozheniya i perspektivy: Sbornik trudov konferentsii*, 538-541. (in Russ.).
19. Predel'no-dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochvakh i dopustimye urovni ikh soderzhaniya po pokazatelyam vrednosti (po sostoyaniyu na 01.01.1991. Goskompriroda SSSR, № 02 2333 ot 10.12.90. (in Russ.).
20. Roeva, N.N., Voronich, S.S., Zaitseva, I.A., Potapov, S.A., & Grechko, Yu.A. (2021). Osobennosti povedeniya tyazhelykh metallov v pochvakh. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, (7), 17-24. (in Russ.).
21. Syso, A.I. (2007). Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri. Novosibirsk. (in Russ.).
22. Chernykh, N.A., Milashchenko, N.Z., & Ladonin, V.F. (2001). Ekologicheskaya bezopasnost' i ustoichivoe razvitie. In *Ekotoksikologicheskie aspekty zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami. Pushchino*. (in Russ.).
23. Sheudzhn, A.Kh. (2003). Biogeokhimiya. Maikop. (in Russ.).
24. González Henao, S., & Ghneim-Herrera, T. (2021). Heavy metals in soils and the remediation potential of bacteria associated with the plant microbiome. *Frontiers in Environmental Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.604216>
25. Lisetskii, F. N., Marinina, O. A., Poletaev, A. O., & Zelenskaya, E. Y. (2020). Comparative evaluation of pollution by heavy metals of ploughed and fallow land at various duration of agropedogenesis.
26. Liu, Z., Lu, B., Xiao, H., Liu, D., Li, X., Wang, L. A., ... & Nagorskaya, L. (2019). Effect of mixed solutions of heavy metal eluents on soil fertility and microorganisms. *Environmental Pollution*, 254, 112968. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.112968>
27. Shen, Q., Xiang, J., & Zhang, M. (2020). Distribution and chemical speciation of heavy metals in various size fractions of aggregates from zonal soils. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1781840>
28. Wang, P., Li, Z., Liu, J., Bi, X., Ning, Y., Yang, S., & Yang, X. (2019). Apportionment of sources of heavy metals to agricultural soils using isotope fingerprints and multivariate statistical analyses. *Environmental pollution*, 249, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.034>

дата поступления: 25.10.2021

дата принятия: 03.12.2021

© Синдирева А.В., Котченко С.Г., Елизаров О.И., 2022

УДК 631.45; 631.95

AGRIS F 40

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/10>*Утомбаева А.А., Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Игнатьев Ю.А.*

## РАЗВИТИЕ ОДНО- И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ДЕРНОВЫХ ПОЧВАХ

*Utombaeva A.A., Petrov A.M., Zainulgabidinov E.R., Ignatiev Yu.A.*

### DEVELOPMENT OF ONE- AND DICOTYLEDIC PLANTS ON RECLAIMED OIL-CONTAMINATED ALLUVIAL TURF SOILS

**Аннотация.** В лабораторных хронических экспериментах определено влияние содержания нефтепродуктов (НП) в рекультивированной аллювиальной дерновой тяжелосуглинистой (АДтс) и легкосуглинистой (АДлс) почве на рост, урожайность зеленой массы и развитие корневой системы пшеницы яровой и гороха посевного. Высокое остаточное содержание НП в рекультивированной почве приводило к увеличению времени прорастания семян, при отсутствии влияния на всхожесть. При выращивании пшеницы на рекультивированной АДтс почве токсическое действие проявлялось только на ранних этапах развития растений в варианте, содержащем 16.9 г/кг НП. В варианте АДлс почвы, содержащем 21.8 г/кг поллютанта, торможение роста растений наблюдалось в ходе всего эксперимента. В хронических экспериментах по выращиванию гороха на тяжелосуглинистой почве содержащей 16.9 г/кг НП, на легкосуглинистой почве содержащей 11.7 г/кг и выше, наблюдалось торможение роста растений, с тенденцией увеличения токсического эффекта к концу вегетационного опыта. Нефтяные загрязнения в концентрации до 11-12 г/кг в рекультивированной аллювиальной дерновой тяжело- и легкосуглинистой почвах не оказывают влияние на урожайность зеленой массы пшеницы, в концентрации 9.7 г/кг и выше ингибируют рост растений гороха, приводят к снижению урожайности их зеленой массы. Эффективность окисления нефтепродуктов при выращивании растений на рекультивированной аллювиальной дерновой почве не превышала 37% и определялась исходной концентрацией поллютанта. Присутствие НП в почве приводило к изменению структуры корневой системы выращиваемых растений. Испытанные растения при культивировании на тяжелых почвах более устойчивы к отрицательному действию НП. Полученные данные показывают, что горох посевной более чувствителен к присутствию НП в рекультивированной почве.

**Ключевые слова:** аллювиальные почвы, нефтепродукты (НП), рекультивация, растения, пшеница, горох.

**Сведения об авторах:** Утомбаева Алина Александровна, ORCID: 0000-0002-7407-9108, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, [semionova.alin@yandex.ru](mailto:semionova.alin@yandex.ru); Петров Андрей Михайлович, ORCID: 0000-0002-5117-

**Abstract.** Laboratory chronic experiments have determined the effect of the content of petroleum products (PP) in reclaimed alluvial turf heavy loamy and light loamy soil on the growth, yield of green mass and the development of the root system of spring wheat and seed peas. High residual PP content in reclaimed soil resulted in increased seed germination time, with no effect on germination. When growing wheat on reclaimed alluvial turf heavy loamy soil, the toxic effect was manifested only in the early stages of plant development in a variant containing 16.9 g/kg of PP. In the alluvial turf light loamy soil version containing 21.8 g/kg of pollutant, inhibition of plant growth was observed throughout the experiment. In chronic experiments for growing peas on heavy coal soil containing 16.9 g/kg of PP, on light coal soil containing 11.7 g/kg and higher, plant growth inhibition was observed, with a tendency to increase the toxic effect towards the end of the growing experience. Oil contaminants in concentration up to 11-12 g/kg in reclaimed alluvial turf heavy and light-coal soils do not affect the yield of green wheat mass, in concentration 9.7 g/kg and higher inhibit the growth of pea plants, lead to a decrease in the yield of their green mass. The oxidation efficiency of petroleum products when growing plants on reclaimed alluvial turf soil did not exceed 37% and was determined by the initial concentration of pollutant. The presence of PP in the soil led to a change in the structure of the root system of the plants being grown. Tested plants when cultivated on heavy soils are more resistant to negative PP. The findings show that sown peas are more sensitive to the presence of PP in reclaimed soil.

**Keywords:** alluvial soils, petroleum products (PP), recultivation, plants, wheat, peas.

**About the authors:** Utombaeva Alina Alexandrovna, ORCID: 0000-0002-7407-9108, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of Tatarstan, Kazan, Russia, [semionova.alin@yandex.ru](mailto:semionova.alin@yandex.ru); Petrov Andrey Mikhailovich, ORCID: 0000-0002-5117-2609, Ph.D., Institute of Ecology and Subsoil Use

2609, канд. биол. наук, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, [zram2@rambler.ru](mailto:zram2@rambler.ru); Зайнулгабидинов Эрик Ренатович, ORCID: 0000-0002-5372-9984, канд. биол. наук, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, [comp05@mail.ru](mailto:comp05@mail.ru); Игнатьев Юрий Алексеевич, ORCID: 0000-0001-9332-7606, канд. хим. наук, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, [chromjura@mail.ru](mailto:chromjura@mail.ru)

Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, [zram2@rambler.ru](mailto:zram2@rambler.ru); Zainulgabidinov Erik Renatovich, ORCID: 0000-0002-5372-9984, Ph.D., Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, [comp05@mail.ru](mailto:comp05@mail.ru); Ignatiev Yury Alekseevich, ORCID: 0000-0001-9332-7606, Ph.D., Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, [chromjura@mail.ru](mailto:chromjura@mail.ru)

Утомбаева А.А., Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Игнатьев Ю.А. Развитие одно- и двудольных растений на рекультивированных нефтезагрязненных аллювиальных дерновых почвах // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. №1(57). С. 91–101. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/10>

Utombaeva, A.A., Petrov, A.M., Zainulgabidinov, E.R. & Ignatiev, Yu.A. (2022). Development of One- and Dicotyledic Plants on Reclaimed Oil-contaminated Alluvial Turf Soils. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 91–101. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/10>

**Введение.** Добыча, разведка и транспортировка нефтяных углеводородов для удовлетворения растущего спроса мирового населения на ископаемое топливо наносят ущерб окружающей среде, загрязняя ее, особенно почву [20]. Загрязнение почвы нефтяными углеводородами является серьезной проблемой глобального масштаба, прежде всего в странах добывающих, транспортирующих и перерабатывающих нефть [25].

В настоящее время биологическая рекультивация рассматривается, как наиболее перспективная. Относительно традиционных физико-химических способов почвенной рекультивации, биологические являются более дешевыми и эффективными, обеспечивают удаление широкого спектра органических поллютантов окружающей среды, в том числе и нефтяных загрязнителей [16; 23].

Фиторемедиация, как любой подход имеет свои ограничения. Основным является негативное влияние поллютанта на рост и развитие возделываемых культур [5]. В условиях загрязнения нефтью значительно снижается площадь ассимиляционной поверхности, корневая система меняет свою морфологию [9]. Нарушения обменных процессов в присутствии нефтяных углеводородов вызывают окислительный стресс, задержку роста и деформацию листьев, что приводит к некрозу тканей и клеток растений [24].

Полностью устойчивых к техногенному загрязнению видов растений нет. Существует лишь некоторый порог чувствительности растений к определенным концентрациям поллютанта, при которых физиологические изменения не приводят к их гибели [6; 28]. Соответственно необходимо уделять особое внимание подбору растений, которые, в частности, могут хорошо развиваться и давать большую биомассу на загрязненных почвах, обладают мощной корневой системой, способной совместно с симбиотическими микроорганизмами ризосферы трансформировать токсичную часть загрязнений [1; 7; 27].

Изучение ответной реакции растений на действие разных доз нефти позволяет выявить факторы, обеспечивающие их устойчивое развитие, и в дальнейшем использовать полученные результаты при разработке методов эффективной фитореккультурации почв. Выбор

фиторемедиаторов для конкретных участков является эмпирическим и основан, как правило, на результатах лабораторных экспериментов [18].

Прорастание семян — одно из наиболее важных направлений жизненного цикла растений, за которым следует выход из состояния покоя семян [14; 22]. Поэтому лабораторные методы фитотестирования, как наиболее доступные и экспрессные, широко используются в экологическом мониторинге, при разработке нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов (НП) в почве [10; 13].

Показатели изменения линейного роста и биомассы растений применяются при выяснении уровня загрязнения почвы нефтью и устойчивости сельскохозяйственных культур к негативным факторам [8]. Растения, относящиеся к семействам злаковые и бобовые, являются наиболее подходящими культурами для фиторекультивации нефтезагрязненных территорий [12; 15; 19; 21; 26]. Таким образом, при оценке воздействия нефтезагрязненных почв на растения такие показатели, как всхожесть семян, изменения линейного роста и биомассы весьма информативны. Однако вопросы устойчивости отдельных видов растений к нефтяному загрязнению в конкретных почвенно-климатических условиях остаются практически нерешенными.

Целью данного исследования стало изучение влияния остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в рекультивированных аллювиальных дерновых тяжелосуглинистых (АДтс) и легкосуглинистых (АДлс) почвах на рост пшеницы яровой и гороха посевного в хроническом лабораторном эксперименте.

**Материалы и методы исследования.** Лабораторные хронические вегетационные опыты проводились согласно ГОСТ Р ИСО 22033-2009 [2] при температуре окружающего воздуха 19-26°C и искусственном освещении с интенсивностью света 4000 Лк. Влажность почв поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. В качестве тест-объектов были использованы два вида растений: односемядольное растение – пшеница яровая (*Triticum vulgare* L.) сорта «Йолдыз» и двусемядольное растение — горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорта «Казанец». Всхожесть семян составляла более 95%.

Эксперименты по определению фитотоксичности включали несколько вариантов с различным остаточным содержанием поллютанта, в условно рекультивированных предварительно загрязненных сернистой нефтью Ямашинского месторождения АДтс и АДлс почвах Республики Татарстан (варианты В1–В4). Контролем (К) служила чистая, не загрязненная нефтью почва. В ходе рекультивации для активизации физико-химических и биологических процессов еженедельно в течение 5 месяцев осуществляли рыхление контрольных и опытных почвенных образцов. В хронических экспериментах, в качестве вегетационных сосудов использовали пластиковые емкости диаметром 11 см и объемом 550 мл. Количество повторностей в каждом варианте – 3. В опытные и контрольные емкости высаживали по 10 семян. После учета проросших семян число растений в каждом сосуде сокращали до 8. В первую неделю опыта ежедневно измеряли высоту растений. На 14-й день после появления всходов в каждой емкости на уровне поверхности почвы срезали по 4 выбранных случайным образом тест-растения. За оставшимися растениями вели наблюдения в течение 44 суток, после чего их аккуратно освобождали от земли и определяли сухую зеленую массу и сухую массу корней [11].

Сухую массу зеленых проростков и корней растений определяли путем высушивания образцов в термостате, температуру в которой поддерживают на уровне 100-105°C. Перед

высушиванием бюкс с навеской взвешивают на аналитических весах. Высушивание проводят до тех пор, пока бюкс с навеской не достигнет постоянного веса.

Остаточное содержание НП в почвах определяли сопоставлением потерь при прокаливании массы образцов чистых и загрязненных нефтью почв. Прокаливание подготовленных почвенных образцов осуществлялось в муфельной печи “SNOL 8,2/1100” при температуре 600<sup>0</sup>С в фарфоровых тиглях. Возможности использования метода потерь при прокаливании, условия прокалывания были рассмотрены ранее [3; 4]. Расчет НП производился по формуле [3]:

$$OCH = \sum_{i=1}^n (m_{i3} - \bar{M}_K) / n,$$

где OCH – масса органических соединений нефти (в данной работе рассматривается как НП),  $m_{i3}$  – потеря массы после прокалывания отдельного образца нефтезагрязненной пробы,  $\bar{M}_K$  – средняя потеря массы после прокалывания для контрольных образцов, n – количество повторностей (повторности 3). Полученные результаты подвергались стандартной статистической обработке при помощи программы OpenOffice Calc. Исследуемые варианты сравнивались используя t-критерий Стьюдента. Различия признавались значимыми при  $P \leq 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Эксперименты показали, что в АДтс почве испытанные концентрации нефтяных загрязнений практически не влияют на всхожесть семян пшеницы (табл. 1).

Таблица 1

**Всхожесть семян пшеницы и гороха на АДтс почве  
при разном остаточном содержании нефтяных загрязнений**

| Вариант | Содержание<br>НП, г/кг | Всхожесть, % |         |         |         |         |         |
|---------|------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         |                        | Пшеница      |         |         | Горох   |         |         |
|         |                        | 3 сутки      | 6 сутки | 8 сутки | 3 сутки | 6 сутки | 8 сутки |
| К       | <0.05                  | 80           | 95      | 100     | 5       | 85      | 100     |
| B1      | 4.5                    | 65           | 100     | 100     | 5       | 85      | 100     |
| B2      | 8.1                    | 85           | 90      | 100     | 10      | 80      | 100     |
| B3      | 11.8                   | 85           | 90      | 100     | 5       | 90      | 100     |
| B4      | 16.9                   | 60           | 90      | 100     | 15      | 50      | 100     |

На третьи сутки, в варианте с максимальным содержанием поллютанта, всхожесть была на 20% ниже, чем в контроле. На шестые сутки эксперимента различия нивелировались, а к 8 суткам она во всех вариантах имела одинаковые максимально достижимые значения. В варианте B4 АДтс почвы на 3 сутки всхожесть семян была в 3 раза выше, чем в контроле, на шестые сутки, наоборот, на 35% ниже, чем в чистой почве. На 8 сутки эксперимента во всех опытных вариантах взошли все посаженные растения (табл. 1).

В эксперименте с легкосуглинистой почвой на 3 сутки в вариантах B2 и B4 всхожесть семян пшеницы была на 20% ниже, чем в контроле (табл. 2). В дальнейшем, различия нивелировались, а на 8 сутки эксперимента всхожесть семян во всех вариантах составляла 100%. В опыте на АДлс почве токсическое действие поллютанта в вариантах B2-B4 задерживало прорастание семян гороха, при устранении различий между контролем и опытом к 8 суткам культивирования.

Таблица 2

**Всхожесть семян пшеницы и гороха на АДс почве  
при разном остаточном содержании нефтяных загрязнений**

| Вариант | Содержание<br>НП, г/кг | Всхожесть, % |         |         |         |         |         |
|---------|------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         |                        | Пшеница      |         |         | Горох   |         |         |
|         |                        | 3 сутки      | 6 сутки | 8 сутки | 3 сутки | 6 сутки | 8 сутки |
| К       | <0.05                  | 85           | 90      | 100     | 15      | 95      | 100     |
| B1      | 5.4                    | 75           | 95      | 100     | 15      | 100     | 100     |
| B2      | 9.7                    | 60           | 90      | 100     | 15      | 40      | 100     |
| B3      | 11.7                   | 75           | 90      | 100     | 10      | 40      | 100     |
| B4      | 21.8                   | 60           | 85      | 100     | 0       | 50      | 100     |

Анализ динамики роста пшеницы на АДс почве в варианте B4 выявил достоверное ингибирующее влияние НП в первые 2 недели эксперимента (на 54% на 6 сутки и на 35% на 13 сутки) (рис. 1). На 6 сутки вегетационного эксперимента на АДс почве в вариантах B2 и B4 наблюдалось 32% и 54% торможение роста пшеницы (рис. 2). В варианте B4 ингибирующее действие поллютанта сохранялось при увеличении времени экспозиции, на 4-6 неделях эксперимента оно составляло 25-38%.

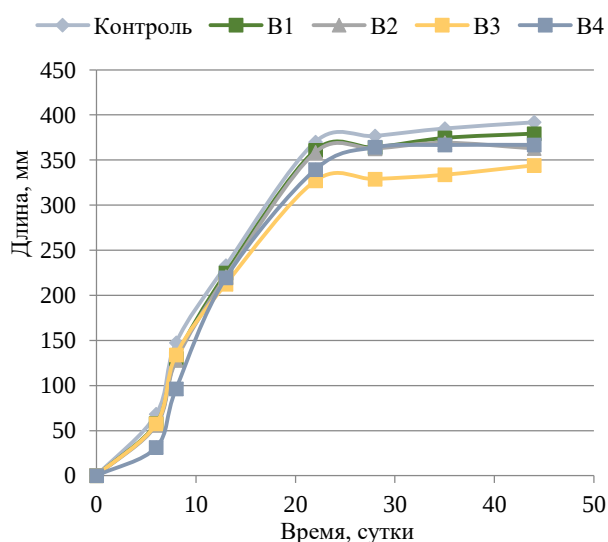


Рис. 1. Динамика роста пшеницы в хроническом эксперименте на АДс почве при разном остаточном содержании НП

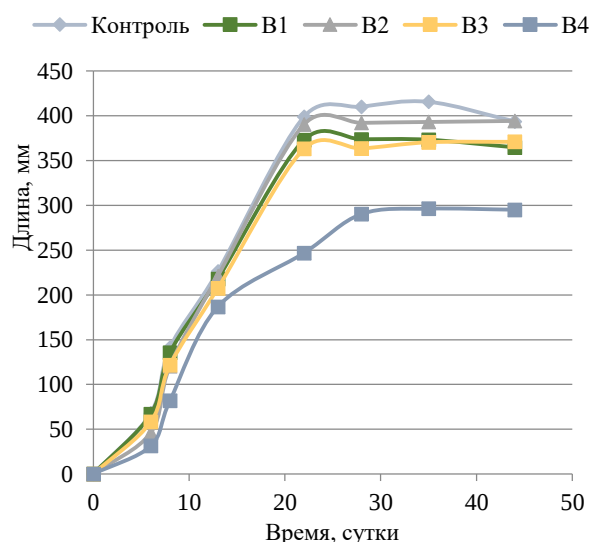


Рис. 2. Динамика роста пшеницы в хроническом эксперименте на АДс почве при разном остаточном содержании

Двудольное растение более чувствительно к нефтяному загрязнению АДс почвы. Так, в варианте B1 в первые 4 недели эксперимента наблюдалось 22-32% ингибирование роста гороха. В варианте B2 на 8 сутки экспозиции длина растений была на 23%, в B3 на 13 сутки на 28% меньше, чем в контроле (рис. 3). Как и в случае с пшеницей, в варианте B4 в ходе всего эксперимента влияние поллютанта проявлялось в замедлении роста, при незначительном увядании и подсыхании листьев гороха на последней неделе культивирования. В первую неделю экспозиции в данном варианте длина растений была на 44-55%, а на 5-6 неделе на 25-38% меньше, чем в контроле.

При культивировании гороха на АДс почве на восьмые сутки в вариантах B1 и B2 наблюдалось 26% и 49% торможение роста растений (рис. 4). При более высоком содержании поллютанта (варианты B3 и B4) ингибирующее действие на двудольные растения проявлялось на

протяжении всего периода наблюдений, причем в варианте В3 в интервале 22-42 суток эксперимента оно было более значительным и составляло 44-53%. Токсическое действие поллютанта в данных вариантах приводило к подсыханию и пожелтению верхушечных листьев. Представленные данные в целом коррелируют с ранее полученными при культивировании одно- и двудольных растений на загрязненной нефтью аллювиальной луговой почве результатами [8].

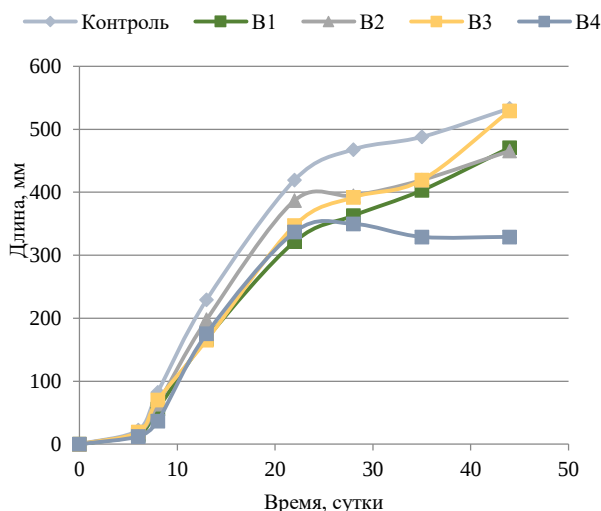


Рис. 3. Динамика роста гороха в хроническом эксперименте на АДтс почве при разном остаточном содержании НП

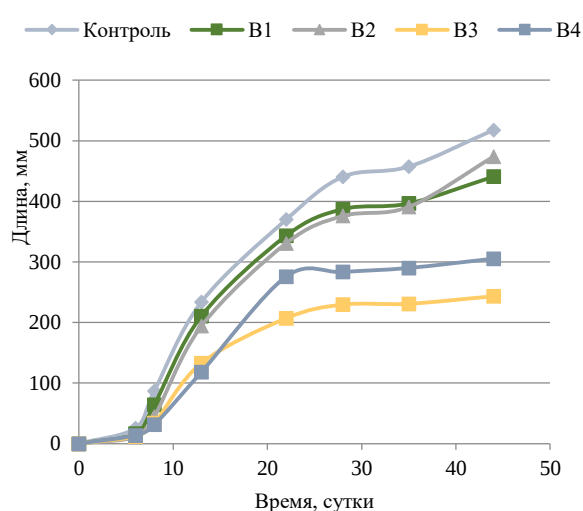


Рис. 4. Динамика роста гороха в хроническом эксперименте на АДлс почве при разном остаточном содержании НП

Высокое остаточное содержание нефтяных углеводородов в почве оказывает воздействие не только на интенсивность роста, но и на урожайность зеленой массы, развитие корневой системы растений. Так в вариантах В4 обеих почв наблюдалось снижение урожайности зеленой биомассы пшеницы, которая в конце эксперимента в легкосуглинистой почве была на 48%, а в тяжелосуглинистой на 23% ниже, чем в контроле (рис. 5).

В эксперименте на АДлс почве было выявлено наличие прямой зависимости между длиной растения пшеницы и ее зеленой массой в зависимости от дозы поллютанта ( $y = 0,0008x - 0,1512$  при значении  $R^2 = 0,9494$ ), при отсутствии таковой у пшеницы на АДтс почве и у гороха на обеих почвах. Более интенсивное, чем в контроле накопление массы корневой системы пшеницы было зарегистрировано во всех опытных вариантах на АДтс и вариантах В1 и В4 на АДлс почве (рис. 5). Необходимость активизации массообменных процессов в системе почва-растение при высоком содержании НП в вариантах В4 стимулировало развитие корневой системы, масса которой была в 1,9–2,0 раза больше, чем в контроле. Следует отметить, что корневая система пшеницы в опытных вариантах имела менее разветвленную, чем в контроле, более тонкую и длинную, чем-то похожую на стержневую структуру.

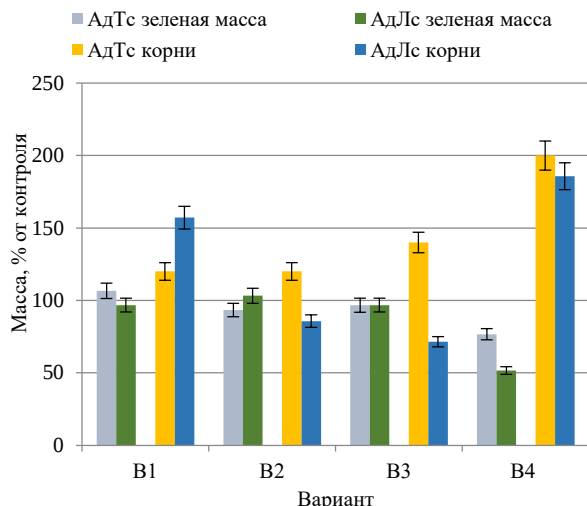


Рис. 5. Влияние остаточного содержания НП на урожайность сухой зеленой массы и развитие корневой системы пшеницы выросшей на аллювиальной дерновой почве разного гранулометрического состава

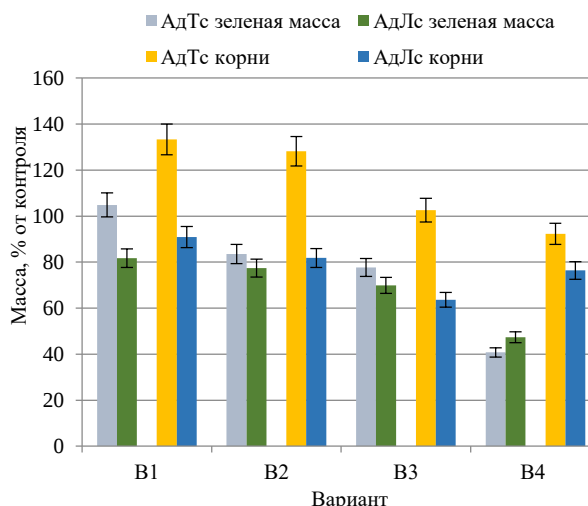


Рис. 6. Влияние остаточного содержания НП на урожайность сухой зеленой массы и развитие корневой системы гороха выросшего на аллювиальной дерновой почве разного гранулометрического состава

В хронических экспериментах с горохом, в вариантах В3–В4 на АдТс и вариантах В2–В4 на АдЛс почвах урожайность зеленой массы была достоверно ниже, чем в контроле (рис. 6). Культивирование двудольных растений на тяжелосуглинистой почве, содержащей до 8.1 г/кг НП, стимулировало развитие корневой системы, при отсутствии отрицательного влияния более высоких концентраций поллютанта. Во всех опытных вариантах на АдЛс почве, масса корневой системы гороха была на 9–36% меньше чем в контроле. Корневая система гороха в опытных вариантах имела достаточно развитую стеблевую корневую систему. По мере роста содержания НП в почве наблюдалось уменьшение толщины основного корня при увеличении его длины. Сопоставление полученных данных показало, что интенсивность метаболизма поллютанта в ходе выращивания определялось его концентрацией в среде, характеристиками почвы, свойствами растений. Выращивание пшеницы на АдТс почве привело к снижению содержания поллютанта в вариантах В2 и В3, в АдЛс почве, в вариантах В2–В4. При культивировании гороха на АдТс почве снижение содержания НП наблюдалось в вариантах В2 и В3, на АдЛс в вариантах В1 и В4 (табл. 3).

Таблица 3

**Относительное остаточное содержание НП в опытных вариантах аллювиальной дерновой почвы выращивания пшеницы и гороха (% от исходного)**

| Вариант | Тест-объект |      |       |      |
|---------|-------------|------|-------|------|
|         | Пшеница     |      | Горох |      |
|         | АдТс        | АдЛс | АдТс  | АдЛс |
| В1      | 100%        | 90%  | 100%  | 63%  |
| В2      | 74%         | 63%  | 83%   | 100% |
| В3      | 69%         | 64%  | 84%   | 95%  |
| В4      | 98%         | 79%  | 100%  | 79%  |

Особенностью использованной в работе АдЛс почвы оказалось преобладание в ней четных n-алканов над нечетными, с максимумом их содержания в среднемoleкулярной области ( $C_{14}$  -  $C_{26}$ ), что рассматривается как довольно редкое явление в геосфере [10].

Вышеуказанная особенность почвы, способность гороха активизировать почвенные микробиологические процессы, вероятно, явились причиной наблюдаемых отличий в эффективности деструкции поллютанта в АДлс почвах в вариантах с разным исходным содержанием НП.

**Выводы.** Высокое остаточное содержание НП в рекультивированной почве приводило к увеличению времени прорастания семян, при отсутствии влияния на их всхожесть. При выращивании пшеницы на рекультивированной АДтс почве токсическое действие НП проявлялось только на ранних этапах развития растений при остаточном содержании поллютанта 16,9 г/кг. В варианте АДлс почвы, содержащей 21,8 г/кг поллютанта, торможение роста растений пшеницы наблюдалось в ходе всего эксперимента. При выращивании гороха на загрязненной АДтс почве содержащей НП в концентрации 16,9 г/кг, на АДлс почве содержащей 11,7 г/кг и выше на протяжении всего эксперимента наблюдалось торможение роста растений, с тенденцией увеличения токсического эффекта к концу эксперимента.

Нефтяные загрязнения в концентрации до 11-12 г/кг в рекультивированной аллювиальной дерновой тяжело- и легкосуглинистой почвах не оказывают влияние на урожайность зеленой массы пшеницы.

Остаточное содержание нефтяных загрязнений в аллювиальной дерновой почве 9,7 г/кг и выше ингибирует рост растений гороха, приводит к снижению урожайности зеленой массы.

Культивирование пшеницы и гороха в вариантах, содержащих в АДтс почве 16,9 г/кг поллютанта, приводило к 23 и 59% снижению урожайности зеленой массы растений, в АДлс почве при остаточном содержании нефтепродуктов 21,8 г/кг снижение урожайности составило 48% и 53%, соответственно. Присутствие поллютанта в почве приводило к изменению структуры корневой системы выращиваемых растений.

Эффективность окисления нефтяных загрязнений при выращивании растений на рекультивированной аллювиальной дерновой почве не превышает 37% и определяется их исходной концентрацией. Одно- и двудольные культурные растения при культивировании на тяжелых почвах более устойчивы к отрицательному действию НП. Полученные данные показывают, что в сравнении с пшеницей, двудольное растение горох посевной более чувствительно к присутствию НП в рекультивированной почве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинин А.А., Каримуллин Л.К., Петров А.М., Кузнецова Т.В. Влияние фиторекультивационных мероприятий на активность микробного сообществ нефтезагрязненной аллювиальной дерновой почвы // Российский журнал прикладной экологии. 2021. №1. С. 52-57.
2. ГОСТ Р ИСО 22033-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность в отношении высших растений».
3. Зайнулгабидинов Э.Р., Игнатьев Ю.А., Петров А.М. Оптимизация метода потери массы при прокаливании для определения остаточного содержания органических соединений нефти в загрязненных почвах // Российский журнал прикладной экологии. 2021. №1. С. 64-71.
4. Игнатьев Ю.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М. Применение метода прокаливании для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах // Российский журнал прикладной экологии. 2018. №3. С. 34-37.
5. Киреева Н.А., Водопьянов В.В. Мониторинг растений, используемых для фиторемедиации нефтезагрязненных почв // Экология и промышленность России. 2007. №9. С. 46-47.
6. Киреева Н.А., Григориади А.С., Баширова Р.М., Амирова А.Р. Использование бархатцев прямостоячих *Tagetes erecta* L. для фиторемедиации почвы, загрязненной нефтяными углеводородами // Агрохимия. 2012. №5. С. 66-72.

7. Киреева Н.А., Григориади А.С., Водопьянов В.В., Амирова А.Р. Подбор растений для фиторемедиации почв, загрязненных нефтяными углеводородами // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, №5. С. 184–187.
8. Кольцова Т.Г., Григорьян Б.Р., Сунгатуллина Л.М., Петров А.М., Башкиров В.Н. Оценка фитотоксичности серых лесных почв в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. №18. С. 185–191.
9. Мазунина Л.Е. Особенности анатомии и морфологии высших растений в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Нижневартского государственного гуманитарного университета. 2009. №1. С. 16–18.
10. Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Шагидуллин Р.Р., Иванов Д.В., Кузнецова Т.В., Каримуллин Л.К. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах для земель лесного фонда республики татарстан // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №20. С. 265–270.
11. Утомбаева А.А., Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Игнатьев Ю.А., Кузнецова Т.В. Динамика роста высших растений на рекультивированных нефтезагрязненных аллювиальных луговых почвах разного гранулометрического состава // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №1. С. 60–65.
12. ФР.1.39.2006.02264. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв 2009. С-Пб. 22 с.
13. Шагидуллин Р.Р., Петров А.М., Иванов Д.В., Тарасов О.Ю., Шагидуллина Р.А., Буфатина М.А. Методические подходы к нормированию содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах // Экология и промышленность России. 2011. №6. С. 24–286.
14. Adam G., Duncan H. Influence of diesel fuel on seed germination // Environmental pollution. 2002. Vol. 120. №2. P. 363–370. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00119-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00119-7)
15. Allamin I.A., Halmi M.I.E., Yasid N.A., Ahmad S.A., Abdullah S.R.S., Shukor Y. Rhizodegradation of petroleum oily sludge-contaminated soil using *Cajanus cajan* increases the diversity of soil microbial community // Scientific reports. 2020. Vol. 10. №1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60668-1>
16. Alotaibi F., Hijri M., St-Arnaud M. Overview of Approaches to Improve Rhizoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils // Applied Microbiology. 2021. Vol. 1. №2. P. 329–351. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol1020023>
17. Dmitrieva T.V. Phytoremediation of Oil-Sludge-Contaminated Soil // International Journal of Phytoremediation. 2008. Vol.10. №6. P. 486–502. <https://doi.org/10.1080/15226510802114920>
18. Euliss K., Ho C. H., Schwab A. P., Rock S., Banks M. K. Greenhouse and field assessment of phytoremediation for petroleum contaminants in a riparian zone // Bioresource technology. 2008. Vol. 99. №6. P. 1961–1971. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.055>
19. Gamage S.S.W., Masakorala K., Brown M.T., Gamage S.M.K. W. Tolerance of *Impatiens balsamina* L., and *Crotalaria retusa* L. to grow on soil contaminated by used lubricating oil: A comparative study // Ecotoxicology and environmental safety. 2020. Vol. 188. P. 109911. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109911>
20. Haider F.U., Ejaz M., Cheema S.A., Khan M.I., Zhao B., Liqun C., Mustafa A. Phytotoxicity of petroleum hydrocarbons: Sources, impacts and remediation strategies // Environmental Research. 2021. Vol. 197. P. 111031. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111031>
21. Hoang S.A., Lamb D., Seshadri B., Sarkar B., Cheng Y., Wang L., Bolan N. S Petroleum hydrocarbon rhizoremediation and soil microbial activity improvement via cluster root formation by wild proteaceae plant species // Chemosphere. 2021. Vol. 275. P. 130135. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130135>
22. Huybrechts M., Cuypers A., Deckers J., Iven V., Vandionant S., Jozefczak M., Hendrix S. Cadmium and plant development: an agony from seed to seed // International journal of molecular sciences. 2019. Vol. 20. №16. P. 3971. <https://doi.org/10.3390/ijms20163971>
23. Kondrashina V., Strijakova E., Zinnatshina L., Bocharnikova E., Vasilyeva G. Influence of activated carbon and other additives on bioremediation rate and characteristics of petroleum-contaminated soils // Soil Science. 2018. Vol. 183. №4. P. 150–158. <https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000234>
24. Mukome F.N., Buelow M.C., Shang J., Peng J., Rodriguez M., Mackay D.M., Parikh S.J. Biochar amendment as a remediation strategy for surface soils impacted by crude oil // Environmental Pollution. 2020. Vol. 265. P. 115006. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115006>
25. Muratova A.Y., Dmitrieva T.V., Panchenko L.V., Turkovskaya O.V. Phytoremediation of oil-sludge-contaminated soil // International Journal of Phytoremediation. 2008. Vol. 10. №6. P. 486–502. <https://doi.org/10.1080/15226510802114920>
26. Panchenko L., Muratova A., Turkovskaya O. Comparison of the phytoremediation potentials of *Medicago falcata* L. and *Medicago sativa* L. in aged oil-sludge-contaminated soil // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 24. №3. P. 3117–3130. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8025-y>

27. Prabakaran K., Li J., Anandkumar A., Leng Z., Zou C.B., Du D. Managing environmental contamination through phytoremediation by invasive plants: A review // *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 138. P. 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.002>

28. Vasilyeva G.K., Kondrashina V.S., Strijakova E.R., Pinsky D.L. Express-phytotest for choosing conditions and following process of soil remediation // *Environmental Geochemistry and Health*. 2020. P. 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00727-8>

## REFERENCES

1. Vershinin, A.A., Karimullin, L.K., Petrov, A.M., & Kuznetsova, T.V. (2021). Vliyanie fitorekul'tivatsionnykh meropriyatii na aktivnost' mikrobnogo soobshchestvaneftezagryaznennoi allyuvial'noi dernovoi pochvy. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, (1), 52-57. (in Russ.).
2. GOST R ISO 22033-2009 "Kachestvo pochvy. Biologicheskie metody. Khronicheskaya toksichnost' v otnoshenii vysshikh rastenii". (in Russ.).
3. Zainulgabidinov, E.R., Ignat'ev, Yu.A., & Petrov, A.M. (2021). Optimizatsiya metoda poteri massy pri prokalivani dlya opredeleniya ostatochnogo soderzhaniya organicheskikh soedinenii nefiti v zagryaznennykh pochvakh. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, (1), 64-71. (in Russ.).
4. Ignat'ev, Yu.A., Zainulgabidinov, E.R., & Petrov, A.M. (2018). Primenenie metoda prokalivaniya dlya opredeleniya soderzhaniya allokhthonnykh uglevodorodov nefiti v serykh lesnykh pochvakh. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, (3), 34-37. (in Russ.).
5. Kireeva, N.A., & Vodop'yanov, V.V. (2007). Monitoring rastenii, ispol'zuemykh dlya fitoremediatsii neftezagryaznennykh pochv. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (9), 46-47. (in Russ.).
6. Kireeva, N.A., Grigoriadi, A.S., Bashirova, R.M., & Amirova, A.R. (2012). Ispol'zovanie barkhattsev pryamostoyachikh *Tagetes erecta* L. dlya fitoremediatsii pochvy, zagryaznennoi nefityanymi uglevodorodami. *Agrokimiya*, (5), 66-72. (in Russ.).
7. Kireeva, N.A., Grigoriadi, A.S., Vodop'yanov, V.V., & Amirova, A.R. (2011). Podbor rastenii dlya fitoremediatsii pochv, zagryaznennykh nefityanymi uglevodorodami. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 13(5), 184-187. (in Russ.).
8. Kol'tsova, T.G., Grigor'yan, B.R., Sungatullina, L.M., Petrov, A.M., & Bashkirov, V.N. (2016). Otsenka fitotoksichnosti serykh lesnykh pochv v usloviyakh nefityanogo zagryazneniya. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*, 19(18), 185-191. (in Russ.).
9. Mazunina, L.E. (2009). Osobennosti anatomii i morfologii vysshikh rastenii v usloviyakh nefityanogo zagryazneniya. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 16-18. (in Russ.).
10. Petrov, A.M., Zainulgabidinov, E.R., Shagidullin, R.R., Ivanov, D.V., Kuznetsova, T.V., & Karimullin, L.K. (2013). Razrabotka normativov dopustimogo ostatochnogo soderzhaniya nefiti i produktov ee transformatsii v pochvakh dlya zemel' lesnogo fonda respublik tatarstan. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 16(20), 265-270. (in Russ.).
11. Utombaeva, A.A., Petrov, A.M., Zainulgabidinov, E.R., Ignat'ev, Yu.A., & Kuznetsova, T.V. (2020). Dinamika rosta vysshikh rastenii na rekul'tivirovannykh neftezagryaznennykh allyuvial'nykh lugovykh pochvakh raznogo granulometricheskogo sostava. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, (1), 60-65. (in Russ.).
12. FR.1.39.2006.02264. Metodika vypolneniya izmerenii vskhozhesti semyan i dliny kornei prorostkov vysshikh rastenii dlya opredeleniya toksichnosti tekhnogenno zagryaznennykh pochv (2009). St. Petersburg. (in Russ.).
13. Shagidullin, R.R., Petrov, A.M., Ivanov, D.V., Tarasov, O.Yu., Shagidullina, R.A., & Bufatina, M.A. (2011). Metodicheskie podkhody k normirovaniyu soderzhaniya nefiti i produktov ee transformatsii v pochvakh. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (6), 24-286. (in Russ.).
14. Adam, G., & Duncan, H. (2002). Influence of diesel fuel on seed germination. *Environmental pollution*, 120(2), 363-370. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00119-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00119-7)
15. Allamin, I. A., Halmi, M. I. E., Yasid, N. A., Ahmad, S. A., Abdullah, S. R. S., & Shukor, Y. (2020). Rhizodegradation of petroleum oily sludge-contaminated soil using *Cajanus cajan* increases the diversity of soil microbial community. *Scientific reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60668-1>
16. Alotaibi, F., Hijri, M., & St-Arnaud, M. (2021). Overview of Approaches to Improve Rhizoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils. *Applied Microbiology*, 1(2), 329-351. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol1020023>
17. Dmitrieva, T.V. (2008). Phytoremediation of Oil-Sludge-Contaminated Soil. *International Journal of Phytoremediation*, 10(6), 486-502. <https://doi.org/10.1080/15226510802114920>
18. Euliss, K., Ho, C. H., Schwab, A.P., Rock, S., & Banks, M.K. (2008). Greenhouse and field assessment of phytoremediation for petroleum contaminants in a riparian zone. *Bioresource technology*, 99(6), 1961-1971. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.055>

19. Gamage, S.S. W., Masakorala, K., Brown, M.T., & Gamage, S.M.K. W. (2020). Tolerance of *Impatiens balsamina* L., and *Crotalaria retusa* L. to grow on soil contaminated by used lubricating oil: A comparative study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 188, 109911. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109911>
20. Haider, F.U., Ejaz, M., Cheema, S.A., Khan, M.I., Zhao, B., Liqun, C., ... & Mustafa, A. (2021). Phytotoxicity of petroleum hydrocarbons: Sources, impacts and remediation strategies. *Environmental Research*, 197, 111031. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111031>
21. Hoang, S.A., Lamb, D., Seshadri, B., Sarkar, B., Cheng, Y., Wang, L., & Bolan, N.S. (2021). Petroleum hydrocarbon rhizoremediation and soil microbial activity improvement via cluster root formation by wild proteaceae plant species. *Chemosphere*, 275, 130135. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130135>
22. Huybrechts, M., Cuypers, A., Deckers, J., Iven, V., Vandionant, S., Jozefczak, M., & Hendrix, S. (2019). Cadmium and plant development: an agony from seed to seed. *International journal of molecular sciences*, 20(16), 3971. <https://doi.org/10.3390/ijms20163971>
23. Kondrashina, V., Strijakova, E., Zinnatshina, L., Bocharnikova, E., & Vasilyeva, G. (2018). Influence of activated carbon and other additives on bioremediation rate and characteristics of petroleum-contaminated soils. *Soil Science*, 183(4), 150-158. <https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000234>
24. Mukome, F.N., Buelow, M.C., Shang, J., Peng, J., Rodriguez, M., Mackay, D.M., ... & Parikh, S.J. (2020). Biochar amendment as a remediation strategy for surface soils impacted by crude oil. *Environmental Pollution*, 265, 115006. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115006>
25. Muratova, A.Y., Dmitrieva, T.V., Panchenko, L.V., & Turkovskaya, O.V. (2008). Phytoremediation of oil-sludge-contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation*, 10(6), 486-502. <https://doi.org/10.1080/15226510802114920>
26. Panchenko, L., Muratova, A., & Turkovskaya, O. (2017). Comparison of the phytoremediation potentials of *Medicago falcata* L. and *Medicago sativa* L. in aged oil-sludge-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 3117-3130. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8025-y>
27. Prabakaran, K., Li, J., Anandkumar, A., Leng, Z., Zou, C.B., & Du, D. (2019). Managing environmental contamination through phytoremediation by invasive plants: A review. *Ecological Engineering*, 138, 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.002>
28. Vasilyeva, G.K., Kondrashina, V.S., Strijakova, E.R., & Pinsky, D.L. (2020). Express-phytotest for choosing conditions and following process of soil remediation. *Environmental Geochemistry and Health*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00727-8>

дата поступления: 25.08.2021

дата принятия: 03.12.2021

© Утомбаева А.А., Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Игнатьев Ю.А., 2022

UDC 631.47

AGRIS P30

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/11>

Talibi S.M., Hasanova T.A.

## ENVIRONMENTALLY SIGNIFICANT INDICATORS OF MOUNTAIN MEADOW SOILS IN AZERBAIJAN

Талиби С.М., Гасанова Т.А.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА

**Abstract.** The most widespread soils in the Republic of Azerbaijan are mountain-meadow soils. The aim of the research was a comprehensive and comparative study of morphodiagnostic parameters, physical and chemical properties, as well as the biochemical activity of natural and anthropogenically modified biogeocenoses of the Kedabey region. The area has unique flora and fauna. Surroundings of the villages Gara Murad, Kichik Garamurad, Saratovka and others were investigated. The research was carried out on virgin and cultivated lands in villages. The degree of mineralization of the rivers Zayamchay and Chekhrichay ranges from 140 to 430 mg. The groundwater level in these areas exceeds 2 m, salinization processes are active. A herbarium was collected and the floristic composition of natural cenoses was determined. Invertebrates were also collected and the dominant composition of the fauna of natural cenoses was determined. Of the saprophages in these biocenoses, woodlice of the genus *Hemilepisthus* and *Armadillidium* are widely used. The most intensive decomposition of the remains of cereal vegetation is observed in the soil of the coastal strip (65.9%). In the natural cenosis, the rate of destruction of saltwort and salt-tolerant grass vegetation reaches 44.3%. The main role in the destruction of plant remains is played by a group of saprophages, which actively use plant litter. The decomposing material reaches its final stage of microbiological transformation. The duration and amount of CO<sub>2</sub> in different soil horizons were also studied. It has been established that with increasing depth, the amount of carbon dioxide decreases. The hydrolytic activity of invertase and urease enzymes in the studied soils can be assessed as very weak. Comparative results of all these agrochemical studies helped to develop virgin soils in agriculture on the plains and achieve high productivity.

**Keywords:** humification, decomposition, chemical parameters, classification, salinization, invertebrates.

**About the authors:** Talibi Sima Mammad, Ph.D., Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan; Hasanova Turkan Allahverdi, ORCID: 0000-0002-5040-2599, Ph.D.,

**Аннотация.** Наиболее распространенными почвами в Азербайджанской Республике являются горно-луговые почвы. Целью исследований стало комплексное и сравнительное изучение морфодиагностических параметров, физико-химических свойств а также биохимической активности естественных и антропогенно измененных биоеоценозов Кедабейского района. Район имеет уникальную флору и фауну. Были исследованы окрестности сел Гара Мурад, Кичик Гарамурад, Саратовка и другие. Исследования проводились на целинных и обрабатываемых землях в селах. Степень минерализации рек Заямчай и Чехричай колеблется от 140 до 430 мг. Уровень грунтовых вод в этих районах превышает 2 м, процессы засоления идут активно. Был собран гербарий и определен флористический состав природных ценозов. Также были собраны беспозвоночные и определен доминирующий состав фауны природных ценозов. Из сапрофагов на этих биоценозах широкое распространение получили мокрицы рода *Hemilepisthus*, *Armadillidium*. Наиболее интенсивное разложение остатков злаковой растительности отмечается в почве прибрежной полосы (65,9%). На естественном ценозе темпы деструкции солянковый и солеустойчивой злаковой растительностью достигает 44,3%. В деструкции растительных остатков главную роль играет группа сапрофагов, которые активно используют растительный опад. Разложившийся материал достигает своей конечной стадии микробиологического превращения. Также изучались продолжительность и количество CO<sub>2</sub> в разных горизонтах почвы. Установлено, что с увеличением глубины количество углекислого газа уменьшается. Гидролитическую активность ферментов инвертазы и уреазы в изучаемых почвах можно оценить как очень слабую. Сравнительные результаты всех этих агрохимических исследований помогли освоить целинные почвы в земледелии на равнинах и добиться высокой продуктивности.

**Ключевые слова:** гумификация, разложение, химические показатели, классификация, засоление.

**Сведения об авторах:** Талиби Сима Маммад, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, Институт почвоведения и агрохимии национальной академии наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан; Гасанова Туркан Аллахверди, ORCID: 0000-0002-5040-2599, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, Институт почвоведения и агрохимии

Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku,  
Azerbaijan, turkanhesenova@mail.ru

национальной академии наук Азербайджана, г. Баку,  
Азербайджан, turkanhesenova@mail.ru

Talibi S.M., Hasanova T.A. Significant Indicators of Mountain Meadow Soils in Azerbaijan // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 102–107. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/11>

Talibi, S.M. & Hasanova, T.A. (2022). Significant Indicators of Mountain Meadow Soils in Azerbaijan. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 102–107. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/11>

**Introduction.** Azerbaijan possesses 9 of 11 world climatic zones, which are characterized by the development of unique and endemic soil types [1; 9; 11].

The meadow soil type was first studied in 1908 in Central Asia. The formation of mountain meadow soils is mainly on lyos rocks [8; 10].

The latitude and longitude of the study area is in this range E 45° 0'-47° 08' N41° 17'-40° 19'. Average annual humidity 75%, annual precipitation 600-900 mm. The average annual wind speed is 2.2 m/s [9]. Possible evaporation occurs at a distance of 1169-1119 mm from the surface of the coating. From April to November, there is more evaporation than precipitation, and the soil during this period experiences a lack of moisture. The groundwater level is deep [20].

**Experimental part.** Gadabay has its unique flora and fauna. Studies were carried out in the villages of Gara Murad, Saratovka, Slavyanka, Kichik Garamurad and river valleys (in 2017-2019 years). Herbarium materials were collected and the floristic composition was determined, soil samples were also taken from cuts up to 1.80 meters deep for laboratory analysis. In order to highlight the important role of vegetation in the process of soil formation and especially in the formation of humus, the surface phytocomplex and root mass of plants were determined in different seasons of the year. The amount of phytomass was determined once a year during the period of maximum vegetation development (end of May). The determination of the aerial parts of plants was collected 5 times in repetition from 1 m<sup>2</sup> of area. The grass was cut 2 cm above the soil surface, sunflowers and grapes were harvested, dried in the open air, and then the dry weight was determined. The number of plant species prevailing in the collected herbarium materials was determined. There is no forest cover in the river basin. Water samples were taken with a bathometer in the part of the river Zayamchay, Cehrichay passing through the study area, mineralization and quality analyzes were carried out in the laboratory to determine their suitability for irrigation [21]. Both of them a stormy and abounding river. At each selected site, soil sections were laid down to the depth of the parent rock. In quiet sections, samples were taken for soil analysis (fig. 1, 2). Totally 15 land plots were laid. Some of the physical and chemical parameters characteristics are shown in the following tables (tabl.).

Table

**Average indicators of the chemical composition of the soil, %**

| Soil depth | Humus | P    | Na   | N    | pH  | SO <sub>4</sub> | Ca    | Mg    | Cl   |
|------------|-------|------|------|------|-----|-----------------|-------|-------|------|
| 0-16 sm    | 3.27  | 0.26 | 2.35 | 0.39 | 7.8 | 1.895           | 0.010 | 0.005 | 0.32 |
| 16-37 sm   | 2.32  | 0.22 | 2.12 | 0.23 | 7.9 | 2.394           | 0.008 | 0.002 |      |
| 37-58 sm   | 1.81  | 0.20 | 2.97 | 0.37 | 7.5 |                 |       |       |      |
| 58-77 sm   | 1.17  | 0.13 | 2.13 | 0.21 | 7.4 | 0.167           | 0.012 |       |      |
| 77-118 sm  | 0.68  | 0.09 | 2.18 | 0.32 | 7.5 |                 |       |       |      |
| 118-152 sm | 0.25  | 0.11 | 3.08 | 0.20 | 7.3 | 1.707           | 0.021 | 0.004 |      |

In several villages of the Gadabay region, soil samples were taken from soil crops and their physico-chemical properties were studied. The studies were carried out in different seasons of the year both in natural and cultivated cenosis. At the same time, the quality of river water passing through the territory of the Gadabay region and used as irrigation water was studied [5; 7].

Gravitational analysis of water (brief and complete) – E.B. Arinushkina, water-physical properties (hygroscopic moisture) – N.A. Kaczynski; absorbed bases – K.K. Hedroits; carbonates  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CO}_2$  – with a calcimeter; The content of total nitrogen and humus – Tyurin's method; with pH ionometer-pH meter; ratio C:N –  $\text{CO}_2$  according to the Tolubev method [17-21].

**Discussion of the results.** The most intensive decomposition of the remains of cereal vegetation is observed in the soil of the coastal strip – 65.9%. Such an intense decomposition of the substance can be explained by sufficient aeration of soil horizons and the active oxidization of plant residues by atmospheric oxygen. In the natural cenosis, the destruction rate of saltwort and salt-tolerant grass vegetation reaches 44.3% in the processing of plant residues, the main role is played by a group of saprophages *Hemilepistus* woodlice, which actively drag the plant decay and the decomposed material reaches its final stage of microbiological transformation [12-15].

Carbonization is observed along the profile, starting from the surface of 0-25 cm. The rest of the salts and compounds were washed off the profile. Gray soils are prone to salinization. The soils of these and other territories differ depending on the conditions of soil formation and the natural cenosis. The results of the analysis of seasonal studies of the content of nutrients in dependent particles of irrigation water show that a significant amount of nutrients is introduced to the fields by dependent water particles. This has a positive effect on the fertility of irrigated lands and an increase in their productivity Saratovka, 1340 m above sea level. 250 m east of the gorge southwest gentle undulating slope, rocky pastures [16].

$\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  in mountain meadow soils gradually increases from the upper horizons 0.010-0.002%, to the lower 0.027-0.004%. The  $\text{Na}^+$  content also increases from the upper horizons of 2.27% to the lower ones, amounting to 3.08 %. On the agrocenosis of forage plants, the content of  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  cations along the profile is much higher than in virgin soils of the natural cenosis. The total amount of  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  increases both in the upper horizons and in the lower horizons. In mountain meadow soils of natural and cultivated cenoses, the pH changes between 7.3-7.8.

The following chart shows the percent of humus, dry residue and total salts in mountain meadow soils of Gadabay region (fig. 1, 2).

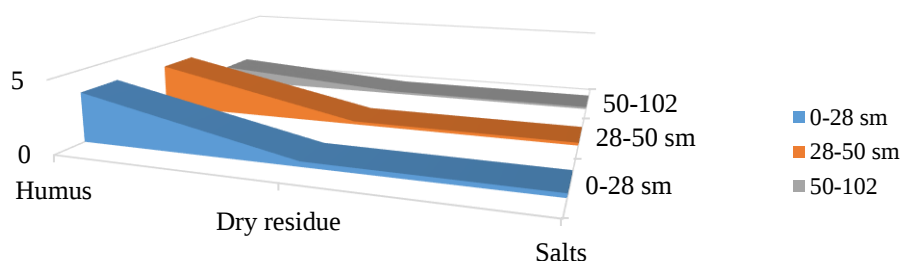


Fig. 1. Change in the content of organic and mineral components depending on the horizon

The activity of the catalase enzyme involved in the oxidation reactions of organic residues in the soil with sagebrush-ephemeral vegetation – 2.30 ml  $\text{O}_2$ /g. soil. Indicators of the enzyme invertase gradually increase in biotopes far from populated areas and reach 3.40 mg.gluc./g.soil in 24 hour. Determination in

soil samples of the same biotopes of the activity of another hydrotic enzyme urease involved in the transformation of more complex compounds. if in the soil developing under saline vegetation its indicators (in a 0-30 cm layer) vary between 0.2-0.6 mg, then in the soil under halophyte grass vegetation, the activity of the enzyme increases to 0.4-1.1 mg  $\text{NH}_3/\text{g.soil}$  in 24 hour. In general, the hydrolytic activity of invertase and urease enzymes in the studied soils can be assessed as very weak.

The activity of the enzyme was significantly influenced by the growing vegetation, the root system of which and their remains not only improve the soil structure and aerobicity, but also enrich the soil with organic components stimulating biochemical processes and their oxidative-hydrolytic transformation [17-19].



Fig. 2. Points of soil cuts and collected phytomass in the villages of Gadabay region

From 1 kg of soil at a depth of 0-25 cm, 8.2 mg of  $\text{CO}_2$  was released, at a depth of 6.8 mg of  $\text{CO}_2$  20-50 cm in 1 hour. From a characteristic sample of soil crops laid on dark mountain meadow soils, 14.6 mg/kg.h of  $\text{CO}_2$  was isolated from a depth of 0-25 cm, and 11.0 mg/kg.h from a depth of 25-50 cm. In irrigated meadow soils, from a sample taken from a depth of 0-25 cm and from a depth of 25-50 cm,  $\text{CO}_2$  was released 17.6 and 11.9 mg/kg.h. As depth increases, the amount of carbon dioxide decreases.

**Conclusion.** River Cehrichay has 7 tributaries, the self-regulation coefficient is 0.67. The volume of annual imports is 28.000 tons. The degree of mineralization river Zayamchay varies from 140 to 430 mg. The waters of these rivers are irrigation waters, which are dominated by calcium carbonate. In river sediments, the content of absorbed bases does not change in contrast. The content of  $\text{Mg}^{+2}$  and  $\text{Ca}^{+2}$  cations is 4.3 mg/ekv and 9.6 mg/ekv. It was revealed that the activity of catalase in natural cenoses of the studied soils varies between 2.03-2.80 ml  $\text{O}_2/\text{g.soil}$ , invertase 3.80-6.90 mg.gluc./g.soil and urease 2.88 mg. $\text{NH}_3/\text{g.soil}$ . A close correlation was found between soil moisture and enzymes (catalase, invertase) respectively, for cenoses 0.59-0.84; 0.66-0.89; and 0.74-0.94; 0.67-0.98 and 0.7-0.80. Average annual humidity 75%, annual precipitation 600-900 mm. The average annual wind speed is 2.2 m/s.  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  in mountain meadow soils gradually increases from the upper horizons 0.010% – 0.002%, to the lower 0.027% – 0.004%. The  $\text{Na}^+$  content also increases from the upper horizons of 2.27% to the lower ones, amounting to 3.08%. On the agrocenosis of forage plants, the content of  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  cations along the profile is much higher than in virgin soils of the natural cenosis. The total amount of  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  increases both in the upper horizons and in the lower horizons. In mountain meadow soils of natural and cultivated cenoses, the pH changes between 7.3-7.8.

The herbarium was collected and the dominant floristic composition of natural cenosis was determined: *Vicia faba* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Artemisia vulgaris* L., *Anthemis candidissima*

Willd. ex Spreng., *Veronica vulgaris* Opiz, *Galium tricornutum* Dandy, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Daucus carota* L., *Trifolium medium* L., *Avena sativa* L., *Apium graveolens* L. and others.

Invertebrates were collected and the dominant composition of the fauna of natural cenoses was determined: *Tettigonidae*, *Hemiptera*, *Cerambycidae*, *Tenebrionidae*, *Coccinellidae*, *Cryllidae*, *Castropoda*, *Arachnidae*, *Alleculidae*, *Diptera*, *Isopoda*, *Lumbricidae*, *Carabidae*, *Curculionidae*, *Lepidoptera* and others.

Therefore, agriculture has a positive effect on soil processes. The roots of vegetables and cereals determine the high productivity of the aboveground mass.

## REFERENCES

1. Askerova, G. F. (2019). Vnedrenie biologicheski aktivnykh veshchestv i biogumusa dlya vosstanovleniya plodorodiya oroshaemykh lugovo-serozemnykh pochv. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza*, 15(3), 22-25.
2. Hasanova, T., Mammadova, G., & Asgarova, G. (2021). Phytomass of Gray-Brown Soils Forming in Arid Ecosystem of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*, 7(9), 110-115. (in Russ.). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/11>
3. Basiouny, A. (2021). Enzymatic efficacy of Nimbecidine®, a neem extract, against the phosphatases in certain tissues of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 4(1), 127-147. <https://doi.org/10.21608/aasj.2021.62324.1054>
4. Blanco-Canqui, H., & Benjamin, J. G. (2013). Impacts of soil organic carbon on soil physical behavior. *Quantifying and modeling soil structure dynamics*, 3, 11-40. <https://doi.org/10.2134/advagricsystmodel3.c2>
5. Bogoeva, A. L., & Durakova, A. G. (2020). Sorption characteristics of full-fatted grape seeds flour of Bulgarian origin. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100026>
6. Bull, J. W. (2002). *Soil-Structure interaction: numerical analysis and modelling*. CRC Press.
7. Busse, M., Giardina, C., Morris, D., & Page-Dumroese, D. (2019). *Global Change and Forest Soils: Cultivating Stewardship of a Finite Natural Resource*. Elsevier.
8. Castellini, M., & Iovino, M. (2019). Pedotransfer functions for estimating soil water retention curve of Sicilian soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(10), 1401-1416. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1566710>
9. Chopde, S., Datir, R., Deshmukh, G., Dhotre, A., & Patil, M. (2020). Nanoparticle formation by nanospray drying & its application in nanoencapsulation of food bioactive ingredients. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100085>
10. Fukumasu, J., Jarvis, N., Koestel, J., Kätterer, T., & Larsbo, M. (2022). Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties. *European Journal of Soil Science*, 73(1), e13212. <https://doi.org/10.1111/ejss.13212>
11. Fukumasu, J. (2022). Relations between soil organic carbon, soil structure and physical processes in an agricultural topsoil: The role of soil mineral constituents.
12. Hasanova, T.A. (2021). Application Ict To Research The Influence Of Flooding Of The Kish River On Agroecological Indicators Of Irrigation Water And Soils Of Natural Senoses. *Journal of Academic Research*, 59(2), 68-74.
13. Hasanova, T.A. (2015). Complexes (Ecogroups) of the invertebrates, phytomass and dynamics of microbiological population and their importance at grey-brown soils diagnostics in Azerbaijan. *Universal Journal of Agricultural Researches*, 3(4-2015), 130-134.
14. Hasanova T.A. (2021). Fundamentals of fertilizers on gray-meadow soils of the Gadabay region of Azerbaijan // *Biology, Plant Ecology*. №10.
15. Hasanova, T. A., & Hasanov, A. B. (2021). Soil-melioration peculiarities in basin of Kish river. *Annals of Agrarian Sciences, Georgia*, 19(2), 126-135.
16. Hasanova, T. A., & Mammadova, G. I. (2021). Importance of biodiagnostics and irrigation grey-brown soils. *Universal Journal of Agricultural Research*, (13).
17. Hatten, J., & Liles, G. (2019). A 'healthy'balance–The role of physical and chemical properties in maintaining forest soil function in a changing world. In *Developments in Soil Science* (Vol. 36, pp. 373-396). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63998-1.00015-X>
18. Mammadov, E., Nowosad, J., & Glaesser, C. (2021). Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data. *Geoderma Regional*, 26, e00411. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>
19. Pachepsky, Y., & Rawls, W. J. (Eds.). (2004). *Development of pedotransfer functions in soil hydrology* (Vol. 30). Elsevier.

20. Singh, B., & Grafe, M. (Eds.). (2010). *Synchrotron-based techniques in soils and sediments*. Elsevier.
21. Tan, K. H. (1995). *Soil sampling, preparation, and analysis*. CRC press.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аскерова Г.Ф. Внедрение биологически активных веществ и биогумуса для восстановления плодородия орошаемых лугово-сероземных почв // Экологический вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. №3. С. 22-25. 2.
2. Гасанова Т.А., Маммадова Г.И., Аскерова Г.Ф. Фитомасса серо-бурых почв, формирующаяся в аридной экосистеме Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №9. С. 110-115. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/11> 11.
3. Basiouny A. Enzymatic efficacy of Nimbecidine®, a neem extract, against the phosphatases in certain tissues of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae) // Archives of Agriculture Sciences Journal. 2021. Vol. 4. №1. P. 127-147. <https://doi.org/10.21608/aasj.2021.62324.1054> 3.
4. Blanco-Canqui H., Benjamin J.G. Impacts of soil organic carbon on soil physical behavior // Quantifying and modeling soil structure dynamics. 2013. Vol. 3. P. 11-40. <https://doi.org/10.2134/advagricsystmodel3.c2> 4.
5. Bogoeva A.L., Durakova A.G. Sorption characteristics of full-fatted grape seeds flour of Bulgarian origin // Journal of Agriculture and Food Research. 2020. Vol. 2. P. 100026. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100026> 1.
6. Bull J. W. Soil-Structure interaction: numerical analysis and modelling. CRC Press, 2002. 15.
7. Busse M., Giardina C., Morris D., Page-Dumroese D. Global Change and Forest Soils: Cultivating Stewardship of a Finite Natural Resource. Elsevier, 2019. 5.
8. Castellini M., Iovino M. Pedotransfer functions for estimating soil water retention curve of Sicilian soils // Archives of Agronomy and Soil Science. 2019. Vol. 65. №10. P. 1401-1416. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1566710> 6.
9. Chopde S., Datir R., Deshmukh G., Dhotre A., Patil M. Nanoparticle formation by nanospray drying & its application in nanoencapsulation of food bioactive ingredients // Journal of Agriculture and Food Research. 2020. Vol. 2. P. 100085. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100085> 7.
10. Fukumasu J. Relations between soil organic carbon, soil structure and physical processes in an agricultural topsoil: The role of soil mineral constituents. 2022. 18.
11. Fukumasu J., Jarvis N., Koestel J., Kätterer T., Larsbo M. Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties // European Journal of Soil Science. 2022. Vol. 73. №1. P. e13212. <https://doi.org/10.1111/ejss.13212> 17.
12. Hasanova T.A. Application Ict To Research The Influence Of Flooding Of The Kish River On Agroecological Indicators Of Irrigation Water And Soils Of Natural Senoses // Journal of Academic Research. 2021. Vol. 59. №2. P. 68-74. 8.
13. Hasanova T.A. Complexes (Ecogroups) of the invertebrates, phytomass and dynamics of microbiological population and their importance at grey-brown soils diagnostics in Azerbaijan // Universal Journal of Agricultural Researches. 2015. Vol. 3. №4-2015. P. 130-134. 9.
14. Hasanova T.A. Fundamentals of fertilizers on gray-meadow soils of the Gadabay region of Azerbaijan // Biology, Plant Ecology. 10.
15. Hasanova T.A., Hasanov A.B. Soil-melioration peculiarities in basin of Kish river // Annals of Agrarian Sciences, Georgia. 2021. Vol. 19. №2. P. 126-135. 12.
16. Hasanova T.A., Mammadova G.I. Importance of biodiagnostics and irrigation grey-brown soils Universal Journal of Agricultural Research. 2021. 13.
17. Hatten J., Liles G.A 'healthy'balance—The role of physical and chemical properties in maintaining forest soil function in a changing world // Developments in Soil Science. Elsevier, 2019. Vol. 36. P. 373-396. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63998-1.00015-X> 14.
18. Mammadov E., Nowosad J., Glaesser C. Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data // Geoderma Regional. 2021. Vol. 26. P. e00411. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411> 19.
19. Pachepsky Y., Rawls W. J. Development of pedotransfer functions in soil hydrology. Elsevier, 2004. Vol. 30. 20.
20. Singh B., Grafe M. Synchrotron-based techniques in soils and sediments. Elsevier, 2010. 21.
21. Tan K.H. Soil sampling, preparation, and analysis. CRC press, 1995. 16.

дата поступления: 25.06.2021

дата принятия: 03.09.2021

© Талиби С.М., Гасанова Т.А., 2022

УДК 574:911.375

AGRIS P01

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/12>

*Kholukhoyeva A.D., Khaziakhmetov R.M.*

## ON METHODOLOGY OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF UFA CITY

*Холухоева А.Д., Хазиахметов Р.М.*

### К МЕТОДИКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДА УФЫ

**Abstract.** In Russia, all the regions are initially considered economically and socially complex systems that develop along the path of a huge set of conditions and processes arising in the internal and external environment. In my opinion, these types of processes should include limitations and resource opportunities, various changes in society, areas of development of the institutional area of the formation of environmental factors, processes and phenomena in the production of non-material, as well as, most importantly, of a material nature. It should be noted that the main and most important basis of the material base studied by me is the economic structure of the regional ecological system of the region, which to a greater extent characterizes stability and its ability to dynamically develop, improve the region as a whole, and its individual territories in particular, through the identification of the input flow and the values and results obtained at the output. It is important to focus attention on the fact that all economic and ecological systems in the process of their development at various stages of evolution are predominantly of the inertial type, which indicates the lack of development of a scientifically based system characterizing these states. In this regard, there are many global issues, both from a scientific point of view and from a practice-oriented direction. Thus, the author in this article examines the issues of methodological analysis and critical criteria explanation of the methodology of comprehensive assessment of the ecological state of the city of Ufa of the Republic of Bashkortostan in its close relationship with economic systems and structures.

**Keywords:** ecological state of the city, ecological state of Ufa, ecological and economic system of the region, ecological problems.

**About the authors:** Kholukhoyeva Assya Daudovna, Bashkir State University, Ufa, Russia, [azmoon4@yandex.ru](mailto:azmoon4@yandex.ru); Khaziakhmetov Rashit Mukhametovich, Dr. habil., Bashkir State University, Ufa, Russia, [azmoon4@yandex.ru](mailto:azmoon4@yandex.ru)

**Аннотация.** Все российские регионы представлены экономически и социально сложными системами, которые проходят свое развитие по пути огромного набора возникающих во внутренней и внешней среде состояний и процессов. К данным типам процессов необходимо отнести ограничения и ресурсные возможности, различные изменения в социуме, области развития институциональной области формирования средовых факторов, процессы и явления на производстве нематериального, а также, что особенно важно, материального характера. Необходимо отметить, что основной и наиболее важной основой, изучаемой мною материальной базы, является экономическая структура региональной экологической системы региона, которая в большей мере характеризует стабильность и ее способность к динамическому развитию, совершенствованию региона в целом, и его отдельных территорий в частности, через выявление входного потока и величин и результатов, полученных на выходе. Важно акцентировать внимание на том, что все экономические и экологические системы в процессе своего развития на различных этапах эволюции носят преимущественно характер инерционного типа, что говорит о недостаточной развитости научно-обоснованной системы характеризующей данные состояния. В связи с этим существует много глобальных вопросов, как с научной точки зрения, так и с практико-ориентированного направления. Рассматриваются вопросы методологического анализа и критического критериологического объяснения методики комплексной оценки экологического состояния города Уфы Республики Башкортостан в ее тесной взаимосвязи с экономическими системами и структурами.

**Ключевые слова:** экологическое состояние города, экологическое состояние Уфы, эколого-экономическая система региона, экологические проблемы.

**Информация об авторе:** Холухоева Ася Даудовна, Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия, [asya.kh@list.ru](mailto:asya.kh@list.ru); Хазиахметов Рашит Мухаметович, д-р биол. наук, Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия, [eco3110@yandex.ru](mailto:eco3110@yandex.ru)

Kholukhoyeva A.D., Khaziakhmetov R.M. Methodology of Comprehensive Assessment of Ecological State of Ufa City // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 108–116. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/12>

Kholukhoyeva, A.D. & Khaziakhmetov, R.M. (2022). Methodology of Comprehensive Assessment of Ecological State of Ufa City. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 108–116. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/12>

The biggest industrial, scientific and cultural center of the Republic of Bashkortostan is the city of Ufa, which bears the title of the capital of a multi-ethnic sovereign region of the Russian Federation. Also, it should be noted that the territorial unit of the city is a unified ecological social-economic system. The system's functioning and evolution elements contain material criteria of a production nature, including natural ecological resources, and also non-material criteria including the social, the institutional, and of great importance the reputation capital [1, p. 690].

N. Kerimov considers that the model of public consumption in the process of development of a city has formed and stabilized by the start of 21 century [2, p. 39]. The model produces a stimulating impact on exponentially growing of using all the kind of natural resources and uneven increase in production capacities related with a big amount of industrial waste. This behavior leads to the risk of development global ecological problems, which in turn creates a vicious circle of systematical deterioration of natural functioning. I think that the globalization of economic development has reached its highest point at the moment, and the trend of its further development, along with ignoring emerging environmental issues contribute to reducing the safe functioning of the urban territorial structure.

Environmental scientists have found that the human habitat is always accompanied by the development of individual infrastructure specific to this particular region [3, p. 2192]. This infrastructure barely takes into account the peculiarities of natural zones, but adjusts them to its interests and thereby contributes to their destruction. Also, I focus attention on the fact that the interests and needs of humanity are inversely proportional to the features of natural development and categorically contradict each other. So, A. Kochurov cites multiple noises and vibrations excesses in an urban environment [4, p. 186]. I think, in the first turn, this attributes to the consumer attitude to natural resources because people consider nature as a huge storage of material resources and do not consider their destructive impact on it.

According to A. Gorshkova [5, p. 64], the reasons for that controversy are social factors, which directly depend on the level of economic development in a region, and also the general level of education of the population and its ego-ecological self-awareness. This antagonism of the relations arises in the background of conflicts of interests of society and nature, it creates the direction of environmental issues in the region, the degree of their manifestation, and territorial spread. All of this together allows us to reveal and calculate the gradient of the intensity of the ecological situation in each particular region. Because of all of that, I think that the search for a compromise between nature, social and industrial interests is actual. This can bring a solution to a very varied range of regional problems.

One of the main conditions for the stable economic and ecological development of the city of Ufa is effective and rational management of economic development at the level of the city and the region as a whole, which will be aimed at the optimal usage of natural resources under the mandatory condition of maintaining a favorable environmental situation, as well as improving the quality of life of society and the development of the institutional environment [6, p. 153].

It is highly possible to face the problem of choosing priority directions during evaluating categories from the point of view of the economic aspect. Even though the issues of the quality of environment stay on the high level, this leaves a lot of ambiguities in the criteria of the choice for the applied methods of accurate assessment of natural resources and possible economic tensions, that occur in a region in the case of ineffective usage of natural resources and also negative impacts caused increasing in city population and the city expansion in nearby territories.

According to environmentalists, the main problem is in the complexity of evaluating the importance of natural resources in economic criteria [7, p. 597]. This is true because all the conglomerates of the environment ought to be evaluated not only for economic profit but also should be in the area of spiritual-moral and ecological categories of criteria [8, p. 270].

Consequently, there is an urgent need for long-term local influence on changes in the environment, that directly leads to the health of every individual, to the formation of the phenomena of the variability of ecosystem productivity. And all of this will contribute to the formation of the axiological attitude of society to nature and natural resources.

The relevance of the study is due to the presence of contradictions in the form of the absence of uniform, officially recognized, methodological approaches to assessing the quality of natural resources as a human habitat. The contradictions make it difficult and often almost impossible, to account for natural resources and the quality of a human habitat according to the same value system as the cost of production assets or material values. And on the other hand, there is an urgent need to develop optimal relationships between society and nature [9, p. 264].

S. Morais thinks [10, p. 233] that one of the processes, phenomena, and values evaluation criteria is a determination of the degree of usefulness of the object under study, so in a lot of sources it says that the value of natural resources should be evaluated from the point of their usefulness and human use. It is needed to identify all the benefits that an individual can get by realizing specific natural resources. It also ought to be mentioned, that in the western countries this problem studies quite detailed and it even has formed a new direction in economic science called environmental economic. This discipline considers all the natural values by evaluating them from the point of benefit for people and society. In my paper, I want to focus not on the monetary equivalent of natural resources, but also want to analyze and structure all the useful properties of natural resources.

The list of criteria for assessing the value of natural resources for society is [11, p. 11]:

- resources: the natural resources used directly in the economical and industrial process of society;
- functionals: some fundamental biospheric utilities, as well providing the existence of humanity as a biological species;
- socially significant: these utilities are considered in the sphere of social and cultural community factors and the environment of the existence of the social organization of mankind.

The structure of the nature-ecological landscape plays a big role in the evaluation and sustainability of functioning different systems of economic and ecology [12, p. 3]. The organization of space in the regions has a great significance, for the understanding of which it needs a well-developed and methodologically fixed characteristic of the deployment of these systems. Consequently, in my opinion, such a concept as “economical-ecological landscape” arouses great interest.

Also, to analyze the economical value of natural resources for the point of sustainability of development, it is needed to consider the ability of natural resources to restore, as the most important feature

of the landscape. I believe that the criterion characteristic of this assessment should be carried out according to the scale of natural self-healing, which is correlated and scaled according to a single statistical and analytical parametric system, which ought to be based on generally accepted methods and techniques of standardization of landscape characteristics of natural zones [13, p. 149].

The ecological system, distinguished by the level of administrative-territorial division, is one of the classic objects studied by environmental science. At the same time, such a narrow object of studying, in my opinion, is too insignificant for global system analysis. But in this connection, the study of the biosphere as a whole object is too large a structural unit, which to a greater extent characterizes the unity and hierarchy of the entire ecological system. Thus, studying the particular landscape allows the process the evaluation using system parametric statistical analysis with the highest effectiveness.

Consequently, in the concept of a region, we put not so much the geographical location of the object of research, as a single system of functioning, with clear boundaries, hierarchical structure, certain properties of functioning, and general relationships with the historical and cultural stages of the development of society and the living conditions of the population living in these territories.

Analyzing ecological-economic parameters of an instance of a region allows us to identify a large number of closely interconnected subsystems, structuring of which illustrates high mobility in development and heterogeneity of the evolution of its elements. One of the key objects of the effective functioning of the region is its population, that's the main reason that the study of the peculiarities of its functioning should be performed in close interrelation with a variety of social factors. Regional structural components are in nonlinear dependencies, therefore it allows us to model linear functions, both in a very complex way and at a sufficiently low level. From the point of view of the usefulness of studying and identifying the goals of building various models, it is necessary to identify subsystems, the joint functioning of which would make it possible to assess the dynamics and changes in the development of the region over time to a greater extent [14, p. 698].

It should be noted, that one the current stage of the development of humanity and society, the scales of industrial production activities are exponentially increasing and approaching natural resources in terms of volumes, and often exceed them. In connection with this, an economic cycle has emerged in parallel with the biogeochemical cycle of matter and energy. Recently the growth of anthropogenic and industrial energy flows has been noted on both local and regional levels. The volume of these flows already exceeds the ability of natural resources to self-healing at the moment. Therefore the degree of this exceeding is the base property that affects economic and environmental risks in the development and functioning of the region a lot.

From the technological perspective, it's important to follow the rules of the avoidance combining functioning with the same type of use of resources and thereby avoiding tension and overspending of the same types of natural resources when placing various types of production at the local level.

T. Khachaturov and N. Fedorenko formulated The methodological foundations for maintaining such a balance between implementation and restoration back in 1970. They believe that the main criterion of rational nature management is the economy of future labor, which should follow the principle of minimization of environmental damage during the realization of industrial production activities. This principle also should take into account the effect of self-healing. First of all, using that approach allows the minimization of economic and production costs for the production equivalent in volume to occur with this formula:

$$CP + N + C * E \rightarrow \text{minimum},$$

where: CP is the cost of production; N is the economical evaluation of natural resources and damage to the environment including the deduction of self-healing effect; C is the capital investment of material assets; E is the coefficient of the comparative efficiency of capital investments.

In the second turn, the various range of solutions for environmental and nature-stimulating measures, where the result of measures is the increase in the economic assessment of natural resources, should be compared regarding the maximization of the effect using the formula:

$$R - C * E \rightarrow \text{maximum}, \text{ where: } R \text{ is the result of measures.}$$

In case of the equality of both economic and production costs for the production and the same level of the effect of environmental and nature-stimulating measures, the optimal solution should be found using the method of minimalization fixed assets turnover ratio upon the limited amount of capital investments and the maximum amount of workforce productivity with limited labor resources [15, p. 317].

I believe, in such a case the main factors are sustainability and quality of economic and environmental infrastructure. In my opinion, this meaning is a system of natural-territorial formations, involved in ensuring the turnover of matter and energy and consisting of many such indicators as forest cover of the territory, characteristics of the soil and its biogeocenosis, types of land use, quantitative features of the population, productivity and types of economic activity, as well as temperature and other environmental factors.

It is extremely important to apply the systematic approach during analyzing the state of economic and environmental infrastructure. One of its features is the approach allows estimating the optimal states of the infrastructure for every territorial system and also to calculate the most optimal indices, which grow during the integration and transition from one system to another, providing a high level of vertical balance.

Environmentalists believe that the basic principles of environmental management regulation should be studied in two key aspects – socio-economic and environmental. This is primarily since when using and realizing natural resources by one of the participants in the process, the interests of others are inevitably affected, therefore, the issues of meeting the needs of one nature user cannot be considered in isolation from the interests of others, regardless of the level of consumption and the quality of the resource composition of this territory. It is also necessary to correlate these interests taking into account the long-term prospects for their development and coexistence [16, p. 47].

The socio-economic principle provides for an even distribution of natural resources among all nature users within the region. I believe that the initial conditions for the use of resources should be equal, but the economic interests of all regional economic entities should also be respected.

The ecological principle, in turn, implies mandatory compliance and consideration of regulations and standards for resource consumption, which help to regulate and maintain the integrity and sustainable functioning of all types of ecosystems, by ensuring the preservation of the current state of the ecosystem or improving it to the maximum possible level. This is especially important concerning the regulation of consumption and use of water resources.

It should be noted that the production conditions on the territory of reservoirs assume certain stability of the intake of chemicals, including macro and microelements, into the environment (human water consumption, wastewater discharge, release of pollutants into the atmosphere, the use of fertilizers, and plant protection products). Many authors argue that the level of real anthropogenic load on the ecological state of aquatic ecosystems cannot change dramatically and significantly over a short time interval, since these processes and phenomena have a certain inertial capacity, which can affect the normative quality of

water. Thus, the establishment of standards for the permissible anthropogenic load on the aquatic ecosystem has a probabilistic characteristic. It is possible to specify the level of load that will help ensure a certain quality of water resources, but at the same time, there is a possibility of situations when the normative water quality cannot be fully realized, no matter how much anthropogenic impact is limited.

Based on the above, it can be concluded that the normative value of the permissible load on the aquatic ecosystem of the region, including the city of Ufa, can be determined by two interrelated criteria: firstly, it is a given level of the required quality of water resources, and secondly, the probability of its improvement and stabilization at a fairly good level [17, p. 135].

Therefore, this probability is mainly determined by social (population, labor factor, standard of living) and economic (production infrastructure, income, taxes, investments, etc.) factors, and not by the peculiarities of the formation of water and chemical runoff from reservoirs and catchments. In the conditions of the country and the region, concerning the aquatic ecosystem, a huge number of problems and negative phenomena have accumulated: there is an active increase in the irrational use of water resources, at the same time, water quality remains at a fairly low level, the risk of an environmental catastrophe increases every year due to pollution of river basins, and in the conditions of global pollution of the biosphere, there is no uniform international regulation of permissible harmful effects on water bodies. At the same time, there is a reduction in funding for scientific research in the field of ecology of the aquatic environment and nature management, and, accordingly, there is a decrease in the share of scientifically and innovative approaches to water use. There is a complete lack of social responsibility of the population in water use, there is no unified information base that summarizes and coordinates the actions of various entities in the use of water resources.

In the modern world, the combination of these negative factors and phenomena, as well as the imperfection of the environmental management system, is characterized by fragmentation and uncontrollability. This sphere is regulated only at the level of production funds of the federal executive. A characteristic feature of such management is extremely low efficiency and senseless duplication of activities. Since the territories of catchment areas and reservoirs of small rivers are part of one basin of a larger river, that is, they are a relative part of a single system, it is advisable to calculate their relative, ranked indicators, which will allow more effectively differentiating different sections of the basin by relative economic and environmental risk.

Displaying the information obtained in this way on the map, with its superimposition on the state of water management balances in various areas, allows us to visually and effectively assess the level of tension and optimal modes of functioning, both in the real state of the water management system and when using mathematical and statistical modeling of various environmental processes and situations. Thus, economic and environmental risk (EER) is a functional interaction of three states of the system: impact, response (sustainable efficiency), and productivity. At the same time, the degree of impact definitely increases the risk of system destruction, while the stability of the system absorbs the environment, and productivity compensates for the economic component of the risk [18, p. 39].

As a result of the analysis of the methodological literature, I concluded that the basis for solving risk management problems is often the need to develop optimal modes of functioning of the system, taking into account the degree of destabilization of its ecological state. Therefore, for increasing the efficiency of such management is crucial to study not so much the quantitative as the qualitative state of the system. At the same time, the qualitative analysis of the data obtained, as well as their further synthesis into a single whole

system, is usually reduced to their ranking by certain criteria, while the corresponding factor analysis allows you to pair these data with the semantic characteristic of their states, which is set by special qualitative variables. Such variables combine quantitative expressions in the form of fuzzy descriptions, for example, “tense situation”, “satisfactory situation”, etc [19, p. 14].

Summarizing the above, the assessment of the ecological and economic situation of the city of Ufa should be carried out in stages, with the solution of a certain task at each stage, and the results of solving the tasks of one stage will be the basis for solving the tasks of all subsequent stages forming a shape of pyramid [20; p. 81]. Guided by this, I identified the following stages of the research program implementation:

Stage 1. Multidimensional analysis and study of indicators reflecting the main aspects of the work of the natural and economic system and the allocation of the main representative parameters (parametric statistics).

Stage 2. Variational analysis of the identified parameters aimed at studying the structure of their distribution, the frequency of exceeding the specified criteria, which will later be used to calculate the risks of destabilization of the ecosystem of the region and to determine the qualitative determination of the frequency density values exceeding the normalization.

Stage 3. Factor analysis and interpretation of the obtained quantitative and qualitative characteristics of the environmental situation in the city of Ufa.

Thus, as a result of my research, I substantiated the concept of ecological and economic development, as well as formulated the principles of territorial assessment of the city of Ufa in complex spatially distributed systems. Determined that economic and environmental risk (EER) is a function of three states of the system: impact, response, and productivity. At the same time, the degree of anthropogenic impact significantly increases the risk of destabilization of the system, the stability of the system absorbs the environment, and productivity compensates for the economic component of the risk.

## REFERENCES

1. Afanas'eva, Yu.A., Larin, S.I., Larina, N.S. (2019). Vliyanie sbrosa vysokomineralizovannykh podzemnykh vod ob'ektov rekreatsionnoi deyatelnosti na kachestvo poverkhnostnykh vod. In *Vodnye resursy - osnova ustoychivogo razvitiya poselenii Sibiri i Arktiki v XXI veke: Sbornik dokladov XXI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 317-322. (in Russ.).
2. Baryshnikov, S.G., Botvenko, E.O., & Rotanova, I.N. (2018). Landshaftno-kartograficheskoe obespechenie gidrologicheskikh matematicheskikh modelei formirovaniya stoka. In *Tret'i vinogradovskie chteniya. Grani gidrologii: Sbornik dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*, 690-694. (in Russ.).
3. Belik, I.S., & Kamdina, L.V. (2018). Vzaimosvyaz' antropogennogo vozdeistviya i kachestva zhizni naseleniya v sverdlovskoi i chelyabinskoi oblastiakh. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, (7) (417), 39-48. (in Russ.).
4. Gorshkova, A.T. (2019). Vliyanie vodokhranilishch na formirovanie poverkhnostnogo stoka territorii Respubliki Tatarstan. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, (4 (136)), 64-67. (in Russ.).
5. Zamyatina, M.F., & D'yakov, M.Yu. (2018). Resursnyi i ekologicheskii podkhody k razvitiyu regiona: opyt sravnitel'nogo analiza na primere kamchatskogo kraia. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, 150(4S), 3-14. (in Russ.).
6. Ismanova, K.D., Isomadinov, U.M., & Zhabbarov, A.M. (2020). Ispol'zovanie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v ekonomiko-matematicheskoi modelirovanii. *Ekonomika i sotsium*, (5-1(72)), 698-703. (in Russ.).
7. Kerimov, N.I. (2020). Voprosy identifikatsii, remediatsii i ekonometriki prirodnnykh i antropogennykh chrezvychaynykh situatsii. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsii*, (2), 39-45. (in Russ.).
8. Kochurov, B.I., Blinova, E.A., & Ivashkina, I.V. (2021). Razvitie rossiiskikh gorodov posle pandemii COVID-19. *Regional'nye geosistemy*, 45(2), 183-193. (in Russ.).

9. Kochurov, B.I., & Ivashkina, I.V. (2016). Razvivayushchayasya ustoichivost' gorodskikh landshaftov i tekhnogennykh ob"ektov krupnogo goroda. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, (3), 47-53. (in Russ.).
10. Smurov, A.V. (2018). Ekologiya i ekonomika (edinstvo i protivopozhnost'). *Zhizn' Zemli*, 40(1), 4-11. (in Russ.).
11. Suleimenova, N.O. (2017). Ustoichivoe razvitie i «zelenaya ekonomika» kak osnova pravovogo razvitiya okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan. In *Aktual'nye problemy sovremennoi yurisprudentsii: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, 264-268. (in Russ.).
12. Troegubov, A.S., & Arzamasova, G.S. (2017). Perekhod na risk-orientirovannoe myshlenie v sisteme ekologicheskogo menedzhmenta. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*, 1, 135-139. (in Russ.).
13. Tulupov, A.S., & Mikaelyan, A.R. (2018). Problemy vodoobespecheniya i otsenka ushcherba ot zagryazneniya vodnykh istochnikov. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki*, (3 (89)), 81-88. (in Russ.).
14. Chekaev, N.P., & Galiullin, A.A. (2019). Effektivnost' ispol'zovaniya mestnykh mineral'nykh resursov dlya vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya i povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. In *Problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva*, Penza, 149-168. (in Russ.).
15. Cauvain, J. (2018). Social sustainability as a challenge for urban scholars. *City*, 22(4), 595-603. <https://doi.org/10.1080/13604813.2018.1507113>
16. Colvin, R. M., Witt, G. B., & Lacey, J. (2016). Approaches to identifying stakeholders in environmental management: Insights from practitioners to go beyond the 'usual suspects'. *Land use policy*, 52, 266-276. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.12.032>
17. Förster, J., Barkmann, J., Fricke, R., Hotes, S., Kleyer, M., Kobbe, S., ... & Wittmer, H. (2015). Assessing ecosystem services for informing land-use decisions: a problem-oriented approach. *Ecology and Society*, 20(3).
18. Monstadt, J., & Coutard, O. (2019). Cities in an era of interfacing infrastructures: Politics and spatialities of the urban nexus. *Urban Studies*, 56(11), 2191-2206. <https://doi.org/10.1177/0042098019833907>
19. Morais, S., Costa, F. G., & Pereira, M. D. L. (2012). Heavy metals and human health. *Environmental health—emerging issues and practice*, 10(1), 227-245.
20. Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2021). A multi-scale integrated assessment model to support urban sustainability. *Sustainability Science*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01080-0>

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Ю.А., Ларин С.И., Ларина Н.С. Влияние сброса высокоминерализованных подземных вод объектов рекреационной деятельности на качество поверхностных вод // Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке: Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 317-322.
2. Барышников С.Г., Ботвенко Е.О., Ротанова И.Н. Ландшафтно-картографическое обеспечение гидрологических математических моделей формирования стока // Третьи виноградовские чтения. Грани гидрологии: Сборник докладов международной научной конференции. 2018. С. 690-694.
3. Белик И.С., Камдина Л.В. Взаимосвязь антропогенного воздействия и качества жизни населения в свердловской и челябинской областях // Вестник Челябинского государственного университета. 2018. № 7 (417). С. 39-48.
4. Горшкова А.Т. Влияние водохранилищ на формирование поверхностного стока территории Республики Татарстан // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. №4 (136). С. 64-67.
5. Замятина М.Ф., Дьяков М.Ю. Ресурсный и экологический подходы к развитию региона: опыт сравнительного анализа на примере камчатского края // Известия Русского географического общества. 2018. Т. 150. № 4S. С. 3-14.
6. Исманова К.Д., Исомадинов У.М., Жаббаров А.М. Использование современных информационных технологий в экономико-математическом моделировании // Экономика и социум. 2020. №5-1(72). С. 698-703.
7. Керимов Н.И. Вопросы идентификации, ремедиации и эконометрики природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2020. №2. С. 39-45.
8. Кочуров Б.И., Блинова Э.А., Ивашкина И.В. Развитие российских городов после пандемии COVID-19 // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. №2. С. 183-193.
9. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Развивающаяся устойчивость городских ландшафтов и техногенных объектов крупного города // Экология урбанизированных территорий. 2016. №3. С. 47-53.
10. Смуров А.В. Экология и экономика (единство и противоположность) // Жизнь Земли. 2018. Т. 40. №1. С. 4-11.
11. Сулейменова Н.О. Устойчивое развитие и «зеленая экономика» как основа правового развития охраны окружающей среды Республики Казахстан // Актуальные проблемы современной юриспруденции: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 264-268.

12. Троегубов А.С., Арзамасова Г.С. Переход на риск-ориентированное мышление в системе экологического менеджмента // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 135-139.
13. Тулупов А.С., Микаелян А.Р. Проблемы водообеспечения и оценка ущерба от загрязнения водных источников // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. №3 (89). С. 81-88.
14. Чекаев Н.П., Галиуллин А.А. Эффективность использования местных минеральных ресурсов для воспроизводства почвенного плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. Пенза, 2019. С. 149-168.
15. Cauvain J. Social sustainability as a challenge for urban scholars // City. 2018. Vol. 22. №4. P. 595-603. <https://doi.org/10.1080/13604813.2018.1507113>
16. Colvin R. M., Witt G. B., Lacey J. Approaches to identifying stakeholders in environmental management: Insights from practitioners to go beyond the 'usual suspects' // Land use policy. 2016. Vol. 52. P. 266-276. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.12.032>
17. Förster J., Barkmann J., Fricke R., Hotes S., Kleyer M., Kobbe S., Wittmer H. Assessing ecosystem services for informing land-use decisions: a problem-oriented approach // Ecology and Society. 2015. Vol. 20. №3.
18. Monstadt J., Coutard O. Cities in an era of interfacing infrastructures: Politics and spatialities of the urban nexus // Urban Studies. 2019. Vol. 56. №11. P. 2191-2206. <https://doi.org/10.1177/0042098019833907>
19. Morais S., Costa F. G., Pereira M. L. Heavy metals and human health // Environmental health—emerging issues and practice. 2012. Vol. 10. №1. P. 227-245.
20. Purvis B., Mao Y., Robinson D. A multi-scale integrated assessment model to support urban sustainability // Sustainability Science. 2021. P. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01080-0>

дата поступления: 25.05.2021

дата принятия: 10.11.2021

© Холухоева А.Д., Хазиахметов Р.М., 2022

УДК 574.4

AGRIS P33

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/13>*Боев В.А., Синдирева А.В., Боев В.В., Бурмистрова А.С.***СЕЛЕН В ПОЧВАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ТАГАНАЙ»  
И ТЮМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАКАЗНИКА***Boev V.A., Sindireva A.V., Boev V.V., Burmistrova A.S.***SELENIUM IN THE SOILS OF THE TAGANAY NATIONAL PARK  
AND THE TYUMEN STATE RESERVE**

**Аннотация.** Селен является важнейшим микроэлементом в организме растений, животных и человека. В связи с этим важное теоретическое и практическое значение имеет изучение селена в почвах и растительности незатронутых антропогенным воздействием территорий, каковыми являются особо охраняемые природные территории (ООПТ). В качестве районов исследования нами были выбраны Тюменский государственный заказник и Национальный парк «Таганай». На данных территориях изучено валовое содержание селена в верхнем горизонте почв (0-20 см.). Анализ содержания селена в растениях проводился в Национальном парке «Таганай» по трём наиболее распространенным на территории исследования видам растений травянистого яруса – веерник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.). Растения были отобраны на тех же участках, что и пробы почв. Содержание селена в почве и растениях определяли в филиале ФГБУ «ЦЛАТИ по УФО» по Тюменской области методом спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с помощью спектрометра «Varian 720 – ES». Несмотря на значительные биогеохимические отличия исследуемых ООПТ, содержание селена в почвах изученных территорий существенно не отличается и составляет от 0,01 до 0,09 мг/кг, при средних значениях  $0,05 \pm 0,02$  и  $0,062 \pm 0,02$  мг/кг соответственно в почвах Национального парка «Таганай» и Тюменского государственного заказника. Исследуемые почвы ООПТ являются селенодефицитными. Это, возможно, является одной из причин недостатка селена в системе почва–растение. Валовое содержание селена имеет выраженную взаимосвязь с содержанием гумуса в почвах Тюменского государственного заказника и с уровнем кислотности в почвах Национального парка «Таганай». Содержание селена в травянистых растениях Национального парка «Таганай» колеблется в незначительных пределах и достоверно не различается, как по видовому составу, так и от приуроченности к функциональным зонам. Обобщенное содержание селена в растениях находится на нижней границе обеспеченности (0,051-0,054 мг/кг сухого вещества). Согласно рассчитанному коэффициенту поглощения данные растения по накоплению селена относятся к группам слабого захвата. Низкое содержание селена в исследуемых растениях Национального парка

**Abstract.** Selenium is the most important trace element in the body of plants, animals and humans. In this regard, the study of selenium in soils and vegetation of territories unaffected by anthropogenic impact, which are specially protected natural territories (protected areas), is of great theoretical and practical importance. The Tyumen State Nature Reserve and the Taganay National Park were chosen as the study areas. In these territories, the gross content of selenium in the upper horizon of soils (0-20 cm) was studied. The analysis of selenium content in plants was carried out in the Taganay National Park for the three most common plant species of the herbaceous tier in the study area – cane vine (*Calamagrostis arundinacea*), common sour (*Oxalis acetosella* L.), common blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.). The plants were selected at the same sites as the soil samples. The selenium content in soil and plants was determined in the branch of FSBI “TsLATI in the Ufa region” in the Tyumen region by inductively coupled plasma spectrometry using a Varian 720 – ES spectrometer. Despite the significant biogeochemical differences of the studied protected areas, the selenium content in the soils of the studied territories does not differ significantly and ranges from 0.01 to 0.09 mg/kg, with average values of  $0.05 \pm 0.02$  and  $0.062 \pm 0.02$  mg/kg, respectively, in the soils of the Taganay National Park and the Tyumen State Reserve. The studied soils of protected areas are selenium-deficient. This may be one of the reasons for the lack of selenium in the soil–plant system. The total content of selenium has a pronounced relationship with the humus content in the soils of the Tyumen State Reserve and with the level of acidity in the soils of the Taganay National Park. The selenium content in the most common herbaceous plants of the Taganay National Park varies within insignificant limits and does not differ significantly, both in species composition and in relation to functional zones. The generalized selenium content in plants is at the lower limit of availability (0.051-0.054 mg/kg of dry matter). According to the calculated absorption coefficient, these plants for the accumulation of selenium belong to groups of weak

«Таганай» связано с дефицитом этого валового содержания элемента в почвах и, по-видимому, с невысоким содержанием его водорастворимых форм.

**Ключевые слова:** селен, почвы, pH почвенного раствора, содержание органического углерода, Тюменский государственный заказник, Национальный парк «Таганай»

**Сведения о авторах:** Боев Виктор Александрович, канд. биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [vikboev2009@mail.ru](mailto:vikboev2009@mail.ru); Синдирева Анна Владимировна, д-р. биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [sindireva72@mail.ru](mailto:sindireva72@mail.ru); Боев Владислав Викторович, канд. биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [v-3@mail.ru](mailto:v-3@mail.ru); Бурмистрова Алена, аспирант, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, [alena.burmistrova95@mail.ru](mailto:alena.burmistrova95@mail.ru)

capture. The low content of selenium in the studied plants of the Taganay National Park is associated with a shortage of this gross content of the element in soils and, apparently, with a low content of its water-soluble forms.

**Keywords:** selenium, soils, pH of soil solution, organic carbon content, Tyumen State Nature Reserve, Taganay National Park

**About the authors:** Boyev Viktor Alexandrovich, Ph.D., Tyumen State University, Tyumen, Russia, [vikboev2009@mail.ru](mailto:vikboev2009@mail.ru); Sindireva Anna Vladimirovna, Dr. habil., Tyumen State University, Tyumen, Russia, [sindireva72@mail.ru](mailto:sindireva72@mail.ru); Vladislav Viktorovich Boev, Ph.D., Tyumen State University, Tyumen, Russia, [v-3@mail.ru](mailto:v-3@mail.ru); Alyona Sergeevna Burmistrova, Tyumen State University, Tyumen, Russia, [alena.burmistrova95@mail.ru](mailto:alena.burmistrova95@mail.ru)

Боев В.А., Синдирева А.В., Боев В.В., Бурмистрова А.С. Селен в почвах национального парка «Таганай» и Тюменского государственного заказника // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 117–127. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/13>

Boev, V.A., Sindireva, A.V., Boev, V.V. & Burmistrova, A.S. (2022). Selenium in the Soils of the Taganay National Park and the Tyumen State Reserve. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 117–127. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/13>

**Введение.** Селен является элементом, необходимым животным и человеку, в организме которых он присутствует в составе белков, аминокислот, окислительно-восстановительных ферментах и участвует во многих биохимических процессах [4; 7; 10; 12; 17].

Выявлены проявления дефицита селена в организме животных, которые выражаются такими заболеваниями как экссудативный диатез домашней птицы, беломышечная болезнь крупного рогатого скота. Следует отметить, что возникновение этих заболеваний становится возможным при концентрации селена в почвах в пределах 0,05–0,1 мг/кг [1]. Обычно содержание селена в почвах фоновых территорий невелико, его среднее содержание в почвах земного шара составляет 0,40 мг/кг [12].

В растениях селен представлен селеносодержащими аминокислотами, а также продуктами метилирования селена, кроме того он замещает серу в аминокислотах в ряде биохимических процессов. Селен является одним из важнейших микроэлементов в организме человека. Он имеет большое значение для функционирования иммунной и антиоксидантной систем. Недостаточное количество селена в рационе человека способствует возникновению болезни Кешана (кардиомиопатии), изменению трубчатых костей (болезнь Кешана-Бека). Также проявлением недостатка микроэлемента является некроз печени, поражение кишечника и поджелудочной железы, катаракта, болезни кожи и волос. Однако высокие дозы селена являются канцерогенными для организма человека, вызывают структурные и метаболические изменения в органах и тканях животных, способствуют развитию нежелательных мутаций и окислительного стресса в организме [5; 9; 12].

В настоящее время в ряде стран проводятся масштабные исследования с целью изучения содержания и действия селена в системе почва – растение – животное (человек) [1; 7; 10; 12; 17; 22]. Одним из приоритетных направлений исследований является установление критических и

оптимальных концентраций микроэлемента в объектах окружающей среды с целью коррекции селенозов [7; 1; 17; 19]. Однако антропогенное воздействие на почвы может существенно изменить селеновый статус территории [22-26]. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования на фоновых участках, в частности, на особо охраняемых природных территориях. В данных условиях антропогенное воздействие минимально, это дает возможность использовать полученные данные в качестве регионального фона при проведении мониторинга или в качестве фонового содержания микроэлементов, в частности, селена, при экологическом нормировании. Возможно также использование полученных данных при выявлении факторов, определяющих концентрацию селена в почвах с учетом конкретных экологических условий.

*Целью настоящего исследования* является оценка содержания селена в системе почва-растение и выявление связи с факторами, определяющими его содержание, на примере особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

**Экспериментальная часть.** Приведенные в публикации результаты являются частью исследований, проводимых в рамках гранта РФФИ «Методология использования интегрального подхода к нормированию действия микроэлементов в системе почва-растение-животное для разработки научно-обоснованной профилактики микроэлементозов в регионах России и Монголии» и изучения биологического круговорота макро- и микроэлементов в биоценозах лесов подтаежной зоны [5; 19].

Исследования по оценке содержания селена проводились в двух различных по физико-географической характеристике и экологическим условиям ООПТ – Тюменского государственного заказника и Национального парка «Таганай». Тюменский государственный заказник расположен в пределах Нижнетавдинского района Тюменской области, в юго-западной части Западно-Сибирской низменности, в системе Тарманского, озерно-болотного массива, в междуречье среднего течения рек Тавды и Туры. Территория федерального заказника представлена пологоволнистой равниной, постепенно понижающейся в южном направлении, с абсолютной высотой в пределах от 60 до 100 м. Поверхность равнины значительно заозерена и заболочена [5; 21].

Господствующими ландшафтами являются пологоволнистые равнины с сосново-березовыми и березовыми парковыми травяными лесами на дерново-подзолистых многогумусных почвах правобережья Тавды и достаточно дренированные высокие междуречные равнины. Площадь заказника 54025 га (лесопокрытые – 30000 га, водный фонд – 18845 га). Наибольшую площадь в заказнике занимают леса (46,1 %), а также различные типы болот и водоемы (40,8%). На открытые и суходольные пространства, включающие в себя возделываемые человеком хлебные кормовые поля, а также естественные разнотравные луга, приходится всего 10,2% его общей площади (табл. 1). Национальный парк «Таганай» расположен в западной части Челябинской области, в 130 км от областного центра и примыкает к границе Европы с Азией. Территория ООПТ охватывает северную часть средневысотных горных хребтов Южного Урала, которая представляет собой обособленный горный узел, с трех сторон переходящий в плоскогорья и далее в равнинную лесостепь.

Территория парка представляет собой систему среднегорных хребтов меридиональной ориентации. Самым западным из них является Назминский хребет (высота до 884 м) с его северным продолжением – хребтом Долгий мыс (средние высоты около 600 м). Центральную часть национального парка занимает Таганайский горный массив. Территория расположения Национального парка «Таганай» находится в подзоне южной тайги. Основную часть

растительности в парке представляют темнохвойные леса, охватывающие весь Уральский хребет [21]. Наиболее распространены на территории парка разновидности горных почв: горно-тундровые и горно-луговые почвы, горные дерново-подзолистые и горные серые лесные почвы. Остроконечные вершины гор на Тагане почти всегда окружены кольцом крупноглыбовых каменных осыпей. В подгольцовом поясе встречаются дерново-луговые почвы, которые характеризуются относительно большой мощностью (40-50 см), рыхло задерненной поверхностью. Дерновые горно-лесные почвы низкорослых лесов по механическому составу глинистые и суглинистые и имеют очень однообразный профиль коричнево-бурой окраски.

Таблица 1

**Распределение элементов ландшафта  
на территории Тюменского федерального заказника [5]**

| Наименование элементов ландшафта                                    | Площадь, га | % к общ. площади |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|
| Вторичные высокоствольные лиственные с преобладанием березы и осины | 18330       | 34,3             |
| Сложные сосняки с примесью других хвойных и лиственных пород        | 6030        | 11,4             |
| Темнохвойная тайга с преобладанием ели и пихты                      | 1280        | 2,4              |
| Разнотравные луга                                                   | 1540        | 2,9              |
| Хлебные поля и посевы силосных культур                              | 3940        | 7,3              |
| Ромовые и кустарниково-травяные болота                              | 18030       | 33,7             |
| Озера, реки                                                         | 3885        | 7,1              |
| Населенные пункты, грунтовые дороги                                 | 530         | 0,9              |
| Итого общая площадь госзаказника                                    | 53,385      | 100              |

Объектами исследования являлись горные серые лесные почвы. Горные серые лесные почвы распространены под лесами горно-лесного пояса, также, на заболоченных участках с ними сочетаются болотные торфяно-глеевые почвы. Прослеживается четкое разделение на горизонты. Отличаются высоким содержанием гумуса и количеством обменных катионов. Такая закономерность определяется гранулометрическим составом слагающих горизонтов. По механическому составу и кислотности слабо отличаются от дерновых горных-лесных почв. Наличие в почвенном профиле богатого гумусом горизонта определяется в основном характерным для данного вида почв разнотравием, которое в основном представлено древесными сообществами высоких бонитетов – это, преимущественно темно- и светлохвойные, а также берёзовые леса, и хорошо развитым травянистым покровом. Отличаются данные почвы более ясным разделением по горизонтам. Валовое химическое содержание макроэлементного состава, также как и у горных дерново-подзолистых почв отличается большим содержанием кремнезёма ( $\text{SiO}_2$ ) [4].

Отбор почвенных проб в Тюменском государственном заказнике проводился на трех учетных площадках площадью по 0,25 га, которые используются в исследованиях по изучению биологического круговорота макро- и микроэлементов в системе почва-растение. Места для учетных площадок были выбраны на территории покрытой вторичными высокоствольными лиственными лесами с преобладанием березы и липы и сложными сосняками с примесью хвойных и лиственных пород, наиболее широко представленными на территории заказника (табл. 1). Площадка 3 представлена березово-сосновым с липой лесом, площадка 1 – папоротниковым сосняком с примесью березы, площадка 2 – липово-березовым лесом. Почвенный покров на всех трех учетных площадках представлен дерново-подзолистыми почвами, растительность отличалась видовым составом растений – эдификаторов. Древесные породы – эдификаторы представлены следующими видами: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula*

Roth.), осина обыкновенная (*Pópulus trémula* L.), липа мелколистная (*Tília cordáta*, L.). На площадке 1 доминируют сосны, на площадке 2 – липы, на площадке 3 – березы и сосны.

Отбор почв проводился на основе методов изучения почв и лесных сообществ [2].

На каждой из трех учетных площадок отобраны по несколько проб почв: учетная площадка 1 – пробы № 1-3; учетная площадка 2 – пробы № 5-7, 9, 10; учетная площадка 3 – пробы № 3, 8.

Отбор проб почв на территории Национального парка «Таганай» проводился в соответствии с установленными в исследованиях [6] функциональными зонами согласно заложенным трансектам. Обследовано 17 участков. Данные зоны отличаются по степени антропогенной нагрузки:

– Фоновая (центральную часть парка, достаточно удаленную от источников загрязнения с юга в среднем на 15 км от Златоустовского металлургического комбината и с севера – в среднем на 40 км от Карабашского медеплавильного комбината);

– Буферная (отделяющую фоновую и импактную зоны в виде полосы с севера и с юга, мощностью в среднем по 12 км, сужаясь на юге до 2 км);

– Импактная (на юге испытывающую влияние Златоустовского металлургического комбината до 9 км; на севере – Карабашского медеплавильного комбината максимум на 29 км) [6].

В связи с тем, что в данной статье приводятся данные о содержании селена на территории с минимальным антропогенным воздействием, приводятся данные по фоновой и буферной зоне.

Выбор места для отбора почвенных образцов производился с учетом рельефа местности, экспозиции, растительного покрова. Образцы почв (слой 0-20 см) отбирали методом конверта в пределах микро- и мезорельефа. В зависимости от величины элементарного участка из отобранных равномерно почвенных проб со всей площади, составлялась усредненная проба. Отбор проб почв осуществлялся в соответствии с методикой ГОСТ 17.4.2.01-81 и ГОСТ 17.4.2.02-83. В условиях Национального парка «Таганай» на исследуемых площадках отбирали три одни из наиболее распространенные на участках исследования виды растений травянистого яруса – ве́йник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.).

Содержание селена в почве и растениях определяли в филиале ФГБУ «ЦЛАТИ по УФО» по Тюменской области методом спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с помощью спектрометра “Varian 720–ES”. В почвах также определяли pH водной вытяжки потенциометрическим методом, органическое вещество – согласно ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества». По окончании исследования полученные данные подвергали статистической обработке с использованием пакета программ Excel.

**Обсуждение результатов.** Геохимические особенности территории определяют уровень концентрации селена в почвах с различными почвообразующими процессами. Особенности распределения селена в различных типах почв, помимо конкретных почвообразовательных процессов, во многом объясняются геоэкологическими особенностями региона исследования, а также физико-химическими свойствами почв. Результаты определения валового содержания селена в почвах Тюменского государственного заказника, а также содержания гумуса и pH почвенного раствора представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Валовое содержание селена, гумуса и pH почвенного раствора  
в почвах Тюменского государственного заказника**

| Точка отбора/<br>Учетная площадка | Валовое содержание селена<br>в почве, мг/кг | C орг, %   | pH         |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|------------|------------|
| 1/1                               | 0,08                                        | 3,8        | 5,9        |
| 2/1                               | 0,05                                        | 3,6        | 5,7        |
| 3/1                               | 0,08                                        | 4,8        | 6,0        |
| 4/3                               | 0,01                                        | 3,7        | 5,1        |
| 5/2                               | 0,04                                        | 5,1        | 5,6        |
| 6/2                               | 0,05                                        | 6,3        | 5,6        |
| 7/2                               | 0,07                                        | 7,4        | 6,2        |
| 8/3                               | 0,09                                        | 4,8        | 6,3        |
| 9/2                               | 0,09                                        | 3,7        | 6,1        |
| 10/2                              | 0,06                                        | 3,5        | 5,9        |
| M/m                               | 0,09/0,01                                   | 7,4/3,5    | 6,3/5,1    |
| <i>Среднее</i>                    | <i>0,062±0,02</i>                           | <i>4,7</i> | <i>5,8</i> |

Примечание. Над чертой М – наибольшая величина; под чертой m – наименьшая величина

Из представленных в таблице 3 данных следует, что валовое содержание селена колеблется в пределах от 0,01 до 0,09 мг/кг. По результатам анализа почвенных проб видно, что наибольшее валовое содержание селена обнаружено в точках 8 и 9 – 0,09 мг/кг. Наименьшее содержание селена установлено в точке 4 – 0,01 мг/кг. На основании представленных данных не удалось выявить связи между валовым содержанием селена в почвах заказника и видовым составом древесных растений-эдикаторов. Так, максимальное содержание селена выявлено в почвах учетных площадок с № 3 – в березово-сосновом лесу с липой и № 2 – липово-березовом лесу, наименьшее содержание селена выявлено в почвах березово-соснового леса. Валовое содержание селена в почвах учетных площадок с различным видовым составом также колеблется в близких пределах (табл. 2).

Среднее валовое содержание селена в почвах Тюменского заказника составляет 0,062±0,02 мг/кг. Среднее содержание гумуса составляет 4,7%, pH – 5,8. Валовое содержание селена в почвах Тюменского государственного заказника значительно меньше значений, приведенных в источниках [3; 4]. Однако следует отметить, что в Тюменском государственном заказнике валовое содержание селена определяли только в дерново-подзолистых почвах, а в источниках [3; 4] представлены данные о валовом содержании селена в почвах разных типов (южных черноземах, аллювиальных, серых лесных, луговых). Также следует отметить, что авторы использовали разные методы определения содержания селена в почвах.

В ходе проведения исследований нами были выведены корреляции между содержанием селена в почвах и содержанием гумуса и pH почвенного раствора. Установлено, что валовое содержание селена имеет хорошо выраженную связь с содержанием гумуса в почвах (коэффициент корреляции составляет 0,6), а связь между валовым содержанием селена и pH почвенного раствора выражена в меньшей степени (коэффициент корреляции – 0,1). Содержание органического углерода, селена и pH почвенного раствора Национального парка «Таганай» представлены в таблице 4.

Таблица 3

**Содержание органического углерода, селена и pH почвенного раствора  
Национального парка «Таганай»**

| Исследуемые участки     | Валовое содержание селена в почве, мг/кг | C орг, %          | pH               |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------|
| <i>Фоновая зона</i>     |                                          |                   |                  |
| 1-2                     | 0,05±0,01                                | 15,0              | 5,7              |
| 1-3                     | 0,02 ±0,005                              | 15,0              | 5,1              |
| 1-4                     | 0,03±0,005                               | 15,0              | 5,7              |
| 2-4                     | 0,08±0,03                                | 15,0              | 6,4              |
| 2-5                     | 0,03±0,005                               | 15,0              | 6,2              |
| 3-3                     | 0,07±0,03                                | 13,9              | 5,9              |
| 3-4                     | 0,04±0,02                                | 11,6              | 5,1              |
| <i>Среднее по зоне</i>  | <i>0,046±0,02</i>                        | <i>14,4±1,28</i>  | <i>5,73±0,5</i>  |
| <i>Буферная зона</i>    |                                          |                   |                  |
| 3-1                     | 0,08±0,03                                | 13,8              | 6,2              |
| 3-2                     | 0,07±0,02                                | 13,9              | 6,1              |
| 2-6                     | 0,04±0,01                                | 9,28              | 6,0              |
| 2-3                     | 0,08±0,02                                | 10,0              | 6,8              |
| 2-2                     | 0,06 ±0,01                               | 9,0               | 6,8              |
| 1-6                     | 0,03±0,02                                | 15,0              | 6,8              |
| 1-5                     | 0,04±0,02                                | 15,0              | 5,7              |
| 3-7                     | 0,04±0,02                                | 10,8              | 5,4              |
| 3-6                     | 0,08±0,03                                | 14,5              | 5,4              |
| <i>Среднее по зоне</i>  | <i>0,056±0,02</i>                        | <i>12,36±2,54</i> | <i>6,13±0,57</i> |
| <i>В целом по парку</i> |                                          |                   |                  |
| M/m                     | 0,08/0,02                                | > 15/9,0          | 6,8/5,1          |
| Среднее (               | 0,05±0,02                                | -                 | 6,0              |

Примечание. Над чертой М – наибольшая величина; под чертой m – наименьшая величина

Согласно представленным данным содержание селена в почвах Национального парка «Таганай» находится в пределах от 0,02 до 0,08 мг/кг. Из выше приведенных данных следует, что среднее валовое содержание селена в почвах Национального парка «Таганай» составляет 0,05±0,02 мг/кг. Почвы отличаются высоким содержанием органического вещества (9,3-15); а pH почвенного раствора изменяется в пределах от слабокислых до близких к нейтральным (5,1-6,8).

Распределение уровня микроэлемента по функциональным зонам существенно не отличается, однако имеются тенденции по его увеличению в ряду: фоновая зона – буферная зона. Исследования показали, что, несмотря на значительные биогеохимические отличия двух ООПТ, содержание селена на изученных участках существенно не отличается и составляет от 0,01 до 0,09 мг/кг. Незначительные отличия в почвах исследованных особо охраняемых природных территорий, очевидно, связаны с одинаково низким содержанием этого элемента в почвообразующих породах. Установленные корреляции между валовым содержанием селена в почвах Национального парка «Таганай» и pH почвенного раствора показали среднюю зависимость между этими параметрами (коэффициент корреляции 0,54), и, напротив, меньшую связь между содержанием селена и органического вещества (коэффициент корреляции 0,36).

Для оценки уровня содержания селена в почве приняты следующие пороговые значения концентрации микроэлемента: менее 125 мкг/кг – область селенодефицита; 125-175 мкг/кг – маргинальная недостаточность; 175-3000 мкг/кг – область оптимума; более 3000 мкг/кг – область избытка. Согласно данной классификации, исследуемые почвы являются селенодефицитными. Это, возможно, является одной из причин недостатка селена в системе почва–растение [3; 11; 15].

На территории Национального парка «Таганай», помимо оценки почв, содержание селена определялось в растениях на примере трех наиболее широко представленных в травянистом покрове парка видах: вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.). Растения были отобраны на тех же участках, что и пробы почв. Полученные в результате исследований данные по содержанию селена в растениях, произрастающих в разных функциональных зонах парка, и значения коэффициента биологического накопления представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Содержание селена в растениях, отобранных в разных функциональных зонах  
Национального парка «Таганай» и значения коэффициента биологического поглощения**

| Функциональная зона | Вид                                        | Содержание селена в растениях, мг/кг сухого вещества | КБП  |
|---------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|
| фон                 | <i>Oxalis acetosella</i> L.                | 0,039 ±0,02                                          | 0,72 |
|                     | <i>Vaccinium myrtillus</i> L.              | 0,058 ±0,03                                          | 1,6  |
|                     | <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth | 0,050 ±0,01                                          | 1,38 |
| буферная            | <i>Oxalis acetosella</i> L.                | 0,068±0,01                                           | 1,14 |
|                     | <i>Vaccinium myrtillus</i> L.              | 0,044 ±0,01                                          | 0,96 |
|                     | <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth | 0,060 ±0,01                                          | 0,99 |

Как следует из представленных в таблице 5 данных, содержание селена в наиболее распространенных травянистых растениях «Национального парка «Таганай» колеблется в незначительных пределах и достоверно не различается, как по видовому составу, так и в зависимости от приуроченности к функциональным зонам. Тенденции к изменению в пределах одной и той же функциональной зоны следующие: от 0,039 мг/кг в кислице до 0,058 мг/кг у вейника – в фоновой и от 0,044 мг/кг в чернике до 0,068 мг/кг в кислице в буферной зонах соответственно. Для оценки биологических особенностей потребности растений в селене, рассчитан коэффициент биологического поглощения, согласно формуле предложенной А.И. Перельманом (1979) [15]:

$$A_x = X/P_x,$$

где,  $A_x$  – коэффициент биологического поглощения (КБП);  $X$  – содержание элемента в золе растений;  $P_x$  – содержание элемента в почве на которой произрастает растение.

В целом, из представленных данных следует, что накопление селена травянистыми растениями, по-видимому, определяется видовыми особенностями и не зависит от нахождения растения в той или иной функциональной зоне национального парка. В таблице 5 представлены средние значения содержания селена в растениях Национального парка «Таганай» и коэффициентов биологического поглощения. По этому параметру КБН исследуемые растения Национального парка «Таганай» располагаются в следующей последовательности: черника-вейник-кислица.

Исследуемые растения, согласно классификации А.И. Перельмана, по накоплению селена относятся к группам слабого захвата [15]. Согласно данным Banuelos G., Schrale G. (1989) минимальное содержание Se приближается к 0,05 мг/кг, ниже которого отмечается дефицит микроэлемента (табл. 5). Таким образом, по данной классификации, содержание селена находится на нижней границе обеспеченности.

Таблица 5

**Средние значения содержания селена в растениях  
Национального парка «Таганай» и коэффициентов биологического поглощения**

| Вид растений | Содержание селена в растении, мг/кг сухого вещества | КБП  |
|--------------|-----------------------------------------------------|------|
| Кислица      | 0,054                                               | 0,93 |
| Черника      | 0,051                                               | 1,28 |
| Вейник       | 0,052                                               | 1,05 |

В целом на содержание микроэлементов в растениях, в том числе селена, влияет комплекс факторов, основными из них являются биологические особенности культуры, почвенные условия, прежде всего содержание подвижных форм микроэлементов [4; 6; 14; 16; 17; 20; 22-26]. В связи с этим, низкое содержание селена в исследуемых растениях Национального парка «Таганай» связано с дефицитом этого валового содержания элемента в почвах и, по-видимому, с невысоким содержанием его водорастворимых форм.

**Выводы.** 1. Несмотря на значительные биогеохимические отличия исследуемых ООПТ, содержание селена в почвах изученных территорий существенно не отличается и составляет от 0,01 до 0,09 мг/кг, при средних значениях  $0,05 \pm 0,02$  и  $0,062 \pm 0,02$  мг/кг соответственно в почвах Национального парка «Таганай» и Тюменского государственного заказника.

2. Исследуемые почвы ООПТ являются селенодефицитными. Это, возможно, является одной из причин недостатка селена в системе почва–растение.

3. Установлено, что валовое содержание селена имеет выраженную взаимосвязь с содержанием гумуса в почвах Тюменского государственного заказника и с уровнем кислотности в почвах Национального парка «Таганай».

4. Содержание селена в наиболее распространенных травянистых растениях «Национального парка «Таганай» (вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) колеблется в незначительных пределах и достоверно не различается, как по видовому составу, так по приуроченности к функциональным зонам. Обобщенное содержание селена в растениях находится на нижней границе обеспеченности (0,051-0,054 мг/кг сухого вещества). Согласно рассчитанному коэффициенту поглощения данные растения по накоплению селена относятся к группам слабого захвата.

5. Низкое содержание селена в исследуемых растениях Национального парка «Таганай» связано с дефицитом этого валового содержания элемента в почвах и, по-видимому, с невысоким содержанием его водорастворимых форм.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и МОН РСМ  
в рамках научного проекта № 20-55-44028*

*The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research  
and the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework  
of the scientific project No. 20-55-44028*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.А., Жаворонков А.А. Риш М.А. Микроэлементозы человека. М., Медицина, 1991.
2. Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Ставрова Н.И., Ярмишко В.Т., Ярмишко М.А. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002.
3. Барабанщикова Л.Н. Содержание и распределение селена в агроландшафтах Северного Зауралья: дисс. канд. биол. наук. Тюмень, 2013. 125 с.

4. Боев В.А. Селен в почвах и сельскохозяйственных культурах юга Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. №12. С. 112-120.
5. Боев В.А., Боев В.В. Соотношение хвойной и лиственной составляющей и величина листового опада смешанных хвойно-лиственных лесов подзоны подтайги // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. №1. С. 43-49.
6. Братухин С.В. Экологический аудит национального парка «Таганай»: Автореф. ... канд. биол. наук. М., 2005. С. 100-107.
7. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 250 с.
8. Голубкина Н.А., Синдирева А.В., Зайцев В.Ф. Внутрорегиональная вариабельность селенового статуса населения // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. №1. С. 107-127.
9. Гуров В.И., Крюков К.В. Проект внутрихозяйственного устройства государственного заказника «Тюменский». Новосибирск, 1980.
10. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. М., Наука, 1974. 300 с.
11. Зайко О.А., Синдирева А.В., Путалова И.Н., Конвай В.Д. Влияние токсических доз селена на процессы перекисного окисления липидов в крови и брыжеечных лимфатических узлах крыс // Медицинская наука и образование Урала. 2009. Т. 10. №2(57). С. 57-59.
12. Кабата-Педас А., Пендас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989.
13. Капительчук М.В., Капительчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва – растения – человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. 2011. №3. С. 323-335.
14. Майманова Т. М. Селен в основных компонентах ландшафтов Горного Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 2003. 22 с.
15. Перельман А.И. Геохимия. М., Высшая школа, 1989. 522 с.
16. Полосина А.В. Селен в почвообразующих породах и почвах Новосибирской // Сибирской экологический журнал. 2009. Т.2. С. 293-297.
17. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва-растение-животное: дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2012. 462 с.
18. Синдирева А.В., Голубкина Н.А. Оценка селенового статуса территории Омской области // Омский научный вестник. 2011. №1(104). С. 192-196.
19. Синдирева А.В., Котченко С.Г., Гурьев Н.Е. Геохимическая оценка содержания селена в основных типах почв Тюменской области // Проблемы региональной экологии. 2021. №3. С. 32-38.
20. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
21. Чебакова И.В. Национальные парки России. М.: ЦОДП, 1996.
22. Gong J., Yang J., Wu H., Fu Y., Gao J., Tang S., Ma S. Distribution of soil selenium and its relationship with parent rocks in Chengmai County, Hainan Island, China // Applied Geochemistry. 2022. Vol. 136. P. 105147. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105147>
23. Liu Y., Tian X., Liu R., Liu S., Zuza A.V. Key driving factors of selenium-enriched soil in the low-se geological belt: a case study in red beds of sichuan basin, China // Catena. 2021. Vol. 196. P. 104926. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104926>
24. Shahid M., Niazi N. K., Khalid S., Murtaza B., Bibi I., Rashid M.I. A critical review of selenium biogeochemical behavior in soil-plant system with an inference to human health // Environmental Pollution. 2018. Vol. 234. P. 915-934. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.019>
25. Yang H., Yang X., Ning Z., Kwon S.Y., Li M.L., Tack F.M., Yin R. The beneficial and hazardous effects of selenium on the health of the soil-plant-human system: An overview // Journal of Hazardous Materials. 2022. Vol. 422. P. 126876. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126876>
26. Zhang J., Taylor E. W., Bennett K., Saad R., Rayman M. P. Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China // The American journal of clinical nutrition. 2020. Vol. 111. №6. P. 1297-1299. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

## REFERENCES

1. Avtsyn, A.A., Zhavoronkov, A.A. & Rish, M.A. (1991). Mikroelementy cheloveka. Moscow. (in Russ.).
2. Andreeva, E.N., Bakkal, I.Yu., Gorshkov, V.V., Lyanguzova, I.V., Maznaya, E.A., Neshataev, V.Yu., Neshataeva, V.Yu., Stavrova, N.I., Yarmishko, V.T., & Yarmishko, M.A. (2002). Metody izucheniya lesnykh soobshchestv. St. Petersburg. (in Russ.).
3. Barabanshchikova, L.N. (2013). Soderzhanie i raspredelenie selena v agrolandshaftakh Severnogo Zaural'ya: diss. kand. biol. nauk. Tyumen. (in Russ.).
4. Boev V.A. (2013). Selen v pochvakh i sel'skokhozyaystvennykh kul'turakh yuga Tyumenskoi oblasti. Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, (12), 112-120. (in Russ.).

5. Boev, V.A., & Boev, V.V. (2017). Sootnoshenie khvoynoi i listovoi sostavlyayushchei i velichina listovogo opada smeshannykh khvoyno-listvennykh lesov podzony podtaigi. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (1), 43-49. (in Russ.).
6. Bratukhin, S.V. (2005). *Ekologicheskii audit natsional'nogo parka "Taganai": Avtoref. ... kand. biol. nauk.* Moscow, 100-107. (in Russ.).
7. Golubkina, N.A., & Papazyan, T.T. (2006). *Selen v pitanii. Rasteniya, zhivotnye, chelovek.* Moscow. (in Russ.).
8. Golubkina, N.A., Sindireva, A.V., & Zaitsev, V.F. (2017). Vnutriregional'naya variabel'nost' selenovogo statusa naseleniya. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 12(1), 107-127. (in Russ.).
9. Gurov, V.I., & Kryukov, K.V. (1980). *Proekt vnutrikhozyaistvennogo ustroystva gosudarstvennogo zakaznika "Tyumenskii".* Novosibirsk. (in Russ.).
10. Ermakov, V.V., & Koval'skii, V.V. (1974). *Biologicheskoe znachenie selen.* Moscow. (in Russ.).
11. Zaiko, O.A., Sindireva, A.V., Putalova, I.N., & Konvai, V.D. (2009). Vliyanie toksicheskikh doz selen na protsessy perekisnogo okisleniya lipidov v krovi i bryzhechnykh limfaticheskikh uzlakh krys. *Meditinskaya nauka i obrazovanie Urala*, 10(2(57)), 57-59. (in Russ.).
12. Kabata-Pedias, A., & Pendias, Kh. (1989). *Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh.* Moscow. (in Russ.).
13. Kapital'chuk, M.V., Kapital'chuk, I.P., & Golubkina, N.A. (2011). Akkumulyatsiya i migratsiya selen v komponentakh biogeokhimicheskoi tsepi "pochva – rasteniya – chelovek" v usloviyakh Moldavii. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*, (3), 323-335. (in Russ.).
14. Maimanova, T.M. (2003). *Selen v osnovnykh komponentakh landshaftov Gornogo Altaya: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk.* Novosibirsk. (in Russ.).
15. Perel'man, A.I. (1989). *Geokhimiya.* Moscow. (in Russ.).
16. Polosina, A.V. (2009). Selen v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Novosibirskoi. *Sibirskoi ekologicheskii zhurnal*, 2, 293–297. (in Russ.).
17. Sindireva, A.V. (2012). *Kriterii i parametry deystviya mikroelementov v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe: dis. ... d-ra biol. nauk.* Tyumen'. (in Russ.).
18. Sindireva, A.V., & Golubkina, N.A. (2011). Otsenka selenovogo statusa territorii Omskoi oblasti. *Omskii nauchnyi vestnik*, (1(104)), 192-196. (in Russ.).
19. Sindireva, A.V., Kotchenko, S.G., & Gur'ev, N.E. (2021). Geokhimicheskaya otsenka sodержaniya selen v osnovnykh tipakh pochv Tyumenskoi oblasti. *Problemy regional'noi ekologii*, (3), 32-38. (in Russ.).
20. Cyso, A.I. (2007). Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri. Novosibirsk. (in Russ.).
21. Chebakova, I.V. (1996). *Natsional'nye parki Rossii.* Moscow. (in Russ.).
22. Gong, J., Yang, J., Wu, H., Fu, Y., Gao, J., Tang, S., & Ma, S. (2022). Distribution of soil selenium and its relationship with parent rocks in Chengmai County, Hainan Island, China. *Applied Geochemistry*, 136, 105147. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105147>
23. Liu, Y., Tian, X., Liu, R., Liu, S., & Zuza, A. V. (2021). Key driving factors of selenium-enriched soil in the low-se geological belt: a case study in red beds of sichuan basin, China. *Catena*, 196, 104926. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104926>
24. Shahid, M., Niazi, N. K., Khalid, S., Murtaza, B., Bibi, I., & Rashid, M. I. (2018). A critical review of selenium biogeochemical behavior in soil-plant system with an inference to human health. *Environmental Pollution*, 234, 915-934. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.019>
25. Yang, H., Yang, X., Ning, Z., Kwon, S. Y., Li, M. L., Tack, F. M., ... & Yin, R. (2022). The beneficial and hazardous effects of selenium on the health of the soil-plant-human system: An overview. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126876. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126876>
26. Zhang, J., Taylor, E. W., Bennett, K., Saad, R., & Rayman, M. P. (2020). Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *The American journal of clinical nutrition*, 111(6), 1297-1299. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

дата поступления: 25.07.2021

дата принятия: 03.09.2021

© Боев В.А., Синдирева А.В., Боев В.В., Бурмистрова А.С., 2022

UDC 581.526.322/325.2/93/543.3

AGRIS F30

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/14>

*Didenko I.N., Didenko N.A., Skorobogatova O.N., Storchak T.V.*

## ECOLOGICAL AND TAXONOMIC STRUCTURE OF WINTER ALGOCOENOSIS IN THE RIVERS OF THE SEVASTOPOL REGION

*Диденко И.Н., Диденко Н.А., Скоробогатова О.Н., Сторчак Т.В.*

### ЭКОЛОГО-ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗИМНИХ АЛЬГОЦЕНОЗОВ РЕК СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РАЙОНА

**Abstract.** The paper considers the ecological and taxonomic structure of the winter algocoenosis of the Chernaya, Kacha, and Belbek rivers within the territory of the city of Sevastopol. The results of studies were obtained on 30 chemical and physical parameters of surface water samples during the period of algological sampling. The collection of field material (phytoplankton, algae in fouling, on various substrates immersed in water) and its processing was carried out according to the methods generally accepted in algological practice. The diagnostic features, as well as the similarities and differences in the species diversity of algae, have been determined. The studies carried out show that the studied algocoenosis are characterized in winter period by a rich species composition, with a significant predominance of diatoms. The algae found in the studied rivers are indicators of water purity, and their occurrence activity and abundance can indicate that the content of organic matter in the waters of the Belbek and Kacha rivers is lower than in the Chernaya river. This is confirmed by the presence of algae – xenosaprobionts in the waters of the Belbek and Kacha rivers, which are indicators of clean, not polluted, with organic substances water.

**Keywords:** Algae, Environmental Conditions, Species, River, Crimea.

**About the authors:** Didenko Ivan Nikolaevich, ORCID: 0000-0001-7846-6167, SPIN-code: 1986-7957, Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, vandidi@yandex.ru; Didenko Nadezhda Alekseevna, ORCID: 0000-0002-0206-437X, SPIN-code: 9525-0364, Nizhnevartovsk State University Nizhnevartovsk, Russia, didenkona@yandex.ru; Skorobogatova Olga Nikolaevna, ORCID: 0000-0003-3772-8831, SPIN-code: 9094-9140, Ph.D., Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, olnics@yandex.ru; Storchak Tatyana Viktorovna, ORCID: 0000-0002-5926-433X, SPIN-code: 4454-0699, Ph.D., Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia, tatanastorchak@yandex.ru

**Аннотация.** В работе приведены первые результаты эколого-таксономических исследований зимнего альгоценоза рек Черная, Кача и Бельбек в пределах территории города Севастополя. Получены результаты исследований по 30 химико-физическим параметрам проб поверхностной воды в период отбора альгологического проба. Сбор полевого материала (фитопланктон, водоросли в обрастаниях, на различных субстратах, погруженных в воду) и его обработка производилась по методикам общепринятым в альгологической практике. Определены диагностические признаки, а также сходства и различия видового разнообразия водорослей. Проведенные исследования показывают, что изученный альгоценоз характеризуется в зимний период богатым видовым составом, со значительным преобладанием диатомовых. По найденным в исследованных реках водорослям – индикаторам чистоты воды, их встречаемости, можно свидетельствовать о том, что содержание органических веществ в водах рек Бельбек и Кача ниже, чем в реке Чёрная. Это подтверждается наличием в водах рек Бельбек и Кача водорослей – ксеносапробионтов, индикаторов чистой, не загрязненной органическими веществами воды.

**Ключевые слова:** водоросли, экологические условия, вид, река, Крым, сапробность

**Информация об авторах:** Диденко Иван Николаевич, ORCID: 0000-0001-7846-6167, SPIN-code: 1986-7957, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, vandidi@yandex.ru; Диденко Надежда Алексеевна, ORCID: 0000-0002-0206-437X, SPIN-code: 9525-0364, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, didenkona@yandex.ru; Скоробогатова Ольга Николаевна, ORCID: 0000-0003-3772-8831, SPIN-code: 9094-9140, канд. биол. наук, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, olnics@yandex.ru; Сторчак Татьяна Викторовна, ORCID: 0000-0002-5926-433X, SPIN-code: 4454-0699, канд. биол. наук, Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия, tatanastorchak@yandex.ru

Didenko I.N., Didenko N.A., Skorobogatova O.N., Storchak T.V. Ecological and Taxonomic Structure of Winter Algocoenosis in the Rivers of the Sevastopol Region // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 128-135. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/14>

Didenko, I.N., Didenko, N.A., Skorobogatova, O.N. & Storchak, T.V. (2022). Ecological and Taxonomic Structure of Winter Algocoenosis in the Rivers of the Sevastopol Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 128-135. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/14>

**Introduction.** Within the Sevastopol region, there are three main rivers (the Chernaya river, the Belbek river and the Kacha river), which, according to the classification of Alekin O.A., refer to as small rivers [2].

The Chernaya River is 35 km long, the catchment area is 669 km<sup>2</sup>, and the river is one of the most significant in terms of length and water content. The river is fed mixed – atmospheric and underground. When analyzing the average long-term runoff hydrograph, two periods are distinguished: a high-water period (from December through April), when 51.2% of the annual runoff passes, and a low-water period (from May to November).

The Belbek River is the most full-flowing of the Crimean rivers, flows in the southwest of the Crimea. Its length is 55 km, the catchment area is 505 km<sup>2</sup>, and the slope of the river is 6.0 m/km. The section of the river from the village Frontovoe to the village Lyubimovka forms a 16 km lower section, the river flows into the Black Sea. The Belbek River is a typical undying mountain river with a high channel current, meandering in the mouth part. The river valley is box-shaped, with a width of up to 2000 m in the studied area.

The length of the Kacha River is 64 km, the catchment area is 573 km<sup>2</sup>. In the upper and middle reaches, it is a typical mountain river that flows into the Black Sea to the south of the village Kacha, to the north of the city of Sevastopol. The river's own flow is regulated, two reservoirs were built on the Kacha River: Zagorskoe in 1980, volume – 27.85 million m<sup>3</sup> and Bakhchisarayskoye has been operating since 1935, its volume is 6.89 million m<sup>3</sup>, used for water supply to the city of Simferopol and irrigation.

Materials of studies of freshwater algae in the region under study have not been found in literary sources.

**Materials and Methods.** The purpose of this work is to study the composition of algological communities of river algae in the winter and assess their state.

The studies were carried out at the Department of Ecology of Nizhnevartovsk State University, according to the methods adopted in algology [1; 7; 8]. The material for the work was original samples in the water column (phytoplankton), as well as in fouling, on various substrates, submerged in water in the channel of the Chernaya, Belbek and Kacha rivers. Samples were taken in the first ten days of February 2019 in 4 sections.

Determination of the species composition was carried out on a fixed formalin material, bringing it to 4% concentration. A pHScan WP2 portable water analyzer was used to determine the temperature and acidity of water. The chemical composition of water is determined by 30 indicators (tabl. 1).

Preparation for identification was carried out by sedimentary gravimetric method and the manufacture of permanent preparations by cold burning, subsequent centrifugation, and placing the obtained valves of diatoms in Canadian balsam. Microscopic examination was carried out using light microscopes Nikon ECLIPSE E200 and OLYMPUS SX4 with a multiple magnification from 640 to 2000.

The taxonomic affiliation of algae was established using domestic keys and taking into account nomenclature changes in the international electronic database [11].

Floristic analysis of the composition of algocoenosis of the rivers of the Sevastopol region was carried out using generally accepted indicators: a systematic analysis, the proportions of flora (calculated as the ratio of the number of genera; species; varieties and forms — in 1 family), generic coefficient (generic saturation with species and intraspecific taxa), floristic spectra [10].

When processing samples, the frequency of occurrence of the species was determined using the following symbols: + – very rarely (the species is not present in every preparation); 1 – singly (1-6 copies in the preparation); 2 – few (7-16 specimens in the preparation); 3 – decently (17-30 copies in the preparation); 4 – many (31-50 specimens in the preparation); 5 – a lot, absolute predominance (more than 50 specimens in the preparation) [13].

The ecological and geographical characteristics of algae are given according to guidelines [4; 7; 8; 11].

**Results.** The water temperature during the research period varied within 3-5°C, the activity of hydrogen ions varied from 7.5 to 8.1. The results of the quantitative chemical analysis of water are substituted in table 1.

Table 1

**Results of chemical and analytical studies of surface water samples (February 2019)**

| Indicator                                              | Kacha river | Belbek river | Belbek river | Chernaya river | Maximum Allowable Concentration |
|--------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------------------------|
| Temperature, °C                                        | 5,0         | 3,0          | 4,0          | 4,0            | –                               |
| pH, units pH                                           | 7,5         | 7,5          | 7,6          | 8,1            | –                               |
| Smell, point                                           | 0           | 0            | 0            | 0              | –                               |
| Colour, degree                                         | <1          | <1           | <1           | <1             | –                               |
| Transparency, cm                                       | transparent | transparent  | transparent  | transparent    | –                               |
| Dissolved oxygen, mg/dm <sup>3</sup>                   | 7,3         | 7,1          | 8,2          | 7,8            | –                               |
| General stiffness, dH                                  | 11,8        | 6,2          | 6,3          | 3,7            | –                               |
| Suspended substances, mg/dm <sup>3</sup>               | 18,5        | 76,5         | 10,5         | 12,5           | –                               |
| The amount of ions (dry residue), mg/dm <sup>3</sup>   | 357         | 321          | 310          | 287            |                                 |
| Oil products, mg/dm <sup>3</sup>                       | 0,013       | 0,013        | 0,009        | 0,007          | 0,05                            |
| BOD <sub>5</sub> , mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>   | 3,4         | 2,9          | 2,3          | 2,5            | 2,1                             |
| COD, mg/dm <sup>3</sup>                                | 6,7         | 5,7          | 5            | 6,8            | –                               |
| Anionic surfactants, mg/dm <sup>3</sup>                | <0,1        | <0,1         | <0,1         | <0,1           | –                               |
| Oxygen saturation percentage, %                        | 57,08       | 52,63        | 62,45        | 59,41          | –                               |
| Sulfates, mg/dm <sup>3</sup>                           | 182,5       | 46,32        | 53,21        | 14,91          | 100                             |
| Chlorides, mg/dm <sup>3</sup>                          | 137,2       | 24,17        | 21,1         | 12,57          | 300                             |
| Nitrates, mg/dm <sup>3</sup>                           | 21,8        | 9,62         | 10,85        | 1,13           | 40                              |
| Nitrite, mg/dm <sup>3</sup>                            | 0,05        | 0,04         | 0,05         | 0,34           | 0,08                            |
| Ammonium ion, mg/dm <sup>3</sup>                       | 0,13        | 0,16         | 0,11         | <0,1           | 0,5                             |
| Carbon dioxide, mg/dm <sup>3</sup>                     | 10          | <10          | <10          | <10            | –                               |
| Phosphates, mg/dm <sup>3</sup>                         | <0,1        | <0,1         | <0,1         | <0,1           | –                               |
| Hydrocarbonates, mg/dm <sup>3</sup>                    | 229         | 269          | 223          | 231            | –                               |
| Phenols (amount), mg/dm <sup>3</sup>                   | 0,0068      | 0,0175       | 0,002        | 0,0072         | 0,001                           |
| Calcium, mg/dm <sup>3</sup>                            | 81,52       | 85,63        | 24,15        | 73,64          | 180                             |
| Magnesium, mg/dm <sup>3</sup>                          | 23,61       | 15,52        | 40,36        | 8,95           | 40                              |
| The amount of sodium and potassium, mg/dm <sup>3</sup> | 59,84       | 22,84        | 18,16        | 16,35          | –                               |
| Total iron, mg/dm <sup>3</sup>                         | 0,009       | 0,008        | 0,007        | 0,008          | 0,1                             |

| Indicator                            | Kacha river | Belbek river | Belbek river | Chernaya river | Maximum Allowable Concentration |
|--------------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------------------------|
| Manganese, mg/dm <sup>3</sup>        | 0,004       | 0,003        | 0,004        | 0,002          | 0,01                            |
| Copper, mg/dm <sup>3</sup>           | 0,0013      | 0,0016       | 0,0013       | 0,0015         | 0,001                           |
| Zinc, mg/dm <sup>3</sup>             | 0,005       | 0,007        | 0,007        | <0,005         | 0,01                            |
| Chromium (VI), mg/dm <sup>3</sup>    | <0,001      | <0,001       | <0,001       | <0,001         | 0,02                            |
| Nickel, mg/dm <sup>3</sup>           | <0,002      | <0,002       | <0,002       | <0,002         | 0,01                            |
| Total nitrogen, mg/dm <sup>3</sup>   | 0,57        | 0,58         | 0,53         | 0,55           | –                               |
| Total phosphorus, mg/dm <sup>3</sup> | 0,23        | 0,54         | 0,24         | 0,21           | –                               |
| Silicon, mg/dm <sup>3</sup>          | <0,5        | <0,5         | <0,5         | <0,5           | –                               |
| $\alpha$ -HCCH, mg/dm <sup>3</sup>   | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| $\beta$ -HCCH, mg/dm <sup>3</sup>    | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| $\gamma$ -HCCH, mg/dm <sup>3</sup>   | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| DDT, mg/dm <sup>3</sup>              | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| DDD, mg/dm <sup>3</sup>              | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| DDE, mg/dm <sup>3</sup>              | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | 0,00001                         |
| HCB, mg/dm <sup>3</sup>              | <0,00001    | <0,00001     | <0,00001     | <0,00001       | -                               |

As a result of winter studies at four sections of the Chernaya, Belbek and Kacha rivers, 82 species and varieties of algae were identified, included in 5 divisions, 6 classes, 21 families and 44 genera (tabl. 2).

Table 2

#### Systematic composition of algae in the rivers of the city of Sevastopol

| Division               | Class | Families | Genera | Number of species, varieties and forms | % of the total number of species (species, varieties and forms) |
|------------------------|-------|----------|--------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <i>Cyanobacteria</i>   | 1     | 1        | 1      | 1                                      | 1,2                                                             |
| <i>Chrysophyta</i>     | 1     | 1        | 2      | 2                                      | 2,4                                                             |
| <i>Bacillariophyta</i> | 2     | 16       | 33     | 66                                     | 80,5                                                            |
| <i>Euglenophyta</i>    | 1     | 1        | 5      | 9                                      | 11,0                                                            |
| <i>Chlorophyta</i>     | 1     | 2        | 3      | 4                                      | 4,9                                                             |
| Total:                 | 6     | 21       | 44     | 82                                     | 100                                                             |

The overwhelming number of algae belongs to diatoms, which is explained by the temperature indicators of the water typical for the winter period.

The Cyanophyceae class is represented by one species, the Chrysophyceae class – two species, Chlorophyceae – 4, Mediophyceae – 5, Euglenophyceae – 9, Bacillariophyceae includes 61 species and varieties.

In the family spectrum, Cymbellaceae is the leader, in which there are 13 species of algae, they make up 15.9% of the total list composition, 5 genera have been found in this family. The second place is occupied by Euglenidae – 9 algae, 11.1%, 5 genera. Gomphonemataceae ranked third with 8 algae, 9.9%, genus 1. The fourth place is Cosmionidaceae – 7 species, 8.5%, 3 genera. The Naviculaceae family completes the leading spectrum of families, in which 6 algae have been identified, which is 7.3%, this family includes 4 genera. Thus, the dominant five families include 52.4% of all identified algae and 19 genera (43.2% of the total identified generic spectrum). Only 2 representatives were found in seven families, and one in four families. In the rest of the families, from 3 to 5 algae were found.

The generic spectrum is headed by Gomphonema, which includes 8 algae, which is 9.8% of the total algocoenosis of the rivers. The genera Gyrosigma, Amphora and Cymbella contain 4 species each, making up 14.7% in total. Five genera include 3 species each, 12 genera of 2 species each, and 23 genera are single species.

The richest variety of algae is found in the Belbek river, in the Chernaya and Kacha rivers it is almost two times less (tabl. 3).

Table 3

**Taxonomic diversity and proportions  
of flora in individual watercourses of the Sevastopol region**

| River    | Number of |          |         |                       | Flora proportions | Generic saturation |
|----------|-----------|----------|---------|-----------------------|-------------------|--------------------|
|          | divisions | families | generas | Species and varieties |                   |                    |
| Chernaya | 3         | 15       | 20      | 30                    | 1:13:2,0          | 1,5                |
| Belbek   | 5         | 19       | 32      | 53                    | 1:17:2,8          | 1,7                |
| Kacha    | 3         | 13       | 21      | 29                    | 1:16:2,2          | 1,4                |
| Total    | 5         | 21       | 44      | 82                    | 1:15:2,3          | 1,6                |

The highest indicators of the proportions of flora and generic saturation are noted in the waters of the Belbek River, which indicates the richest algological community of the watercourse.

When studying the distribution of the detected algae, depending on the habitat conditions, it was determined that the ecological group of planktonic organisms includes 26 algae, or 32.5% of the list composition, the benthos group (fouling and bottom) includes 40 species, or 48.8%.

Algae are able to develop equally abundant in a wide range of salinity. It is known that a significant number of them, especially diatoms, are good indicators of the degree of salinity of the aquatic environment. When assessing the ecological plasticity of the freshwater algae of the Chernaya, Belbek and Kacha rivers, depending on the concentration of salts in the water, there were found 24, 39 and 27 indicator species respectively, for which data on water salinity are known. The main part of them was oligohalobes, among which indifferent species prevailed, preferring waters with mineralization of 0.2-0.3 g/l (fig. 1, 2).

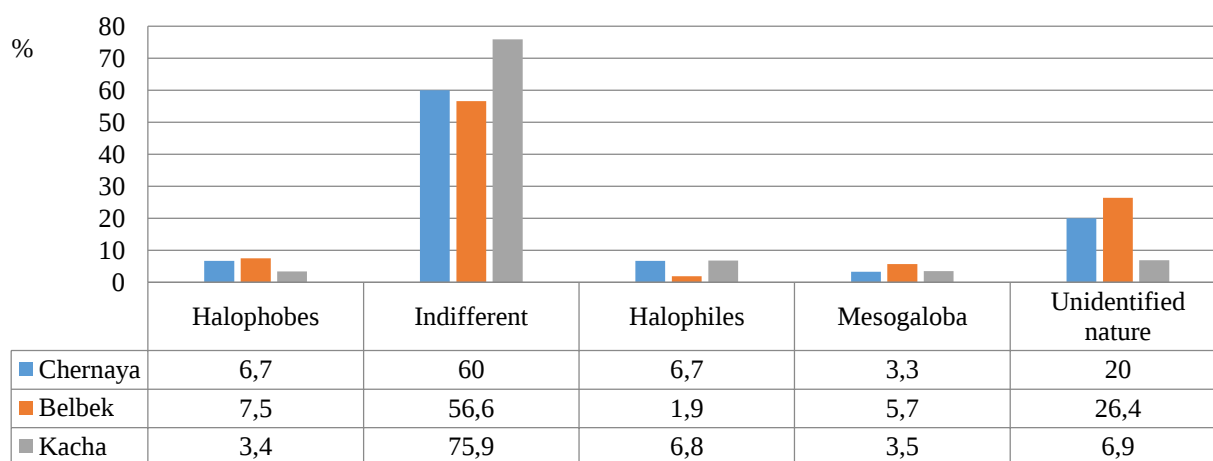


Fig. 1. Distribution of algae depending on salinity

The most widespread indifferent species in relation to halogenesis were: *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal, *U. ulna* (Nitzsch) Compère, *Navicula cryptocephala* Kützing, *N. radiosa* Kützing, *Gyrosigma strigilis* (W. Smith) J.W. Griffin & Henfrey, *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange- Bertalot, *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Cleve, *Cocconema ventricosum* (Kützing) G. S. West, *Amphora ovalis* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith.

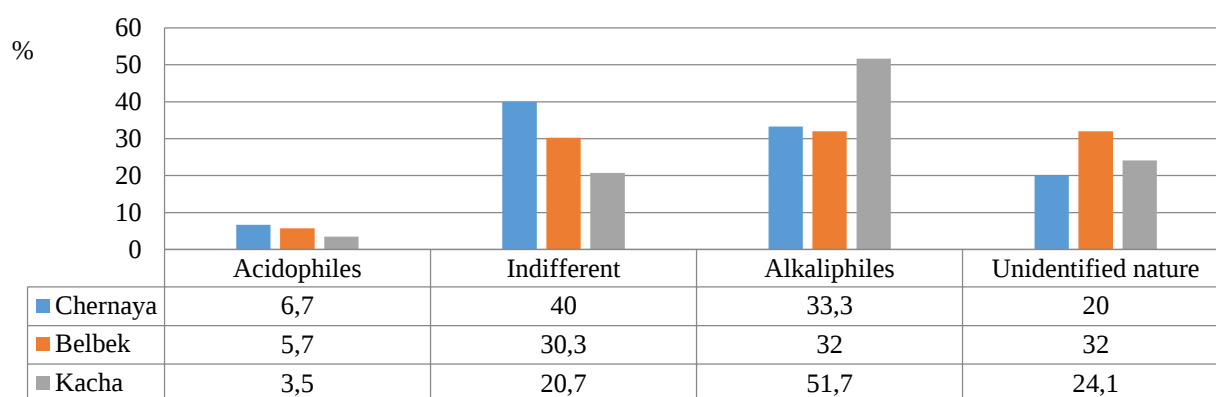


Fig. 2. Distribution of algae depending on active water reaction

The share of halophobes growing in waters with salinity up to 0.1 g / l is in the range from 3.4% (Kacha river) to 7.5% (Belbek river). The share of gallophiles in the river Belbek is the smallest (1.9%), in the rivers Kacha and Chernaya it reaches 6.8%. The obtained results characterize the algocenoses of the Sevastopol region in terms of the composition of halogenesis indicators as freshwater with a predominance of indifferent and the participation of halophobic and halophilic algae and mesohalobes.

The pH value is an ecological factor on which the growth and reproduction of algae depends.

The share of acidophiles in rivers varies from 3.5% (Kacha) to 6.7% (Chernaya). This group is represented by only five diatoms: *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh, *Denticula thermalis* Kützing, *Eunotia faba* (Ehrenberg) Grunow, *E.minor* (Kützing) Grunow, *Gomphonema acuminatum* Ehrenberger, the occurrence of which did not exceed two points. Thus, for the listed species, the vegetation period is below average.

The fractional participation of alkaliphiles living in alkaline environments and indifferent algae is characterized by high data.

**Discussion.** Control and monitoring of the levels of surface water pollution in the system of protection and rational use of water resources occupy an important place. In order to determine the quality of surface waters, assess the state of water systems and their changes as a result of anthropogenic influences, hydrobiological observations are carried out, characterizing the quality of water as a habitat for living organisms inhabiting water bodies. Due to the high sensitivity of algae to environmental conditions, they play an important role in the biological analysis of water [5]. Bioindication aspects of algal ecology are the most developed in comparison with other groups of organisms [3].

Bioindication, as a method of water quality control, is considered the most reliable and universal, since for these purposes the most sensitive species of aquatic organisms are used, which adequately respond to changes in environmental factors. The indicators of the degree of saprobity of water in our study were 23 species for the Chernaya river, which is 76.7% of the total number of taxa; for the Belbek river - 35 species, or 66.1%, for the Kacha river – 23 species, or 79.2% (fig. 3).

The most widely represented is the group of mesosaprobies - indicators of the average degree of water pollution by easily oxidizable organic substances actively participating in the self-purification process; the range of the share of this ecological group along the rivers varies from 26.4% (Belbek river) to 37.9% (Kacha river). The occurrence of algae of this group in the water bodies of the Sevastopol basin reached 2-3 points: *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal, *U. ulna* (Nitzsch) Compère, *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Cleve, *Cocconema ventricosum* (Kützing) G. S. West.

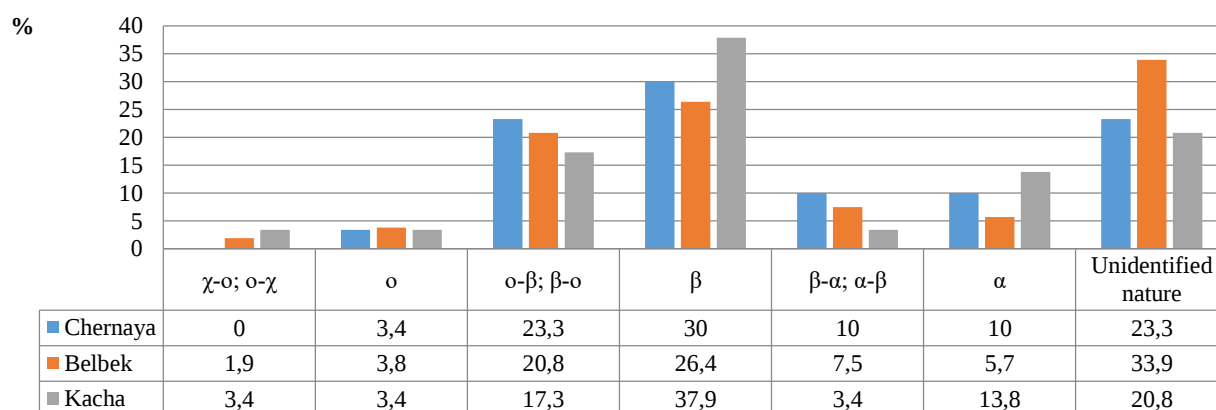


Fig. 3. Distribution of saprobiont algae in water bodies:  
x – xenosaprobe; o – oligosaprobe; α – α-mesosaprobe; β – β-mesosaprobe

Alfasaprobites testify to the environment in which algae can withstand a significant degree of organic pollution. It should be noted that there is a significant proportion of this group of algae in phytocenoses of rivers: *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata* Hustedt, *Nitzschia palea* (Kützinger) W. Smith, *Hantzschia amphioxys* var. *virax* (Hantzsch) Grunow, *Euglena granulata* (G.A. Klebs) F. Schmitz, *Lepocinclis ovum* var. *palatina* Lemmermann.

Algae-xenosaprobites — indicators of clean, oxygen-rich water were recorded only in the Belbek and Kacha rivers: *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh.

**Conclusion.** Thus, in the rivers of the Sevastopol region in the winter period of 2019, a fairly high distribution of algae oligosaprobites and mesosaprobites was noted (from 26.4% to 37.9%). The activity of self-purification processes is confirmed by the fact that they occur at the level of β-mesosaprobic and oligosaprobic waters, when pollutants are bound by their mineralization. The obtained taxonomic composition of algae indicates a stable ecological state of aquatic ecosystems. The positive results of algolization of surface waters are confirmed by the presence of phytoplankton, which was formed during the observation period in 2019. The study is planned to continue during the biological summer.

## REFERENCES

1. Abakumov, V.A. (1992). *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem*. St. Petersburg. (in Russ.).
2. Alekin, O.A. (1953). *Osnovy gidrokhimii*. Leningrad. (in Russ.).
3. Barinova, S.S., Belous, E.P., & Tsarenko, P.M. (2019). *Al'goindikatsiya vodnykh ob'ektov Ukrainy: metody i perspektivy*. Kiev. (in Russ.).
4. Barinova, S.S., Medvedeva, L.A., & Anisimova, O.V. (2006). *Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy*. Tel'-aviv. (in Russ.).
5. *Vodorosli: Spravochnik* (1989). Kiev. (in Russ.).
6. Korneva, L.G. (2015). *Fitoplankton vodokhranilishch basseina Volgi*. Kostroma. (in Russ.).
7. Sadchikov, A.P. (2003). *Metody izucheniya presnovodnogo fitoplanktona*. Moscow. (in Russ.).
8. Filippov, D.A., Prokin, A.A., & Przhiboro, A.A. (2017). *Metody gidrobiologicheskikh issledovaniy bolot. Tyumen'*. (in Russ.).
9. Kharitonov, V.G., & Genkal, S.I. (2012). *Diatomovye vodorosli ozera El'gytgyn i ego okrestnostei (Chukotka)*. Magadan. (in Russ.).
10. Shmidt, V.M. (1980). *Statisticheskie metody v sravnitel'noi floristike*. Leningrad. (in Russ.).
11. Guiry, M.D. (2010). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/>.
12. Skorobogatova, O.N. (2018). Taxonomic composition of phytoplankton in the Vakh River (Western Siberia). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 138, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

13. Starmach, K. (1989). Plankton roślinny wód słodkich : Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. Warszawa; Kraków.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 317 с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 296 с.
3. Баринова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Киев: Хайфа, 2019.
4. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-авив: Pilies studio, 2006. 498 с.
5. Водоросли: Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 604 с.
6. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 283 с.
7. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 155 с.
8. Филиппов Д.А., Прокин А.А., Пржиборо А.А. Методы гидробиологических исследований болот. Тюмень. 2017.
9. Харитонов В.Г., Генкал С.И. Диатомовые водоросли озера Эльгыгитын и его окрестностей (Чукотка). Магадан: ИБПС: ИБВВ, 2012. 402 с.
10. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л. : Изд-во ЛГУ, 1980. 176 с.
11. Guiry M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway // <http://www.algaebase.org/>. 2010.
12. Skorobogatova O. N. Taxonomic composition of phytoplankton in the Vakh River (Western Siberia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. Vol. 138. №1. P. 012017.
13. Starmach K. Plankton roślinny wód słodkich : Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. Warszawa; Kraków: Państw. wydaw. nauk., 1989. 496 с.

дата поступления: 25.08.2021

дата принятия: 23.11.2021

© Didenko I.N., Didenko N.A., Skorobogatova O.N., Storchak T.V., 2022