

ISSN 2077-3366

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«DONETSK STATE UNIVERSITY»

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

Научно-практический журнал

№ 1

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

No 1

Founded in 1999

2025

В журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» публикуются статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов вузов и научно-исследовательских организаций, которые охватывают широкий круг вопросов экологической, а также флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности, которые касаются проблем экологии и охраны природы.

Предназначен для специалистов в области экологии, ботаники, зоологии, физиологии растений, человека и животных, биофизики, охраны природы, а также для преподавателей и студентов биологических, экологических факультетов и кафедр высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Беспалова С. В. , проф., д-р физ.-мат. наук (главный редактор)	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Горецкий О. С. , проф., д-р биол. наук (зам. главного редактора)	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Акатов В. В. , проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
Алемасова А. С. , проф., д-р хим. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Вардун Т. В. , доц., д-р пед. наук	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ботанический сад ЮФУ, Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Глухов А. З. , проф., д-р биол. наук	ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»
Горбов С. Н. , доц., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Демченко С. И. , доц., канд. биол. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Денисова Т. В. , доц., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Казеев К. Ш. , проф., д-р геогр. наук	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Калаев В. Н. , проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
Клименко О. Е. , с.н.с., д-р биол. наук	ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
Колесников С. И. , проф., д-р с.-х. наук	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Остапко В. М. , проф., д-р биол. наук	ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»
Прокопенко Е. В. , доц., канд. биол. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Сафонов А. И. , доц., канд. биол. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Сергеев М. Е. , канд. биол. наук	ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
Соболев В. И. , проф., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Гуманитарно-педагогическая академия
Труш В. В. , доц., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Чемерис О. В. , канд. биол. наук (отв. секретарь)	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Пирко И. Ф. , канд. биол. наук (отв. секретарь)	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК РФ с 09.04.2024 г.) по следующим научным специальностям:

1.5.9. Ботаника (биологические науки); 1.5.15. Экология (биологические науки).

Журнал включен в Перечень РИНЦ (лицензионный договор № 378-06/2016 от 24.06.2016 г.).

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:

Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Адрес редакции: Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 202,

Донецкий государственный университет, биологический факультет

Тел.: +7 (856) 302-09-93

Сайт журнала: <http://donnu.ru/ecolog>

E-mail: dongu_eco@mail.ru

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

протокол № 2 от 28.02.2025 г.

© ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 2025

Papers of academic staff, scientific employees and post-graduate students of high schools and research organizations cover a wide range of questions of ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation and touches problems of ecology and nature protection.

It is intended for ecologists, botanists, zoologists, plants physiologists, man and animals physiologists, biophysics, experts in nature protection and for teachers and students of biological and ecological faculties of higher educational institutions.

Editorial Board

Bespalova S. V. (Editor-in-Chief)	Donetsk State University
Goretsky O. S. (Associate Editor)	Donetsk State University
Akatov V. V.	Maikop State Technological University
Alemasova A. S.	Donetsk State University
Varduni T. V.	Academy of Biology and Biotechnology
	Botanical Garden of Southern Federal University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Gorbov S. N.	Academy of Biology and Biotechnology
	Southern Federal University
Demchenko S. I.	Donetsk State University
Denisova T. V.	Academy of Biology and Biotechnology
	Southern Federal University
Kazeev K. Sh.	Academy of Biology and Biotechnology
	Southern Federal University
Kalaev V. N.	Voronezh State University
Klimenko O. E.	Nikitsky Botanical Garden
Kolesnikov S. I.	Academy of Biology and Biotechnology
	Southern Federal University
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
Prokopenko E. V.	Donetsk State University
Safonov A. I.	Donetsk State University
Sergeev M. E.	Federal Scientific Center of the East Asia
	Terrestrial Biodiversity
Sobolev V. I.	Humanities and Education Science Academy
	Crimean Federal University
Trush V. V.	Donetsk State University
Chemeris O.V. (Managing editor)	Donetsk State University
Pirko I. F. (Managing editor)	Donetsk State University

Journal is included in the List of Russian scientific citation index (license agreement No 378-06/2016 dated 24.06.2016).

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the scientific degree of Candidate of Sciences, for the scientific degree of Doctor of Sciences should be published (List of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation from April 9, 2024) in the following scientific specialties: 1.5.9. Botany (biological sciences); 1.5.15. Ecology (biological sciences).

Certificate of registration of the media, issued by the Ministry of Information DPR: Series AAA No 000073 of 21.11.2016.

Address of editorial board: Faculty of Biology, Donetsk State University,
Schorsa str., 46, room 202, Donetsk, DPR, 283050, Russia.
Tel.: +7 (856) 302-09-93
Web-site of journal: <http://donnu.ru/ecolog> E-mail: dongu_eco@mail.ru

*Printed by decision of Donetsk State University Scientific Council
protocol No 2 dated 28.02.2025*

СОДЕРЖАНИЕ

К 75-летию юбилею выдающегося биолога Донбасса – Владимира Михайловича Остапко.....	6
К 80-летию юбилею выдающегося биолога Донбасса – Александра Захаровича Глухова.....	7

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Астанин С. С.</i> Оценка антропогенной нагрузки и экологического состояния разных категорий рекреаций города Воронеж	9
<i>Калинина Ю. С.</i> Ассортимент цветочно-декоративных растений в озеленении Донецко-Макеевской агломерации	19
<i>Корниенко В. О., Реуцкая В. В.</i> Деревья <i>Populus</i> L. в условиях урбанизированной среды Донецка	24
<i>Мирненко Э. И.</i> Влияние некоторых форм азота на развитие фитопланктона прудов водосборного бассейна р. Кальмиус (г. Донецк, ДНР).....	35
<i>Носова М. В., Середина В. П., Стовбунник С. А.</i> Значения концентраций подвижных форм некоторых тяжелых металлов в условиях локальных нефтяных загрязнений почв среднетаежной подзоны Западной Сибири	41
<i>Федоров А. В., Соколкина А. И.</i> Биологические особенности текомы прямостоячей (<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth) при интродукции в условиях Среднего Предуралья.....	50
<i>Фрунзе О. В., Горецкий О. С.</i> Сорбционная способность некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами кобальта и кадмия.....	58

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Прокопенко Е. В., Джантимирова А. А.</i> Одноцветная дубовая моль <i>Tischeria ekebladella</i> (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, Tischeriidae) в древесных насаждениях г. Донецка.....	65
--	----

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Чемерис О. В.</i> Ферментативный гидролиз соломы пшеницы и ячменя препаратом целлюлаз гриба <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.	70
Правила для авторов	75

C O N T E N T S

On the 75 th anniversary of the outstanding biologist of Donbass – Vladimir Mikhailovich Ostapko.....	6
On the 80 th anniversary of the outstanding biologist of Donbass – Alexander Zakharovich Glukhov.....	7

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

Astanin S. S. Assessment of anthropogenic load and ecological state of different categories of recreations of the city of Voronezh.....	9
Kalinina Yu. S. An assortment of floral and ornamental plants in the landscaping of the Donetsk-Makeyevka agglomeration	19
Kornienko V. O., Reutskaya V. V. <i>Populus</i> L. trees in the urbanized environment of Donetsk.....	24
Mirnenko E. I. Influence of some forms of nitrogen on the development of phytoplankton of ponds in the catchment area of the Kalmius River (Donetsk, DPR)	35
Nosova M. V., Seredina V. P., Stovbunik S. A. Values of concentrations of mobile forms of some heavy metals under conditions of local oil pollution of soils of the middle taiga subzone of Western Siberia.....	41
Fedorov A. V., Sokolkina A. I. Biological characteristics of <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth introduced in the conditions of the Middle Urals.....	50
Frunze O. V., Goretsky O. S. Sorption capacity of some types of ornamental herbaceous plants under conditions of controlled soil contamination with cobalt and cadmium ions	58

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Prokopenko E. V., Dzhantimirova A. A. The unicolored oak moth <i>Tischeria ekebladella</i> (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, Tischeriidae) in tree plantations of Donetsk	65
---	----

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Chemeris O. V. Enzymatic hydrolysis of wheat and barley straw with the preparation of cellulases of the fungus <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.....	70
Rules for authors	75



К 75-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ВЫДАЮЩЕГОСЯ БИОЛОГА ДОНБАССА – ВЛАДИМИРА МИХАЙЛОВИЧА ОСТАПКО

21 января 75-летний юбилей отметил Владимир Михайлович Остапко – главный научный сотрудник лаборатории природной флоры и заповедного дела Донецкого ботанического сада, доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Донецкой Народной Республики, член редакционной коллегии научных журналов ВАК РФ, которые издаются Донецким государственным университетом: «Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки» и «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона».

Владимир Михайлович – известный ученый в области флористики, систематики растений, популяционной биологии, заповедного дела, интродукции растений. Им собрана значительная часть растений для уникальных коллекций и экспозиций живых растений природной флоры Донбасса. По результатам исследований обосновано создание и расширение границ более 70 объектов природно-заповедного фонда. Он автор 630 научных публикаций, в том числе 15 монографий и справочных пособий, автор и редактор «Красной книги Донецкой области: растительный мир». Под руководством В. М. Остапко подготовлено и защищено 6 кандидатских диссертаций. Владимиром Михайловичем собраны тысячи образцов уникального регионального Гербария, ставших основой для научных открытий, в том числе описания 19 новых для науки видов растений.

За годы преподавания в ДонГУ Владимиром Михайловичем были разработаны дисциплины: Заповедное дело, Геоботаника, Ландшафтная экология, Проблемы экологической сети. Продолжительный период Владимир Михайлович был председателем государственной экзаменационной комиссии на биологическом факультете.

Коллектив Донецкого государственного университета поздравляет с юбилеем Владимира Михайловича Остапко, благодарит за сотрудничество и профессионализм, высокий уровень выполненных исследований и желает юбиляру новых научных открытий, крепкого здоровья и благополучия!



К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ВЫДАЮЩЕГОСЯ БИОЛОГА ДОНБАССА – АЛЕКСАНДРА ЗАХАРОВИЧА ГЛУХОВА

19 февраля 2025 г. исполняется 80 лет доктору биологических наук, профессору кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, главному научному сотруднику Донецкого ботанического сада, члену Южного научного центра Российской академии наук Александру Захаровичу Глухову.

Вся трудовая деятельность Александра Захаровича неразрывно связана с Донецким государственным университетом и Донецким ботаническим садом: выпускник первого набора студентов биологического факультета; 2000–2010 гг. заведовал кафедрой ботаники и экологии и сейчас преподаёт общие и специализированные курсы, руководит практикой студентов, осуществляет научное руководство магистерскими диссертациями. Спектр преподаваемых учебных дисциплин отражает важные научные разработки ученого в области интродукции растений, промышленной ботаники, методологии и методов научных исследований, современных проблем биологии и экологии. Более 25 лет он входит в состав редакционных коллегий профильных журналов: «Вестник Донецкого национального университета», «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона». Продолжительный период возглавлял государственную экзаменационную комиссию при проведении государственной итоговой аттестации выпускников биологического факультета. Благодаря непосредственному участию Александра Захаровича успешно проводится учебная специализация по фитодизайну и ландшафтной архитектуре, экологической ботанике и мониторингу окружающей среды. Более 20 выпускников биологического факультета защитили кандидатские и докторские диссертации под руководством А. З. Глухова.

Александр Захарович Глухов – автор 702 научных работ, в том числе более 40 монографий и справочных пособий, соавтор 17 сортов растений и 40 патентов на

изобретения и полезные модели. На протяжении всей трудовой деятельности он активно осуществляет научно-организационную работу в составе экспертных, научно-технических и общественных советов, учебно-методических объединений и комиссий. Является инициатором создания и главным редактором сборника научных трудов «Промышленная ботаника». Деятельность А. З. Глухова отмечена многочисленными государственными и ведомственными наградами, в том числе «Заслуженный деятель науки Донецкой Народной Республики».

Коллектив Донецкого государственного университета поздравляет Александра Захаровича Глухова с юбилеем, выражает глубокое уважение и признательность за весомый вклад в развитие образования и науки Донецкой Народной Республики и желает неисчерпаемого запаса жизненной энергии, крепкого здоровья, благополучия во всех сферах деятельности.

© С. С. Астанин

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ РЕКРЕАЦИЙ ГОРОДА ВОРОНЕЖ***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»
Россия, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86*

Астанин С. С. Оценка антропогенной нагрузки и экологического состояния разных категорий рекреаций города Воронеж. – В статье приводятся данные по актуальному биоэкологическому и химическому мониторинговому обследованию почвенного, травянистого, древесного компонентов рекреаций центрального района города Воронеж с разной степенью антропогенной нагрузки – лесопарковые в черте города естественного генезиса, при научных учреждениях, с высокой и низкой посещаемостью в центре города, имеющих или не имеющих природоохранный статус. Была изучена рекреационная и транспортная нагрузки на разные категории рекреаций, даны прогнозы их дальнейшей устойчивости, обоснованы меры их скорой экореновации, выявлены рекреации с критическими показателями состояния травянистого и древесного ярусов и рекреации с природоохранным статусом, где не соблюдается нормированный этим статусом уход. Рекомендованы рекреации, которые можно будет использовать в качестве городского фона при дальнейших экомониторинговых и дендрологических исследованиях г. о. Воронеж.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, антропогенная нагрузка, древесные насаждения, травянистый ярус, лесопатологический мониторинг, Is-индекс состояния древесных насаждений, фаунаность древостоя, общее проективное покрытие.

Введение

Рекреационная зона – особо выделенная городская или пригородная территория, которая предназначена для организации мест отдыха населения и включает в себя парки, сады, городские леса, лесопарки, пляжи, иные объекты [10].

Городские рекреации выполняют экологическую, санитарно-гигиеническую функции, улучшают физическое и психологическое благополучие горожан, тем самым формируя благоприятный микроклимат урбанизированного ландшафта.

Для экологического мониторинга был выбран Центральный район Воронежа, поскольку в нем расположены основные исторические достопримечательности города, сосредоточены его деловая и туристическая жизнь, высоко развита инфраструктура и наблюдается наибольшая обеспеченность озелененными территориями общего пользования (22 м²/чел.) [6, 9].

По данным на 1 января 2024 г., население Воронежа составляет 1 046 425 человек, поэтому многие рекреации этого города подвержены высокой транспортной и рекреационной нагрузке. Данный факт позволяет предполагать, что от такого антропогенного прессинга нарушаются физико-химические свойства почвы, ухудшается состояние травянистого и древесного ярусов. На территории г. о. Воронеж уникальные почвы региона сильно нарушены вследствие активной антропогенной нагрузки. Выщелоченные черноземы изредка встречаются пятнами на правобережье р. Воронеж, в остальном почвенный покров представлен урбо черноземами, урбаноземами и культуросемами [13].

Системы зеленых насаждений на территории города Воронеж характеризуются неравномерным распределением лесных массивов, поскольку в основном ландшафты естественного генезиса расположены ближе к периферии или окраинах города, а

озелененные территории антропогенной трансформации располагаются дисперсно и соответственно имеют разные степени рекреационной и транспортной нагрузки [8, 17–19]. Экологический мониторинг состояния лесопарков черты города, лесных массивов при научных учреждениях и рекреаций, имеющих природоохранный статус, является важнейшим звеном оценки и прогноза состояния устойчивости урбоэкосистемы в целом [19].

Целью данного исследования является оценка актуального биоэкологического состояния разных категорий рекреаций Центрального района г. о. Воронеж.

Материал и методы исследования

Исследование экологического состояния рекреационных зон проводили во второй декаде июля 2024 г. Среднесуточная температура была 25,4 °С, что на 4,4 градуса выше климатической нормы по данным Гисметео [4]. На протяжении всего периода наблюдения днем было преимущественно ясно, без осадков.

Исследуемые рекреации были пронумерованы и разделены на следующие категории (рис. 1):

1. Лесопарки в черте города естественного генезиса (№ 1 МБУ СОК «Олимпик», № 2 Центральный парк КиО (лесная часть), № 3 Лесопарк санатория им. М. Горького);
2. Рекреации при научных учреждениях (№ 4 Ботсад ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского, № 5 Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки, № 6 Лесопарк ФГБУ «ВНИИЛГСибиотех»);
3. Рекреации в центре города с высокой посещаемостью и транспортной нагрузкой (№ 7 Кольцовский сквер, № 8 ПККиО «Орленок», № 9 Петровский сквер);
4. Рекреации в центре города с низкой посещаемостью (№ 10 Сквер Олимпийцев, № 11 Сквер ДК им. К. Маркса, № 12 Сквер им. В. Жириновского (устаревшее название сквер Экологов)).

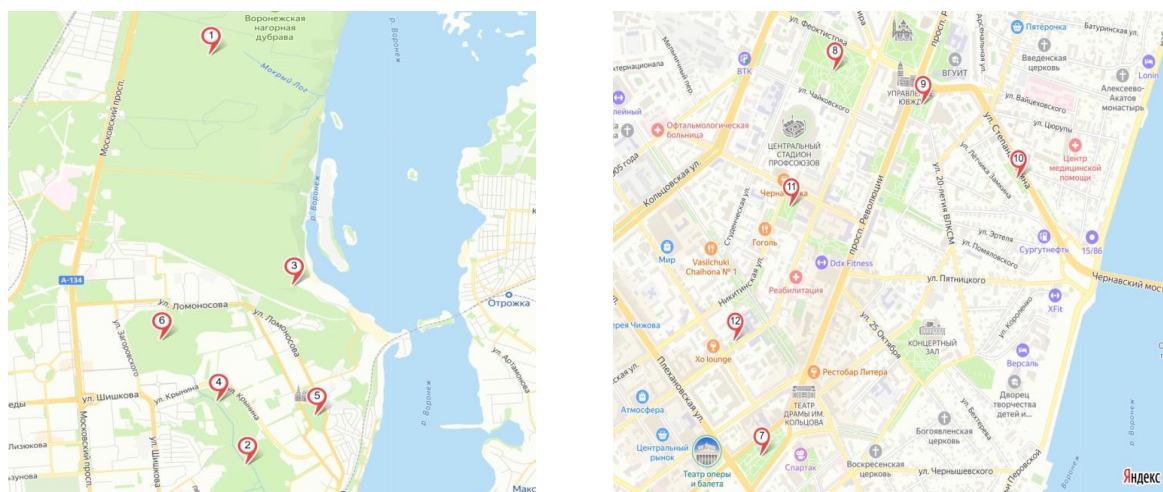


Рис. 1. Локации отбора почвенных проб в рекреационных зонах центрального района города Воронеж

Согласно приказу № 3 министерства природных ресурсов и экологии Воронежской области от 10.01.2025 г., природоохранный статус регионального (областного) значения (памятник природы) имеют: Кольцовский сквер, Петровский сквер, Центральный ПККиО, Ботанический сад ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского, Лесопарк ФГБУ «ВНИИЛГСибиотех», Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки. Природоохранный статус местного (садово-парковые ландшафты) значения имеет ПККиО «Орленок» [11].

Для химического анализа отобрали почвы из слоя 0–20 см методом почвенных конвертов в пяти точках каждой рекреации в проекции кроны основных древесных ценозообразователей – *Acer platanoides* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill.

Обменную кислотность почвы определяли традиционными агрохимическими методами [3]. Гидролитическую кислотность определяли по методу Каппена в модификации ЦИНАО. Актуальную кислотность (водная вытяжка) определяли потенциометрическим методом [14].

В почвенных образцах определяли содержание шести тяжелых металлов (ТМ) (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Mn) (валовые формы) на атомно-абсорбционном спектрометре «СПЕКТР-5-4» согласно нормативным документам М-МВИ-80-2008, Санкт-Петербург, 2008 г. Полученные результаты анализировали по нормативным документам СанПиН 1.2.3685-21. Исходя из количественного содержания ТМ, обнаруженных в анализируемых почвенных образцах, высчитывали Zс (суммарный показатель загрязнения), ориентируясь на значения ПДК (предельно-допустимых концентраций) и ОДК (ориентировочно допустимых концентраций) [12]. В качестве регионального фона по ТМ использовали почвы Воронежского государственного природного биосферного заповедника, где Zс составил 2,24 ед.

Фактическую рекреационную нагрузку ($R_{\text{факт.чел./га/ч}}$) оценивали методом натурного наблюдения в часы «пик» (с 10:00 до 12:00 и с 18:00 до 20:00) в будние и выходные дни и выражали в виде пиковой посещаемости за 1 ч на единицу площади [15]. Согласно СП 42.13330.2016, рекреационная нагрузка в городских парках и скверах не должна превышать 100 чел./га/день, а в лесопарках – 10 чел./га/ч [16]. Стадии рекреационной дигрессии для естественных фитоценозов определяли по методике Н. С. Казанской [5].

Степень вытаптывания территории оценивали в баллах (1 балл – площадь оголенных участков менее 5 %, 2 балла – 5–20 %, 3 балла – 20–50 % и более). Древесный компонент оценивали по шкале категорий состояния деревьев, с помощью индекса насаждений (Is) [7]. Интегральная оценка древесных насаждений (Is) выражается в баллах и колеблется от 0,1 (почти полное усыхание) до 10 (идеальное состояние) [7, 20].

Для оценки древесных насаждений в лесопарках в черте города и при научных учреждениях закладывали 5 особых разобщенных площадок 20×20 м, схожих по своим экологическим и климатическим показателям. На каждой из площадок оценивали 50 деревьев. В скверах и парках в центре города закладывали по 3 пробные площадки 10 × 10 м. Фаутность древостоя (Ф) определяли глазомерно по количеству деревьев, пораженных грибковыми заболеваниями, энтомологическими вредителями, механически поврежденных, с морозобоинами и выражали в процентах от общего числа обследованных деревьев по формуле:

$$\Phi = \frac{A_{\text{ф}}}{B} \times 100 \%,$$

где $A_{\text{ф}}$ – количество фаутных (поврежденных) деревьев,

B – общее количество деревьев на пробной площадке [20].

Для исследования транспортной нагрузки, общего проективного покрытия травянистого яруса или газона (при наличии) использовали методику и шкалу Браун-Бланке из предыдущего собственного исследования [2]. Оценку качества газона вели по трем уровням: оценка проективного покрытия (А), оценка видового состава (В), комплексная оценка качества ($C=A \times B$) и в результате суммы баллов за эти показатели определяли уровни качества газонного травостоя: отличный (21–25 баллов), хороший (13–20 баллов), удовлетворительный (7–12 баллов), посредственный (3–6 баллов), неудовлетворительный (1–2 балла) [1].

Полученные количественные данные обрабатывали при помощи программы Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и обсуждение

В пригородных лесопарковых зонах и при научных учреждениях почва имела слабокислую реакцию, что связано с процессами разложения лесной подстилки и характерно для серой лесной почвы. Обнаружено выраженное подщелачивание почвы городских рекреаций как актуальной кислотности (pH_{H_2O} возрастал на 0,7–2,1 ед.), так и обменной кислотности (pH_{KCl} возрастал на 0,5–2,3 ед.), снижалась и гидролитическая кислотность почвы. Заметное нарушение кислотно-основных свойств почвы практически не зависело от их природоохранного статуса, но сильнее проявлялось в рекреациях, расположенных в

центре города, вблизи селитебных (жилых) зон, оживленных автомагистралей и транспортных развязок (табл. 1). Подщелачивание анализируемых почв, возможно, объясняется поступающей пылью с автомагистралей, использованием противогололедных реагентов зимой [2].

Таблица 1

Результаты химического анализа почвенных образцов в исследуемых рекреациях

№ точки отбора в рекреациях	Кислотность почвы			Суммарный показатель загрязнения (Zс) по ТМ
	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Hr	
Рекреации естественного генезиса в черте города				
№ 1	6,02–6,39	4,20–5,90	3,48–4,23	2,96
№ 2*	5,51–6,19	4,60–5,52	0,30–1,67	2,74
№ 3	6,19–6,47	5,52–5,80	1,67–1,74	2,89
Рекреации при научных учреждениях				
№ 4*	5,99–6,59	5,80–6,45	1,98–3,82	2,55
№ 5*	5,81–6,80	4,71–6,80	0,44–5,85	4,74
№ 6*	6,79–6,90	6,19–6,25	3,90–3,96	2,94
Рекреации в центре города				
Высокая посещаемость				
№ 7*	7,26–7,41	6,33–6,96	0,42–0,66	3,12
№ 8**	7,29–7,44	6,99–7,27	0,47–0,75	3,40
№ 9*	6,70–7,58	5,98–7,01	0,43–1,34	3,89
Низкая посещаемость				
№ 10	6,47–6,70	5,90–6,47	2,16–4,23	6,71
№ 11	7,36–7,50	6,86–7,24	0,58–1,20	4,17
№ 12	7,43–7,59	7,01–7,24	0,87–1,18	4,63

Примечание – * – природоохранный статус областного значения (памятники природы);
 ** – природоохранный статус местного значения.

Исходя из полученных результатов анализа почвы по содержанию ТМ (табл. 1), можно судить об экологически допустимой степени загрязнения, поскольку Zc во всех пробах был менее 16 ед. [10]. Следует отметить, что по сравнению с региональным фоном (2,24 ед.), в рекреациях при научных учреждениях Zc повышался на 40 %, а в рекреациях, находящихся в центре города, на 70 %. Это связано, по-видимому, с большой транспортной нагрузкой этих территорий (расстояние от автомагистралей менее 50–100 метров). Анализируемые рекреации лесопарковой зоны города незначительно отличались с региональными фоновыми значениями, поэтому почвы пригородных рекреаций можно в дальнейшем использовать в качестве городского фона (контроля).

Рекреационная нагрузка в лесопарковой зоне меньше, чем в рекреациях в центре города. Олимпик, Центральный парк и лесопарк санатория им. М. Горького не превышают норм СП 42.13330.2016. по рекреационной нагрузке. Высокий уровень рекреационной нагрузки (в особенности в выходные дни) был выявлен в парках и скверах в историческом центре Воронежа (Кольцовский сквер, Петровский сквер, Орленок), местах традиционного отдыха и проведения массовых мероприятий (табл. 2). Однако, даже не смотря на высокие показатели R_{факт} и транспортной нагрузки в рекреациях центра города наблюдается низкая степень вытаптывания территории (менее 5 %) (табл. 2). Это можно объяснить высокой степенью ухода управляющими коммунальными службами и эффективным функциональным зонированием территории.

Таблица 2

**Показатели фактической рекреационной, транспортной нагрузок и степени
вытаптывания в исследуемых рекреациях**

Рекреации	S, га	R _{факт.} , чел/га/ч.		Степень вытаптывания территории, баллы	Транспортная нагрузка, баллы
		будни	выходные		
Рекреации естественного генезиса в черте города					
МБУ СОК «Олимпик»	948	11	18	3	1–2
Центральный ПКиО (лесная часть)*	99,9	5	25	3	2
Лесопарк санатория им. М. Горького	11,0	8	9	2	1
Рекреации при научных и учебных учреждениях					
Ботсад ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского*	72,3	2	5	2	2
Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки	11,9	17	26	3	3
Лесопарк ВНИИЛГИСбиотех*	96	5	9	2	1
Рекреации в центре города					
Высокая посещаемость					
Кольцовский сквер*	1,8	380	530	1	3
ПКиО «Орленок»**	4,8	180	300	1	3
Петровский сквер*	0,8	170	250	3	3
Низкая посещаемость					
Сквер Олимпийцев	0,3	40	75	3	3
Сквер ДК им. К. Маркса	0,6	80	95	2	2
Сквер им. В. Жириновского	0,1	80	90	3	2

Примечание – * – природоохранный статус областного значения (памятники природы);

** – природоохранный статус местного значения

Степень вытаптывания территории рекреаций в лесопарковой зоне довольно высокая, составила 2–3 балла (5–50 %), что, вероятно, связано с недостаточной оснащенностью специальной дорожно-тропиночной сети (особенно в лесной части Центрального парка и удаленных участках Олимпика). Это предположение закрепляет тот факт, что в выбранных нами лесопарковых рекреациях проводятся очень большое количество региональных и всероссийских мероприятий (например, «Город Сад» (Центральный парк), регулярные спортивные юношеские и взрослые соревнования по спортивному ориентированию и велоспорту (Олимпик)).

Общее травянистое проективное покрытие по шкале Браун-Бланке оказалась высоким (5 баллов) в рекреациях при научных учреждениях (кроме дендропарка ВГАУ) и в исторической части центра города с высокой посещаемостью (Кольцовский сквер, Орленок, Петровский сквер) (табл. 3).

В данных рекреациях наблюдается высокий уровень ухода за живым газоном, что в целом повышает их привлекательность для горожан и улучшает общий микроклимат территории. В рекреациях центра города с низкой посещаемостью (сквер Олимпийцев, сквер ДК им. К. Маркса, сквер им. В. Жириновского) наблюдается снижение общего проективного покрытия, поскольку они находятся в большом запустении, в них не налажен режим своевременного ухода, плохо продумано функциональное зонирование, наблюдается большая замусоренность территории, дорожно-тропиночная сеть нарушена и представлена большим количеством непредусмотренных вытоптанных тропинок. Перечисленные объекты

нуждаются в незамедлительной экореновации, улучшении инфраструктуры и компенсационном озеленении.

Таблица 3

Результаты обследования травянистого яруса в анализируемых рекреациях

Рекреации	Общее проективное покрытие травянистого яруса по шкале Браун-Бланке	Уровень качества газонного травостоя	Уход за газоном
Рекреации естественного генезиса в черте города			
МБУ СОК «Олимпик»	3	–	–
Центральный ПКиО (лесная часть)*	3	–	–
Лесопарк санатория им. М. Горького	4	–	–
Рекреации при научных и учебных учреждениях			
Ботсад ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского*	5	–	–
Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки	2	НДУ	НВ
Лесопарк ВНИИЛГИСбиотех*	5	–	–
Рекреации в центре города			
Высокая посещаемость			
Кольцовский сквер*	5	ОТЛ	В
ПКиО «Орленок»**	4	ОТЛ	В
Петровский сквер*	3	ХОР	В
Низкая посещаемость			
Сквер Олимпийцев	3	ПСР	НВ
Сквер ДК им. К. Маркса	3	УДВ	НВ
Сквер им. В. Жириновского	2	НДУ	НВ

Примечание – * – природоохранный статус областного значения (памятники природы); ** – природоохранный статус местного значения; НДУ – неудовлетворительный, ОТЛ – отличный, ХОР – хороший, ПСР – посредственный, УДВ – удовлетворительный уровни качества газонного травостоя; НВ – не ведется, В – ведется регулярный уход за газоном.

Исходя из полученных данных (табл. 4), можно заметить, что фаутность древостоя в естественных лесопарковых фитоценозах достаточно высокая, особенно в МБУ СОК «Олимпик» (более 50 %). Большой процент фаутности древостоя наблюдали в некоторых рекреациях при научных учреждениях (дендропарк ВГАУ) и рекреациях в исторической части города с большой (Петровский сквер) и небольшой (сквер Олимпийцев, сквер ДК им. К. Маркса, сквер Жириновского) рекреационной нагрузкой. Эти рекреации нуждаются в компенсационном озеленении.

Это свидетельствует об ослабляющей тенденции древесного компонента и, если не предпринимать никаких санитарно-профилактических мер, то естественные и искусственно сформированные экосистемы потеряют свою экологическую устойчивость, что может привести к утрате их целевого назначения.

Индекс состояния древесных насаждений (Is) в рекреациях центра города с высокой посещаемостью оказался выше, чем в рекреациях с низкой посещаемостью и составил 6,45–8,60 (рис. 2). В рекреациях с низкой посещаемостью индекс составил 4,13–6,89. Это можно объяснить высокой степенью ухода, внесением новых реплантоземов, хорошей степенью ухода за газоном, который улучшает физико-химические свойства почвы, адсорбирует большую часть поллютантов.

Таблица 4

Результаты оценки повреждения древесного компонента в исследуемых рекреациях

Рекреации	Количество пробных площадок / общее количество изучаемых насаждений	Микологические и энтомологические вредители	Механические повреждения	Морозобоины	Фауность древостоя, %
Рекреации естественного генезиса в черте города					
МБУ СОК «Олимпик»	5 / 250	39	58	34	52,4
Центральный ПКиО (лесная часть)*	5 / 250	18	46	17	32,4
Лесопарк санатория им. М. Горького	5 / 250	13	19	14	18,4
Рекреации при научных и учебных учреждениях					
Ботсад ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского*	5 / 250	5	9	14	11,2
Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки	5 / 250	52	86	34	68,8
Лесопарк ВНИИЛГИСбиотех*	5 / 250	11	7	13	12,4
Рекреации в центре города					
Высокая посещаемость					
Кольцовский сквер*	3 / 60	1	5	2	13,3
ПКиО «Орленок»**	3 / 60	3	9	4	26,7
Петровский сквер*	3 / 60	2	14	3	31,7
Низкая посещаемость					
Сквер Олимпийцев	3 / 40	4	7	6	42,5
Сквер ДК им. К. Маркса	3 / 40	2	5	7	35
Сквер им. В. Жириновского	2 / 20	2	9	1	60

Примечание – * – природоохранный статус областного значения (памятники природы);

** – природоохранный статус местного значения

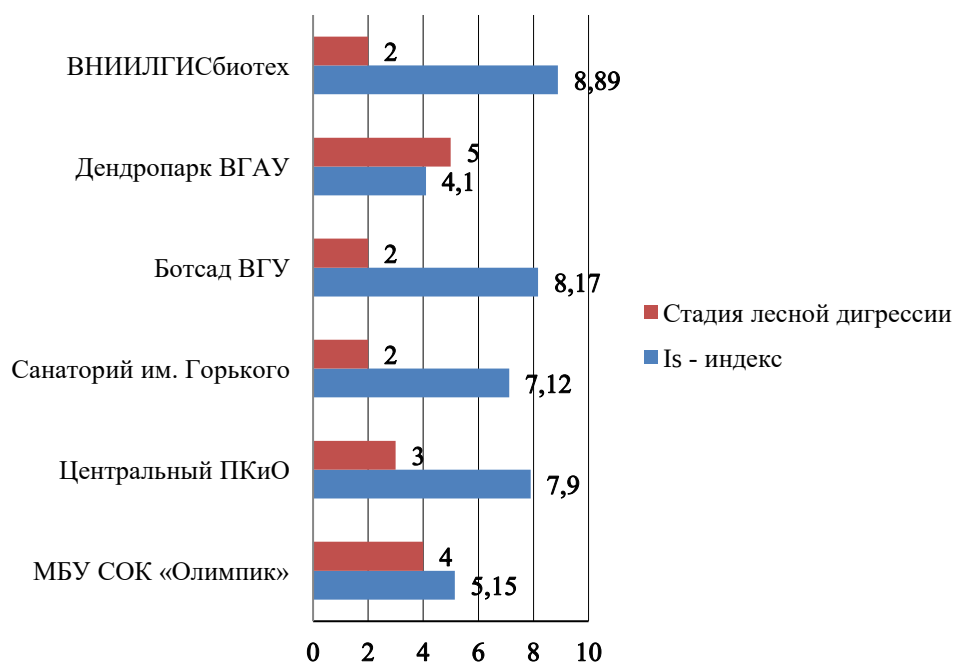


Рис. 2. Оценка состояния древесных насаждений и стадии дигрессии на территориях рекреаций лесопарковой зоны и при научных и учебных учреждениях Воронежа

Для рекреаций естественного генезиса и при научных учреждениях было замечено, что стадии их общей дигрессии в основном уменьшались при увеличении Is-индекса основных древесных ценозообразователей. Худшие значения по Is-индексу было замечено в МБУ СОК «Олимпик» и Дендропарк ВГАУ им. К. Д. Глинки, что свидетельствует о потере устойчивости их древесного яруса (рис. 2). Причиной такого положения является изначальная запущенность и загущенность посадок, несвоевременно и в недостаточном объеме проводимые санитарные рубки и рубки ухода, а также старовозрастностью большинства деревьев в парках. В данных рекреациях, спорадично замечено скопление *Acer negundo* L. (вид-эксплерент), который может снизить биоразнообразие и как следствие устойчивость экосистем в дальнейшем. Необходимо проводить вырубку деревьев в перечисленных рекреациях.

В дендропарке ВГАУ им. К. Д. Глинки и МБУ СОК «Олимпик» наблюдается крайне низкий показатель общего проективного травянистого покрытия (менее 40 %), большой процент вытоптаных участков, множество сухостойных деревьев, с нарушенной кроной, корой и имеющих паразитических грибов-ксилофагов, что свидетельствует об ослаблении древесного компонента (рис. 3) [2].



Рис. 3. Состояние древесного компонента в дендропарке ВГАУ им. К. Д. Глинки (фото автора)

Перечисленные рекреации также нуждаются в экореновации, улучшении инфраструктуры и компенсационном озеленении. Даже статус регионального ООПТ («памятники природы») дендропарка ВГАУ не обеспечивает достаточный уровень ухода [2].

Установлено, что деревьев без признаков ослабления (1 категории) и как следствии высоким Is-индексом было больше всего на территории лесопарка ВНИИЛГИСбиотех ($Is=8,89$) и ботанического сада ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского ($Is=8,17$) – это полнокомпонентные экосистемы с хорошим возобновлением, выраженным подлеском и напочвенным покровом, поэтому могут служить фоном в дальнейших дендромониторинговых исследованиях.

Чтобы сохранить целые лесные массивы, улучшить состояние почв, восстановить целостный травянистый ярус, на территории МБУ СОК «Олимпик» рекомендуется создать особо охраняемую природную территорию местного значения, проложить дополнительные организованные тропинки, особенно в дальних участках, чтобы снизить нагрузку на почвенный и травянистый покровы.

Выводы

В результате проведенного экологического мониторинга лучшими показателями по Zc (низкое загрязнение тяжелыми металлами) наблюдали в Центральном ПКЮ, в ботаническом саду ВГУ им. Б. М. Козо-Полянского, Кольцовском сквере, сквере ДК им. К. Маркса.

Высокий процент общего травянистого проективного покрытия наблюдали на территории лесопарка санатория им. М. Горького, ВНИИЛГИСбиотех, ботанического сада ВГУ, Кольцовского сквера, сквера ДК им. К. Маркса, сквера Олимпийцев.

Оптимальные показатели фауны деревьев, высокий Is-индекс состояния древесных насаждений, были обнаружены в лесопарке санатория им. М. Горького, ботсаду ВГУ, Кольцовском сквере, сквере ДК им. К. Маркса.

Наихудшие показатели проведенного комплексного экомониторинга отмечены в дендропарке ВГАУ им. К. Д. Глинки, МБУ СОК «Олимпик», сквере им. В. Жириновского.

Были замечены нарушения общего ухода и как следствие низкие показатели по многим используемым методам экологической оценки в рекреациях, имеющих статус регионального ООПТ – Петровский сквер, дендропарк ВГАУ им. К.Д. Глинки.

В качестве городского фона для дальнейших мониторинговых исследований можно рекомендовать лесопарки санатория им. М. Горького, ВНИИЛГИСбиотех.

Были выявлены ведущие антропогенные факторы, негативно влияющие на травянисто-древесный ярус изученных рекреаций. К ним относятся: большая рекреационная нагрузка (для лесопарков черты города, при научных и учебных учреждениях) и близость к транспортным коммуникациям и селитебным территориям (для рекреаций центра города).

Список литературы

1. Авдеева Е. В. Надемянов В. Ф., Маслюк Н. В. Оценка качества зеленых насаждений (на примере газонов общего пользования г. Красноярска) // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3(19). С. 196–201.
2. Астанин С. С., Терехова Н. А., Свистова И. Д. Оценка нагрузки и состояния разных категорий рекреаций Центрального района Воронежа // Научные чтения памяти профессора Б. М. Козо-Полянского – 2025 (LXVII): Материалы ежегодной Всеросс. науч. конф. с международ. участием (Воронеж, 21–22 января 2025 г.). Воронеж: ООО «Цифровая полиграфия», 2025. С. 24–30.
3. ГОСТ Р 58594-2019 Почвы. Метод определения обменной кислотности. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168813> (дата обращения: 09.10.2024).
4. Итоги сухого и теплого лета в Воронеже. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/itogi-suhogo-i-tjoplogo-leta-v-voronezhe/> (дата обращения: 09.01.2025).
5. Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Известия АН СССР. Сер. «География». 1972. № 1. С. 52–59.
6. Куропан С. А., Клепиков О. В., Прохорова Т. И. и др. Урбоэкодиагностика промышленных городов Центрального Черноземья; Российский научный фонд, Воронежский государственный университет. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2022. 255 с.
7. Мозолевская Е. Г., Шарпа Т. В. Некоторые результаты применения индекса состояния насаждений при мониторинге // Вестник МГУЛ Лесной вестник. 2003. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-rezultaty-primeneniya-indeksa-sostoyaniya-nasazhdeniy-pri-monitoringe> (дата обращения: 10.05.2024).
8. Охрименко Ю. В., Негрбов О. П., Маслова О. О., Негрбов С. О. Изучение лесопатологического состояния парков города Воронежа // Зеленая инфраструктура городской среды: современное состояние и перспективы развития: Сборник статей III международ. научно-практ. конф. (Воронеж, 04–05 сентября 2019 г.). Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ», 2019. С. 124–127.
9. Парахина Е. А. Динамика ландшафтов города Воронежа // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://esj.today/PDF/79NZVN124.pdf> (дата обращения: 09.11.2024).
10. Правила землепользования и застройки городского округа город Воронеж утверждены решением Воронежской городской Думы от 20.04.2022 № 466-V (в редакции решения Воронежской городской Думы от 11.12.2024 N 1155-V). [Электронный ресурс]. URL: <https://uga.voronezh-city.ru/documents/pravila-zemlepolzovaniya-i-zastroyki-territorii-gorodskogo-okruga-gorod-voronezh/> (дата обращения: 10.01.2025).

11. Приказ министерства природных ресурсов и экологии Воронежской области от 10.01.2025 № 3 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2025». [Электронный ресурс]. URL: https://www.govvrn.ru/sites/default/files/2025-01/Приказ_0.pdf?download (дата обращения: 09.09.2024).
12. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30.12.2022 г.). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 20.10.2024).
13. Серeda Л. О., Яблонских Л. А., Куролан С. А. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2015. № 4. С. 59–65.
14. Середина В. П., Спирина В. З. Показатели и методы оценки кислотно-основных и катионообменных свойств почв: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2009. 130 с.
15. Слепнев М. А., Мельникова Е. В. Оценка рекреационной нагрузки ПКЮ «Парк «Зарядье» // Экология урбанизированных территорий. 2019. №4. С. 105–112.
16. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Москва. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения: 20.10.2024).
17. Спесивый О. В., Щербинина С. В., Севрюков С. Т. Оценка экологического состояния и рекреационного природопользования городского природного комплекса лесопарка «Олимпик» г. Воронеж // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 1. С. 101–108.
18. Терехова Н. А. Биоэкологическая оценка состояния растительного компонента рекреационно-парковых ландшафтов города Воронежа и его оптимизация: дис. ... канд. биол. наук. Воронеж: ВГУ, 2001. 242 с.
19. Успенский К. В. Лесопатологические исследования зеленых насаждений города Воронежа // Известия Воронежского государственного педагогического университета. 2013. № 1(260). С. 245–250.
20. Фомина Н. В., Шадрин И. А. Дендрометрия и основы лесопаркового хозяйства. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. 63 с.

Поступила в редакцию 08.02.2025 г.

Astanin S. S. Assessment of anthropogenic load and ecological state of different categories of recreations of the city of Voronezh. – The article presents data on the current bioecological and chemical monitoring survey of soil, herbaceous, woody components of recreations of the central district of Voronezh with different degrees of anthropogenic load – forest parks within the city of natural genesis, at scientific institutions, with high and low attendance in the city center, with or without nature protection status. Recreational and transport load on different categories of recreations was studied, forecasts of their further sustainability were given, measures for their rapid ecorenovation were substantiated, recreations with critical indicators of the condition of herbaceous and tree tiers and recreations with nature protection status where the care normalized by this status is not observed were identified. The recreation areas were recommended, which can be used as an urban background for further ecomonitoring and dendrological studies of Voronezh.

Key words: recreational load, anthropogenic load, tree plantations, herbaceous layer, forest pathological monitoring, Is-index of the state of tree plantations, stand fauicity, total projective cover.

Астанин Станислав Сергеевич

аспирант кафедры биологии растений и животных
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
педагогический университет», г. Воронеж, РФ
E-mail: microbyrafl@gmail.com
AuthorID: 1153396

Astanin Stanislav Sergeevich

3rd year postgraduate student of the Department of plant
and animal biology
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh,
Russian Federation

© Ю. С. Калинина

АССОРТИМЕНТ ЦВЕТОЧНО-ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Калинина Ю. С. Ассортимент цветочно-декоративных растений в озеленении Донецко-Макеевской агломерации. – В работе представлен актуальный список видов цветочно-декоративных растений на территории Донецко-Макеевской агломерации. В озеленении города преобладают цветники в регулярном стиле: клумбы, рабатки, контейнерные цветники. В целом ядро цветочно-декоративного оформления сформировано 21 видом травянистых растений. Все они проявляют выносливость и характеризуются высоким адаптационным потенциалом при реализации программы их целевого использования. Преобладающими цветовыми решениями в оформлении цветочных композиций являются следующие аспекты: белый, серебристый, оранжевый, розовый и малиновый. Отмечается использование в городском озеленении устойчивых многолетних культур, что позволяет формировать композиционно-грамотные и эстетически привлекательные насаждения. Рекомендовано продолжить изучение ассортимента декоративно-травянистых видов растений и их сортов для формирования детальных рекомендаций по эффективному озеленению промышленной урбанизированной агломерации.

Ключевые слова: ассортимент растений, экологическая характеристика, озеленение, цветочно-декоративное оформление, цветовая гамма.

Введение

Современный город невозможно представить без объектов озеленения: скверов, парков, бульваров, площадей [6]. Наиболее доступным и эффективным методом создания городских зеленых насаждений на больших площадях является формирование ландшафтных композиций путем посадки на газоне деревьев, кустарников, цветочно-декоративных растений. Их первоочередная роль заключается в улучшении санитарно-гигиенических показателей воздушной среды, регулировании микроклиматических условий, архитектурно-ландшафтной организации территорий населенных мест [1, 4, 9].

Цветочно-декоративное оформление играет важную роль в озеленении урбанизированных ландшафтов. Травянистые растения имеют ряд преимуществ: придают окружающей среде колористическое многообразие, повышают ее эстетическую и эмоциональную насыщенность, снижают температуру воздуха в летние жаркие дни, обогащают воздух кислородом, дополнительно закрепляют поверхность почвы корнями, предотвращая ее перегрев, препятствуя размыву и проявлению эрозионных процессов. В условиях городских агломераций Донбасса объекты ландшафтного фитодизайна создают декоративный эффект с ранней весны до поздней осени, тем самым приносят живость форм и красок в антропогенно трансформированные ландшафты. Правильно подобранная цветовая гамма способна оказывать благоприятное эмоциональное воздействие и влиять на настроение человека [2].

Цветниками украшают не только площади и социально-значимые объекты [5], но и придорожные полосы, улицы и внутридомовые территории, пришкольные участки; при этом также актуально контейнерное озеленение.

Ассортимент перспективных для выращивания видов растений в условиях Донецкого региона должен быть адаптирован к природно-климатическим условиям, устойчив к болезням и вредителям, сложным экологическим условиям города, удобен в уходе и отвечать эстетическим требованиям [7].

Цветовое оформление выполняет важную задачу в городском озеленении, так как влияет на представление о городе и его стиле. Соответственно, чем оно гармоничнее и привлекательнее, тем одобрительнее будет восприниматься жителями и положительно влиять на их психоэмоциональное состояние [8].

Цель работы – провести анализ ассортимента цветочно-декоративных растений Донецко-Макеевской агломерации: установить видовое разнообразие и варианты экологических характеристик и цветовых решений на объектах городского озеленения.

Материал и методы исследования

Анализ ассортимента и состояния цветочно-декоративных насаждений проводили в весенне-летний и зимний периоды 2024 г.

Объект исследования – цветники, расположенные на следующих улицах: ул. Артема, ул. Набережная Ворошиловского района г. Донецка, просп. Павших Коммунаров, бульв. Шевченко, просп. Ильича, Макеевское шоссе Калининского района г. Донецка, пл. Буденновская Буденновского района г. Донецка, Донецкое шоссе Горняцкого района г. Макеевки, просп. 250-летия Донбасса, ул. Ленина, ул. Панченко, ул. Московская Центрально-Городского района г. Макеевки. Так же были изучены цветники в Сквере Славы и на Советской площади Центрально-Городского района г. Макеевки.

Исследование цветников проводили по принципу маршрутно-экспедиционного метода, что позволило идентифицировать все имеющиеся таксоны травянистых растений. Видовой состав растений цветочного оформления определяли с помощью справочной литературы [3].

Исследуемые травянистые растения охарактеризованы принадлежностью к экологическим группам по отношению к свету, температуре и влаге [10].

Результаты и обсуждение

По результатам ландшафтно-эстетического анализа и изучения систем проектирования установлено, что преобладают цветники в регулярном стиле: клумбы, рабатки, цветочные контейнеры, а также примером ландшафтно-архитектурного дизайна выступают рокарии (рис. 1).



А



Б



В

Рис. 1. Примеры цветочного оформления:

А – цветочные контейнеры по ул. Ленина г. Макеевки, Б – клумбы по Макеевскому шоссе г. Донецка, В – клумба на Советской площади г. Макеевки

Предварительное исследование объектов цветочного оформления выявило 21 вид декоративных травянистых растений, которые принадлежат к 14 семействам. Семейства: Астровые (Asteraceae), составляют 30 %, Злаки (Poaceae) – 10 %, Розовые (Rosaceae), Яснотковые (Lamiaceae), Кутровые (Aporocynaceae), Ирисовые (Iridaceae), Канновые

(Cannaceae), Пасленовые (Solanaceae), Кипрейные (Onagraceae), Красодневоцветные (Hemerocallidaceae), Капустные (Brassicaceae), Осоковые (Cyperaceae), Камнеломковые (Saxifragaceae) составляют по 5 %.

Стоит отметить, что в ассортименте цветочно-декоративных растений преобладают многолетники (85 %), однолетние формы составляют всего 15 % и представлены такими видами как: *Petunia hybrida*, *Tagetes erecta*, *Catharanthus roseus*. Однолетние виды *P. hybrida*, *T. erecta* широко применяются в озеленении контейнеров (рис. 1, А).

Составлена характеристика видов растений (табл. 1) по принадлежности к экологическим группам.

Таблица 1

**Распределение видов растений Донецко-Макеевской агломерации
по группам основных экологических факторов**

№ п/ п	Вид	Экологический фактор		
		освещенность	температура	увлажнение
Травянистые растения				
1	<i>Petunia hybrida</i> (Hook.) Vilm.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
2	<i>Gazania rigens</i> (L.) Gaertn.	светолюбивое	термофит	мезофит
3	<i>Rosa x hybrida</i> hort.	светолюбивое	термофит	мезофит
4	<i>Cineraria maritima</i> L.	светолюбивое	термофит	мезофит
5	<i>Tagetes erecta</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
6	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.Don.	светолюбивое	термофит	мезофит
7	<i>Iris germanica</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
8	<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson	светолюбивое	эвритоп	мезофит
9	<i>Stachys lanata</i> Jacq.	светолюбивое	термофит	ксерофит
10	<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.	светолюбивое	термофит	мезофит
11	<i>Calendula officinalis</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
12	<i>Canna indica</i> L.	светолюбивое	термофит	мезофит
13	<i>Hylotelephium telephium</i> (L.) H. Ohba	светолюбивое	термофит	ксерофит
14	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	теневыносливое	эвритоп	гигрофит
15	<i>Carex paniculata</i> L.	светолюбивое	эвритоп	гигрофит
16	<i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch	светолюбивое	эвритоп	мезофит
17	<i>Aster amellus</i> L.	светолюбивое	термофит	ксерофит
18	<i>Oenothera macrocarpa</i> Nutt.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
19	<i>Coreopsis lanceolata</i> L.	светолюбивое	термофит	мезофит
20	<i>Hemerocallis x hybrida</i> hort.	светолюбивое	термофит	мезофит
21	<i>Chrysanthemum indicum</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит

По отношению к температурному фактору 52 % исследованных видов растений являются термофитами, т. е. теплолюбивыми растениями; 95 % видов приспособились к жизни на открытых, хорошо освещенных участках; 76 % видов приспособлены к более или менее достаточному, но не избыточному увлажнению почвогрунтов и урбаноземов.

Отмеченные закономерности связаны с особенностями видов культурфитоценозов Донбасса, для которых необходима специальная агротехника и дополнительный регулярный полив в засушливый период.

В зимний период времени на клумбах и рокариях декоративный эффект проявляют *Cineraria maritima*, *Miscanthus sinensis*.

Для создания цветочно-декоративного оформления выделяют наиболее важные архитектурно-планировочные части города. Большинство цветочных композиций находятся: в скверах, на придорожных полосах и около административных зданий.

Важное значение при фитодизайнерском оформлении города играет их цветовой решение. Преобладающая цветовая гамма на существующих в 2024 г. объектах фитокомпозиций Донецко-Макеевской агломерации: белая, серебристая, оранжевая, розовая и малиновая (рис. 2).

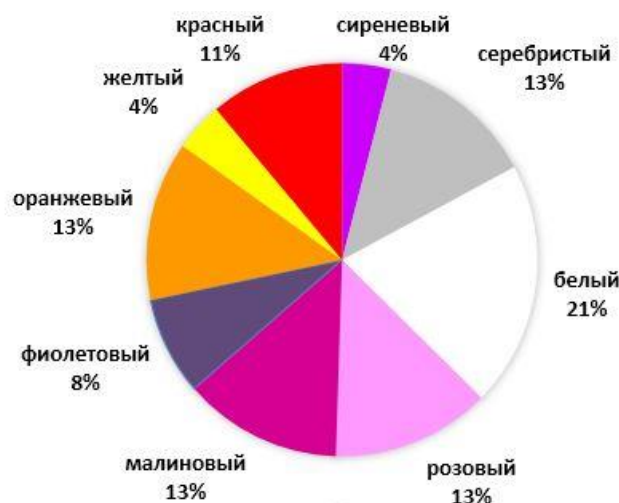


Рис. 2. Варианты цветовых решений анализируемых декоративных фитокомпозиций

Выводы

Первичный анализ (2024 г.) ассортимента видов декоративных растений, используемых в озеленении Донецко-Макеевской агломерации, показал в практике дизайна преобладание многолетних растений.

В результате исследования цветников можно предложить следующие рекомендации по улучшению их внешнего облика: 1) увеличить ассортимент однолетних, многолетних, луковичных, злаковых культур; 2) добавить почвопокровные растения; 3) добавить различные декоративные элементы в цветники, проектировать цветники нестандартных форм.

Перспективный ассортимент цветочно-декоративных растений для озеленения Донецкого региона должен быть устойчив к природно-климатическим условиям степи, для которой характерны засушливо-суховейные явления и высокий уровень антропогенной нагрузки.

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Бессмольная М. Я., Кисова С. В., Поломошнова Н. Ю. Анализ цветочного оформления г. Улан-Удэ // Почвы степных и лесостепных экосистем Внутренней Азии и проблемы их рационального использования: материалы междунаро. научно-практ. конф., приуроченной к 90-летию заслуженного деятеля науки РБ, докт. с.-х. наук, проф. Ишигенова И. А. (Улан-Удэ, 26–27 марта 2015 г.), Улан-Удэ: БГСХА им. В. Р. Филлипова, 2015. С. 144–147. EDN: WGJGGF.
2. Блох В. Г. Анализ цветочного оформления г. Иваново // World Science: problems and innovations: сборник статей победителей VI Междунаро. научно-практ. конф.: в 2 частях, (Пенза, 25 декабря 2016 г.). Т. Часть 1. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. С. 291–297. EDN: ХННРСР.
3. Бочкова И. Ю. Создаем красивый цветник. Принципы подбора растений. Основы проектирования. М.: Фитон+, 2007. 128 с.

4. Збруева И. И., Давлятчина М. И. Анализ цветочного оформления объектов общего пользования Мотовилихинского района г. Перми // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 33. С. 122–125. EDN: TAUSWF.
5. Калинина Ю. С. Малые архитектурные формы на примере видового разнообразия клумб Макеевки // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы IX Международ. науч. конф. (Донецк, 15–17 октября 2024 г.) Донецк: Донецкий государственный университет, 2024. С. 72–74. EDN: UTBEMQ.
6. Калинина Ю. С. Анализ ассортимента цветочного оформления «Сквера Славы» Центрального-городского района г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 4. С. 33–38. DOI: 10.5281/zenodo.14543657. EDN: JPRCLG.
7. Приходько С. А., Макогон И. В., Кустова О. К., Козуб-Птица В. В., Покора Н. Н. Актуальный ассортимент декоративных растений и перспективы его обогащения в городском озеленении Донбасса // Ботанические сады в современном мире. Т. вып. 3. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2023. С. 141–145. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-3-141-145. EDN: CVZFFO.
8. Пугоева А. А. Анализ цветочного оформления территории г. Кемерово // Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о земле: теоретические и прикладные аспекты: Материалы симпозиума XIX (LI) Международ. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово, 23 апреля 2024 г.), Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. С. 331–334. EDN: QGUTHM.
9. Терешко Н. Н. Роль цветочного озеленения в оформлении городского ландшафта // Язык. Общество. Медицина: материалы семинара преподавателей; материалы IX Республиканской научно-практ. студенческой конф., посвященной Году родной земли, (Гродно, 31 августа 2010 г.), Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2010. С. 147–149. EDN: MKVSZC.
10. Шаповалова А. А. Экология растений: Учеб.-метод. пособие. Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2015. 80 с.

Поступила в редакцию 30.01.2025 г.

Kalinina Yu. S. An assortment of floral and ornamental plants in the landscaping of the Donetsk-Makeyevka agglomeration. – The paper presents an up-to-date list of flower and ornamental plant species in the Donetsk-Makeyevka agglomeration. The landscaping of the city is dominated by flower beds in a regular style: flower beds, flower beds, container flower beds. In general, the core of the floral and decorative design is formed by 21 species of herbaceous plants. All of them show endurance and are characterized by high adaptive potential when implementing a program for their targeted use. The predominant color solutions in the design of flower arrangements are the following aspects: white, silver, orange, pink and crimson. The use of sustainable perennial crops in urban landscaping is noted, which makes it possible to form compositionally literate and aesthetically attractive plantings. It is recommended to continue studying the range of ornamental and herbaceous plant species and their varieties in order to form detailed recommendations for effective landscaping of an industrial urbanized agglomeration.

Keywords: assortment of plants, ecological characteristics, landscaping, floral decoration, color scheme.

Калинина Юлия Станиславовна

младший научный сотрудник НИЧ,
ассистент кафедры ботаники и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: yu.kalinina91@mail.ru
ORCID: 0009-0002-2442-0926
AuthorID: 1243335

Kalinina Yulia Stanislavovna

Junior researcher at the Donetsk State University
Research Institute, Assistant at the Department of
Botany and Ecology of the Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© В. О. Корниенко, В. В. Реуцкая

ДЕРЕВЬЯ *POPULUS* L. В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ ДОНЕЦКА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 17а

Корниенко В. О., Реуцкая В. В. Деревья *Populus* L. в условиях урбанизированной среды Донецка. –

В статье приведены результаты изучения эколого-биологических особенностей видов рода *Populus* L., произрастающих в городе Донецке. Жизнеспособность наиболее представленной возрастной группы 45–49 лет у *Populus boleana* Lauche оценивается в 2–3 балла, для *Populus nigra* L. – в 3 балла, *Populus nigra* var. *italica* Münchh. – в 2–3 балла. *Populus simonii* Carrière и *Populus balsamifera* L. после 40 лет теряют жизнеспособность и оцениваются как сильно ослабленные в 3–4 балла. *P. boleana* и *P. nigra* в возрасте 45–49 лет по результатам биомеханических исследований оцениваются как механически устойчивые виды в условиях степной зоны к действию динамических и статических нагрузок. *P. nigra* L. – единственный вид из изученных, у которого в возрасте 45–50 лет (критический возраст для тополей) показатель жесткости на изгиб выше, чем в условиях относительного контроля.

Ключевые слова: городские насаждения, древесные растения, механическая устойчивость, аварийность деревьев.

Введение

В Российской Федерации, как и в других развитых странах мира, уровень урбанизации растет с каждым годом [16, 27]. За последние 100 лет процессы урбанизации ускорились более чем в 4 раза [16]. На 1 января 2014 г. доля населения в городских районах России составляла 75 % от общего населения страны, из них в крупнейших городах проживали 25 %. Уровень урбанизации на исторических территориях Российской Федерации сложно оценить, т. к. он очень изменчив с 2014 г., однако сохраняет высокие значения, особенно в городе Донецке. Развитие городов и как следствие их перенаселение, несомненно, создает нагрузку на окружающую природную среду и вызывает ряд экологических проблем [4, 11–15, 21–23, 25, 26, 28, 29], которые необходимо решать с помощью озеленения [3, 17, 18]. Городские лесные системы и, в общем, урбофитоценозы влияют на комфортность городской среды для населения, а уровень озелененности территории города является важным индикатором ее устойчивого развития [3, 17, 18]. В условиях появления новых антропогенных факторов в городе Донецке с 2014 г., а также изменяющегося климата региона за последние десятки лет остаются актуальными вопросы устойчивости растений и их адаптационного потенциала [2, 5, 10, 19, 20], особенностей организации и функционирования зеленых пространств [3, 5, 17, 18], подбора древесных растений сохраняющих высокую жизнеспособность [7].

Цель работы – анализ эколого-биологического состояния видов рода *Populus* L., представленных в урбозкосистеме г. Донецка.

Материал и методы исследования

Объект исследования. Тополь [*Populus*] – род древесных растений, характеризующийся быстрым ростом, относительной недолговечностью и крупными размерами. Большинство видов в условиях Донбасса произрастают вдоль автомагистралей и являются искусственными насаждениями [7, 9]. На территории естественного ареала в лесной и лесостепной зоне могут образовывать чистые древостои, участвуют также в образовании байрачных лесов. В зеленом строительстве виды рода *Populus* используются как основная порода при посадке полезащитных насаждений, особенно его пирамидальные формы.

В зеленых насаждениях Донецка наиболее представлены виды: *Populus boleana* Lauche – тополь Болле (17,6 %), *Populus simonii* Carrière – тополь Симона (2,9 %), *Populus*

nigra L. – тополь черный (2,2 %), *Populus nigra* var. *italica* Münchh. – тополь пирамидальный (1,1 %), встречаемость *Populus* × *canadensis* Moench – тополя Канадского, *Populus balsamifera* L. – тополя бальзамического и аборигенного вида *Populus tremula* L. (тополя дрожащего) в обследованных насаждениях составила менее 1 % для каждого вида [9].

Хотя древесина тополей непрочная, они довольно устойчивы к ветрам за счет архитектуры кроны, строения листьев и морфологии ствола и корней. Гибкие молодые побеги, жесткая и подвижная листовая пластинка снижают ветровую нагрузку на дерево, большой диаметр ствола обеспечивает его жесткость, а разветвленная корневая система, часто разрастающаяся за пределы проекции кроны, обеспечивает закрепление в почве.

Снижение механической устойчивости тополей может происходить при повреждении грибами, разрушающими древесину. Поскольку тополя обладают большой массой листьев, выделяют значительное количество кислорода и адсорбируют пылевые частицы, они должны оставаться одними из основных пород в зеленом строительстве [7].

Территория исследования. Мониторинговые исследования и сбор материала проводились с 2023 по 2024 г. вдоль центральных улиц города Донецка (рис. 1).

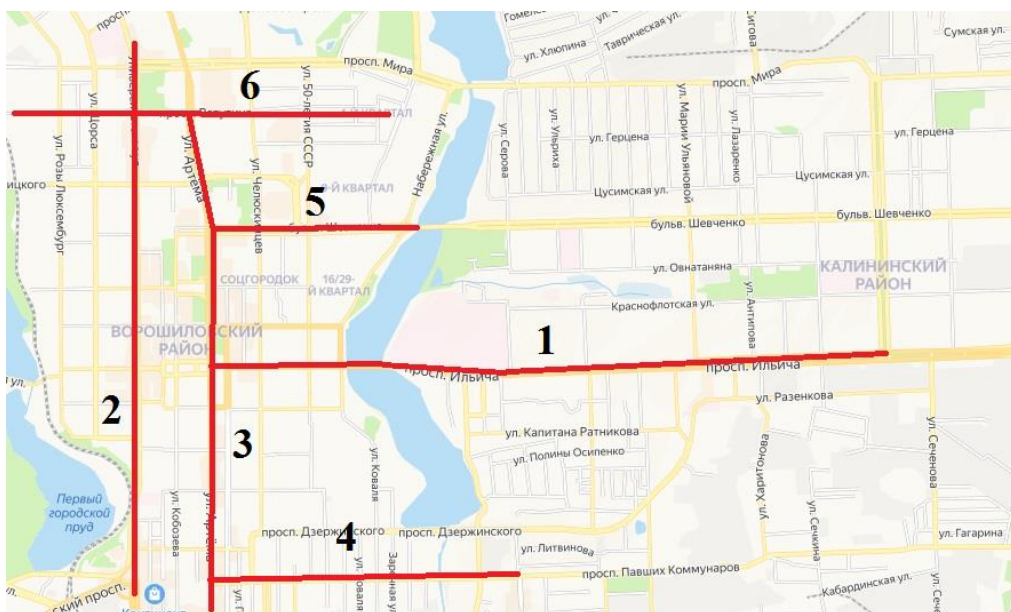


Рис. 1. Территория исследований деревьев видов рода *Populus* L.:

1 – пр. Ильича; 2 – ул. Университетская; 3 – ул. Артема; 4 – пр. Павших Коммунаров;
5 – бул. Шевченко; 6 – пр. Ватутина.

Для проведения сравнительного анализа механической устойчивости древесных растений, произрастающих в условиях высокой антропогенной нагрузки, в качестве условного контроля была использована территория Донецкого ботанического сада и парковые зоны города с низкой антропогенной нагрузкой.

В ходе исследования были оценены деревья четырех видов рода *Populus*: *P. boleana*, *P. simonii*, *P. nigra*, *P. balsamifera*.

Жизнеспособность деревьев оценивали с помощью общепринятой интегральной шкалы В. А. Алексеева (1989) [1].

Расчет параметров механической устойчивости (EI , RRB , P_{cr}) проводили по следующим формулам:

– сопротивление древесного ствола растения изгибу, при действии динамических или статических нагрузок [6]:

$$\text{Сопротивление изгибу} = E \times I \quad (1),$$

– относительное сопротивление изгибу (RRB) [6]:

$$RRB = \frac{r^2 \cdot E}{4 \cdot \rho}, \quad (2),$$

где E – модуль упругости тканей живой древесины, $\text{Н} \times \text{м}^2$;
 I – второй момент сечения, который равен $\pi \times r^4 / 4$;
 ρ – плотность живых тканей;
 r – радиус ствола, м.

– предельно допустимая нагрузка (P_{cr}) и критическая масса (m_{cr}) – параметры, которые отражают конкретные значения массы (кг или Н), при действии которой ствол древесного растения или его скелетные ветви начинают деформироваться или обламываться при действии ветровых или гравитационных нагрузках [6]:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{2 \cdot l^2}, \quad (3),$$

где EI – сопротивление изгибу,
 l – длина, м.

Результаты и обсуждение

P. bolleana или *P. alba* var. *boleana* Lauche – разновидность белого тополя [24] и наиболее встречаемый вид от общего количества деревьев в Донецке [9]. Происходит из Туркестана. Биogeография: Европа, Северная Африка, Западная Азия.



А



Б



В



Г



Д



Е

Рис. 2. Основные повреждения *Populus boleana* Lauche после достижения критического возраста:

А – механические повреждения ствола и большая по площади открытая рана для проникновения вредителей; Б – отслоение коры от ствола дерева; В – развитие ядровой гнили через пораженную скелетную ветвь; Г – изреживание кроны, сухобочинность и суховершинность; Д – вывал дерева с комлем после снежной бури; Е – ядровая скрытая гниль, оценить которую возможно только после удаления растения.

В исследованных насаждениях преобладают деревья возрастной группы 40–49 лет (~1 000 растений). Тополь Болле в высоту достигает 20 м и более. Крона пирамидальная и компактная благодаря вертикальному росту побегов. По сравнению со схожим по габитусу тополем итальянским, или пирамидальным, *P. bolleana* более приспособлен к природно-климатическим условиям Донбасса. Здоровые деревья обладают высокой устойчивостью к механическим нагрузкам, в том числе к действию ветра даже при достижении критического возраста в условиях региона – 45 лет. Эта порода пригодна к использованию в ветроломных насаждениях. Как и другие виды тополей, обладает значительной листовой массой и играет основную роль в формировании благоприятного для жителей города микроклимата. Среди тополей эта порода одна из самых красивых и в то же время наиболее устойчива к засухам и морозам. В линейных насаждениях жизнеспособность значительно снижается после достижения растениями 50-летнего возраста (рис. 2, 3). В среднем жизнеспособность наиболее представленной возрастной группы оценена 2–3 баллами.



Рис. 3. Пример погибших деревьев *Populus bolleana* Lauche после жесткого кронирования на ул. Университетской

P. simonii – дерево средних размеров, в условиях Донбасса обычно не превышает 20 м. Форма кроны от овальной до округлой [24]. *P. simonii* очень декоративен благодаря красивой форме кроны и листьям (рис. 4). Биогеография: естественно произрастает в Китае.



А



Б

Рис. 4. Лист (А) и побеги (Б) *Populus simonii* Carrière

Негативные качества с позиций применения в озеленении: низкая морозостойкость и часто поражение паразитами. Большая часть деревьев находится в возрасте 40–45 лет, их состояние оценено как удовлетворительное (3 балла). После 25 лет состояние деревьев этого вида ухудшается. Молодые побеги довольно хрупкие и часто обламываются при действии ветра, особенно в морозную и сухую погоду, однако вид, в целом, устойчив к механическим нагрузкам.

P. nigra – вид аборигенной фракции местной флоры Донбасса. В большом количестве утилизирует углекислый газ и производит кислород. В этом смысле тополь черный в несколько раз превосходит такие распространенные породы как липа, ель и сосна. Благодаря развитой корневой системе, стволу и скелетным ветвям является ветроустойчивой породой. С возрастом становится аварийным: часты такие повреждения, как стволовая гниль, дупла, облом крупных ветвей или даже ствола растения (рис. 5 А).



А



Б

Рис. 5. *Populus nigra* L. в условиях высокой антропогенной нагрузки (А) и умеренного загрязнения (Б):

А – тополь черный в неудовлетворительном состоянии достигший критического возраста и произрастающий в условиях высокой антропогенной нагрузки вдоль Макеевского шоссе (в 2024 г. в результате строительных работ была спилена целая аллея таких деревьев от остановки «Донецкий ботанический сад» до остановки «Областной тубдиспансер»); Б – тополь черный в хорошем состоянии, произрастающий возле станции Мушкетово, Буденновский район (возраст – 115–117 лет).

Самой многочисленной в насаждениях является возрастная группа 45–50 лет. При этом жизнеспособность многих (97 растений) оценена как сильно ослабленные деревья. Встречаются экземпляры, возраст которых превышает 100 лет, и они имеют удовлетворительное состояние даже в условиях изменяющихся экологических факторов (станция Мушкетово, Горсад, ул. Артема) (рис. 5 Б).

P. nigra var. *italica* – отличается узкопирамидальной или колонновидной формой кроны. Средний возраст деревьев в насаждениях 50–55 лет, со средним баллом жизнеспособности – 3. Вдоль нагруженных магистралей наиболее часто суховершиняют и требуют замены. Растения даже при достижении сильно ослабленного или отмирающего состояния не подвержены вывалу в комле. До достижения критического возраста очень декоративен.

P. balsamifera – вид в условиях степной зоны достигает в высоту до 20 метров и считается зимостойким, однако плохо переносит засуху, что отражается на состоянии растений в Донецке, особенно в условиях изменяющегося климата. В молодом возрасте растения бальзамических тополей обладают более быстрым ростом, что может быть использовано при поведении озеленения в короткие сроки, для получения значительных объемов древесной биомассы и зелени. По механическим параметрам вид устойчив к

ветровым нагрузкам, хуже выдерживает статические. Возможно, это связано с плотностью древесины и критической массой в диапазоне от 800 килограмм до 2–3 тонн для растений в возрасте 35–40 лет.

По результатам биомеханических испытаний (рис. 6) и при внутригрупповом сравнении четырех изученных видов – тополь Болле ($7,78 \pm 0,5 \text{ Н} \times \text{м}^2$) и тополь черный ($7,86 \pm 0,7 \text{ Н} \times \text{м}^2$), являются наиболее механически устойчивыми видами к действию динамических и статических нагрузок в условиях автомагистралей г. Донецка. Тополь черный единственный вид из изученных, у которого в возрасте 45–50 лет (критический возраст для тополей) показатель жесткости на изгиб выше (на 11,5 %), чем в условиях относительного контроля.

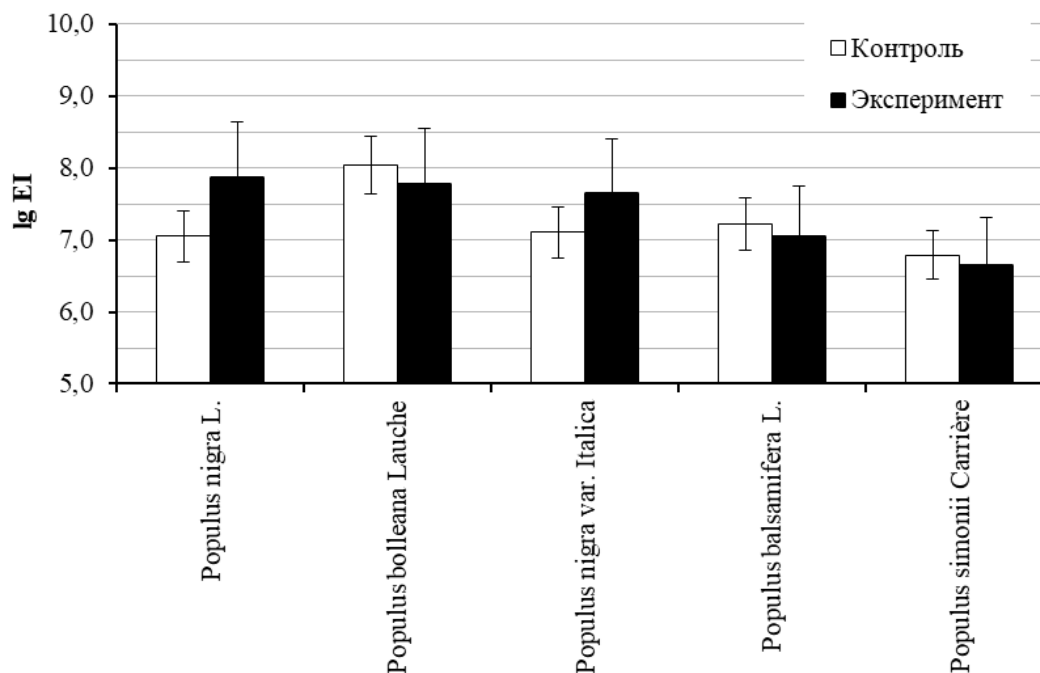


Рис. 6. Видовая зависимость жесткости на изгиб для растений в возрасте 45–50 лет

Тополь Болле незаменим для посадки в первом ряду придорожных зеленых полос. Даже в условиях снежных и ледяных бурь, архитектура кроны сохраняет свои пропорции, а скелетные ветви не поддаются облому вследствие высоких значений параметров механической устойчивости (рис. 7, 8).

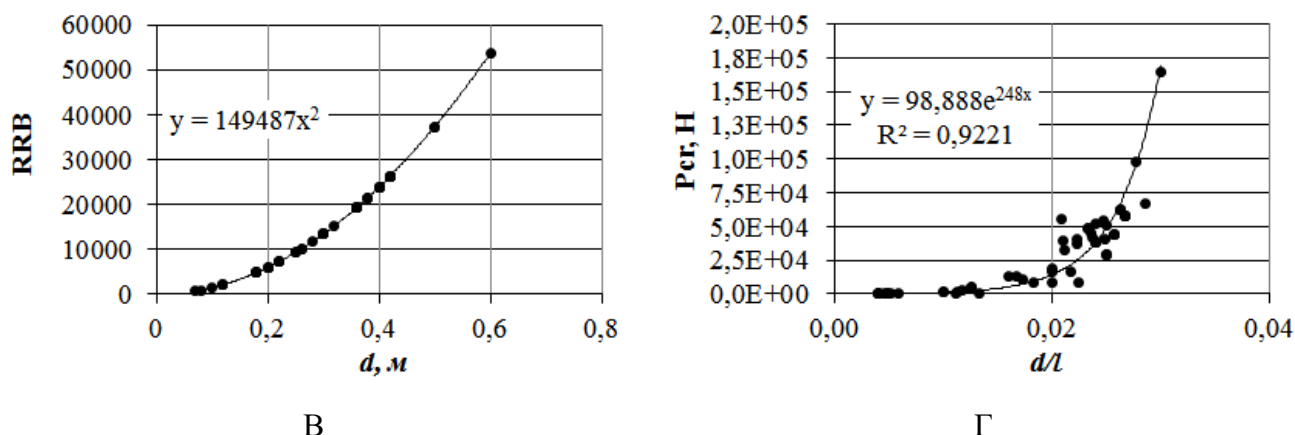


Рис. 7. Зависимость параметров механической устойчивости от морфологического маркера (d/l и d) для *Populus bolleana* Lauche в условиях города Донецка



Рис. 8. Изменение архитектоники кроны *Populus bolleana* Lauche после ледяного дождя и обмерзания скелетных ветвей (модельные изменения пр. Ленинский, г. Донецк)

Вид обладает высокой устойчивостью к механическим нагрузкам и может использоваться в ветроломных насаждениях. Из-за поражения древесины дереворазрушающими грибами могут образовываться дупла в стволе, что приводит к снижению его прочности. Часто именно такие повреждения приводят к облому ствола в области корневой шейки. Повысить механическую устойчивость старовозрастных деревьев можно путем обрезок, например, прореживания кроны. Для предотвращения падения деревьев необходимо обследование стволов ультразвуковыми томографами.

Оценивая аварийность видов рода *Populus* выяснили, что наиболее опасной в городской среде (при высокой антропогенной нагрузке) в возрасте более 50 лет является раскидистая форма тополя черного. У таких деревьев наблюдается ядровая гниль, имеются дупла и повреждения ствола и кроны, которые несут опасность для горожан. Возможно применять кронирование, что даст до 5 лет запас на планирование озеленительных работ. Тополь черный пирамидальной формы обычно может сохранять свою физическую целостность (сухостой) в возрасте более 50 лет даже в условиях снежных и ледяных бурь. Более опасны в Донецке – ветровалы, за последние 10 лет при действии таких природных явлений стали часты в насаждениях пирамидальных тополей вывалы целого дерева с падением в сторону автомагистралей.

Деревья тополя Болле в основном не являются аварийными до 50 лет. Выявлено мало случаев выпадения деревьев данного вида и все они в результате повреждения корневой системы от неправильного ведения строительных работ (рис. 10). При правильном уходе и проведения санитарных обрезок вид высокодекоративен и механически устойчив в условиях города Донецка.

Исследование жизнеспособности видов показало, что наибольшей устойчивостью к антропогенной нагрузке в зависимости от возраста обладают деревья *P. bolleana* и *P. nigra* (хорошее состояние). В свою очередь жизнеспособность *P. simonii* и *P. balsamifera* уже после 40 лет быстро снижается, и растения находятся в удовлетворительном состоянии. Следует также отметить, что при своевременном уходе за насаждениями данных видов, например

применение санитарной обрезки, их состояние может быть выше по сравнению с указанными баллами в нашей работе.

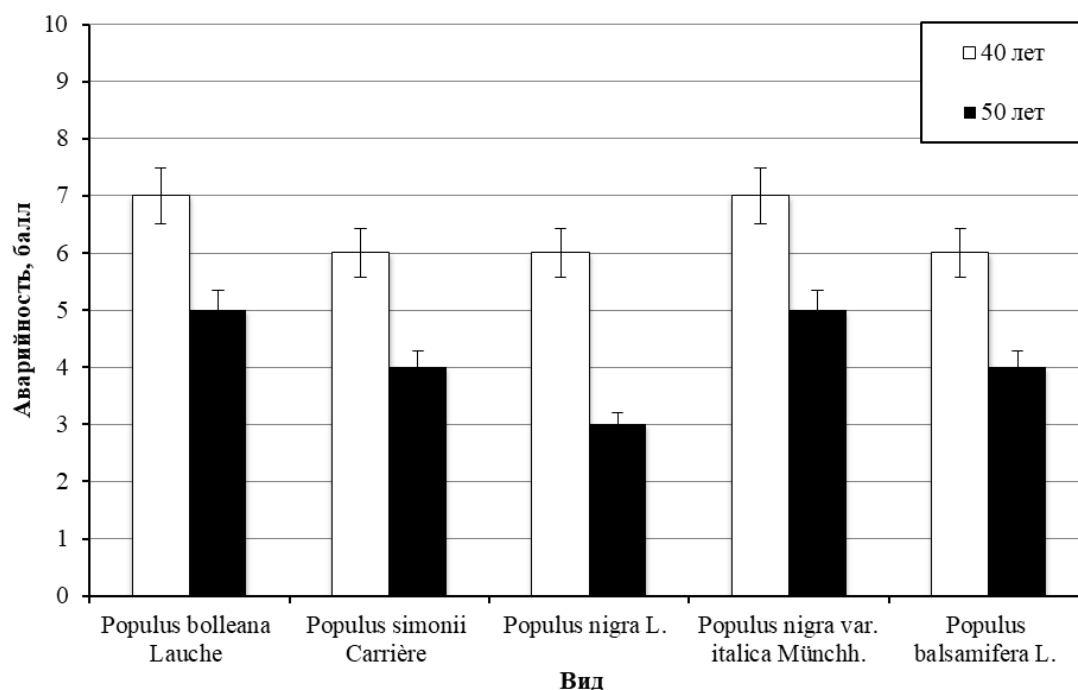


Рис. 9. Аварийность деревьев рода *Populus* L.

Примечание – 0–2 балла – очень высокая – полная потеря прочности (устойчивости), возможно падение (обрушение) дерева в ближайшее время; 3–4 балла – высокая – повышенная ветровальность дерева, возможно падение при сильном ветре или при налипании снега, наледи; 5–6 баллов – средняя – в результате развития гнилевых процессов в течение нескольких лет вероятность падения дерева существенно возрастет; 7–8 баллов – низкая – дерево устойчиво при нормальных погодных условиях и средних значениях ветровых нагрузок, характерных для региона; 9–10 баллов – без замечаний – вероятность падения, или переламывания ствола при экстремальных погодных явлениях минимальна (согласно [8]).

Выводы

В результате проведенных исследований дана эколого-морфологическая характеристика основных видов рода *Populus* L. произрастающих в условиях г. Донецка.

Жизнеспособность наиболее представленной возрастной группы 45–49 лет у *Populus boleana* Lauche оценивается в 2–3 балла, для *Populus nigra* L. – 3 балла, *Populus nigra* var. *italica* Münchh. – 2–3 балла. *Populus simonii* Carrière и *Populus balsamifera* L. после 40 лет теряют жизнеспособность и оцениваются как сильно ослабленные в 3–4 балла.

P. boleana и *P. nigra* в возрасте 45–49 лет (при отсутствии значительных и явных повреждений) по результатам биомеханических исследований оцениваются как механически устойчивые виды в условиях степной зоны к действию динамических и статических нагрузок. *P. nigra* единственный вид из изученных, у которого в возрасте 45–50 лет (критический возраст для тополей) показатель жесткости на изгиб выше, чем в условиях относительного контроля.

Для повышения механической устойчивости рекомендуется производить санитарную обрезку с целью зауживания кроны (укорочение длинных горизонтальных ветвей). В целом произрастая вдоль автомагистралей, при надлежащем уходе, *P. boleana* и *P. nigra* устойчивы к комплексному воздействию транспортного потока и наиболее пригодны для посадки в первом ряду вдоль дорог даже в условиях современного города и новых тенденций в озеленении.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Список литературы

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. Антропова Л. П. Жизнеспособность древесных растений города Горловки, ДНР // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1. № 16. С. 27–33. EDN: AJHSFR.
3. Калинина Ю. С., Сафонов А. И. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 14–23. DOI: 10.5281/zenodo.14531840. EDN: GAKMLH.
4. Корниенко В. О. Ретроспективный анализ антропогенного загрязнения города Донецка. Вибрационно-акустическое зашумление // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 93–100. DOI: 10.5281/zenodo.12532574. EDN: TSWEOL.
5. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Жизнеспособность дуба черешчатого в условиях города Донецка // Сибирский лесной журнал. 2024. № 4. С. 95–106. DOI: 10.15372/sjfs20240409.
6. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны Восточно-Европейской равнины // Лесоведение. 2024. № 1. С. 70–78. DOI: 10.31857/S0024114824010084. EDN: SLLJXY.
7. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка. Воронеж: Издательский дом «ВГУ», 2021. 107 с. EDN: HCFNFD.
8. Корниенко В. О., Приходько С. А. Новый методический подход к оценке механической устойчивости зеленых насаждений в городской среде // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 2 (23). С. 72–77.
9. Корниенко В. О., Хархота Л. В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12. № 2. С. 46–51. DOI: 10.55355/snv2023122107.
10. Корниенко В. О., Шкиренко А. О., Яцкий А. С. Состояние деревьев *Quercus robur* L., произрастающих в различных экотопах города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13. № 3. С. 31–38. DOI: 10.55355/snv2024133105.
11. Корниенко В. О., Яцкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. 2022. № 12 (175). С. 166–170. EDN: JJZVTE.
12. Корниенко В. О., Яцкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 11–2. С. 28–34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13. EDN: VGFTLL.
13. Корниенко В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15. Ростов-на-Дону, 2022. 166 с. EDN: QYUEPJ.
14. Мирненко Н. С., Сафонов А. И. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 12–17. EDN: JQCOXN.
15. Мирненко Э. И. Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 30–35.
16. Население России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://countrymeters.info/ru/Russian_Federation (дата обращения: 23.02.25).

17. Пирко И. Ф., Корниенко В. О. Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды злаков для придорожного озеленения Донецко-Макеевской агломерации // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 65–78. DOI: 10.5281/zenodo.13758407. EDN: NZBGNN.
18. Пирко И. Ф., Корниенко В. О. Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды порядка Злакоцветные (Poales Small) для озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 24–37. DOI: 10.5281/zenodo.14532037. EDN: JJBGYH.
19. Реуцкая В. В. Жизнеспособность древесных растений города Тореза, ДНР // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1. № 16. С. 142–148. EDN: SOQCOU.
20. Реуцкая В. В., Антропова Л. П., Шкиренко А. О. Состояние насаждений в условиях вибрационно-акустического загрязнения города Донецка // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IX Международ. науч. конф. (Донецк, 15–17 октября 2024 г.). Донецк: Изд-во ДонГУ, 2024. Т. 3: Биологические и медицинские науки, экология. С. 30–32. EDN: YLKUOI.
21. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. 289 с. EDN: QVJSQE
22. Сафонов А. И., Глухов А. З. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 3. С. 62–70. EDN: NTNOHR.
23. Сафонов А. И., Калинина Ю. С., Палагута А. П. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 20–30. DOI: 10.5281/zenodo.13949289. EDN: CZPYKY.
24. Царев А. П., Плугатарь Ю. В., Царева Р. П. Селекция и сортоиспытание тополей. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 252 с. EDN: AGPJPT.
25. Glukhov A. Z., Safonov A. I. Adaptive mechanisms in plants under conditions of anthropogenic transformation of the environment // Science. Education. Practice: Proceedings of the International Science Conference (Delhi, 23 October 2024 г.). Delhi: Scientific publishing house Infinity, 2024. P. 108–115. DOI: 10.34660/INF.2024.63.35.069. EDN: AZWMYE.
26. Mirnenko E. Ecological monitoring of water bodies: bioindication, microalgae biodiversity indices // E3S Web of Conferences: Relevant Issues of Ecology and Environmental Management (RIEEM–2024), 2024. Vol. 555. P. 02008 (P. 1–6). DOI: 10.1051/e3sconf/202455502008. EDN: ECGECV.
27. Revision of World Urbanization Prospects. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. Available at: <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm> (accessed 20.02.25).
28. Safonov A., Glukhov A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 31. P. 00020. DOI: 10.1051/bioconf/20213100020. EDN: XYLEQZ.
29. Zinikovskaia I. I., Safonov A. I., Yushin N. S., Nespirnyi V. N., Germonova E. A. Phytomonitoring in Donbass for identifying new geochemical anomalies // Russian Journal of General Chemistry. 2024. Vol. 94. No 13. P. 3472–3482. DOI: 10.1134/S1070363224130048 EDN: QXJUMP.

Поступила в редакцию 24.02.2025 г.

Kornienko V. O., Reutskaya V. V. Populus L. trees in the urbanized environment of Donetsk. – The article presents the results of studying the ecological and biological characteristics of species of the genus *Populus* L., native to the city of Donetsk. The viability of the most represented age group of 45–49 years in *Populus boleana* Lauche is estimated at 2–3 points, for *Populus nigra* L. – 3 points, *Populus nigra* var. *italica* Munich. – 2–3 points. *Populus simonii* Carrière and *Populus balsamifera* L. lose their viability after 40 years and are assessed as severely weakened by 3–4 points. According to the results of biomechanical studies *P. boleana* and *P. nigra* aged 45–49 years are assessed as

mechanically stable species in the steppe zone to the effects of dynamic and static loads. The only species studied that has a higher bending stiffness index at the age of 45–50 years (a critical age for poplars) than under relative control conditions.

Keywords: urban plantings, woody plants, mechanical stability, accident rate of trees.

Корниенко Владимир Олегович

кандидат биологических наук,
заведующий научно-исследовательской частью
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
университет», г. Донецк, ДНР, РФ
E-mail: kornienkovo@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7728-8116
AuthorID: 958435

Kornienko Vladimir Olegovich

PhD in Biology,
Head of the Research Department of Donetsk State
University, Donetsk, DPR, Russian Federation.

Реуцкая Валерия Вячеславовна

лаборант научно-исследовательской лаборатории
мониторинга и прогнозирования экосистем Донбасса
научно-исследовательской части
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
университет», г. Донецк, ДНР, РФ
E-mail: reutskaya_lerochka@mail.ru
AuthorID: 1250872

Reutskaya Valeriya Vyacheslavovna

Laboratory assistant at the Scientific Research Laboratory
for Monitoring and Forecasting Ecosystems in Donbass.
Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© Э. И. Мирненко

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФОРМ АЗОТА НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДОВ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА Р. КАЛЬМИУС (Г. ДОНЕЦК, ДНР)

*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Мирненко Э. И. Влияние некоторых форм азота на развитие фитопланктона прудов водосборного бассейна р. Кальмиус (г. Донецк, ДНР). – Определено влияние концентрации различных форм азота (аммиак, нитраты) на состав фитопланктона в водоемах г. Донецка. Изучены пруды водосборного бассейна р. Кальмиус и проанализированы сезонные колебания уровней аммонийного и нитратного азота. Результаты показали, что аммонийные ионы, в особенности в период умеренного загрязнения, играют ключевую роль в поддержании роста фитопланктона. Нитраты, в свою очередь, демонстрируют сезонную динамику, в том числе их максимальные концентрации наблюдались в весенний и осенний периоды. В альгофлоре исследуемых прудов преобладали водоросли отделов Heterokontophyta и Chlorophyta, а также некоторое количество цианобактерий, что отражало их взаимосвязь между азотным загрязнением и изменениями в составе фитопланктона. В работе также выявлена значимость этих форм азота как индикаторов экологического состояния водоемов. Полученные данные могут быть использованы для разработки мер по мониторингу водных экосистем и предотвращению загрязнения водоемов.

Ключевые слова: фитопланктон, азот, аммоний, нитраты, водоемы, экологическое состояние, Донецк.

Введение

Изучение фитопланктона в прудах имеет высокое научное и практическое значение. Во-первых, динамика развития фитопланктона является индикатором экологического состояния водоема и может служить инструментом для оценки воздействия антропогенных факторов, включая загрязнение промышленными и бытовыми сточными водами. Во-вторых, количественные изменения в составе фитопланктона способны повлиять на качество воды, что особенно важно для прудов, используемых в сельскохозяйственных, рыбохозяйственных или рекреационных целях [1–3].

Пруды в Донбассе выполняют важную роль в качестве естественных осветлителей шахтных вод, которые используются в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий, в коммунальной инфраструктуре, а также для культурно-бытовых нужд. Согласно данным [4], более 35 % прудов применяются для обеспечения нужд сельского хозяйства, около 7 % – для рыбоводства, а 3 % – для рекреационных целей. В отличие от водохранилищ, которые охватывают не только русло реки, но и значительные части прилегающих речных долин, пруды, как правило, ограничены рамками речного русла или долинных байраков [4].

Для города Донецка наиболее характерные долинные пруды, которые зарегулированы в районах возвышенности водосборного бассейна р. Кальмиус. Долинные пруды характеризуются мелководьем, средняя глубина которых составляет 0,7–3 м, а объем – до 10 тыс. м³. Наполнение долинных прудов в основном происходит за счет притока родников и атмосферных осадков [5].

Пруды помимо своих хозяйственно-бытовых функций представляют собой важные экосистемы, где фитопланктон выступает продуцентом органического вещества и обеспечивает первичную продукцию, которая служит базой пищевых цепей водоемов. Его активность влияет на биологическое равновесие, кислородный режим и самоочищение водоема. Кроме того, в условиях изменения климата и увеличения нагрузки на экосистемы водоемов понимание факторов, регулирующих развитие фитопланктона, позволяет разрабатывать эффективные меры для предотвращения эвтрофикации, «цветения» воды и

деградации экосистем. Исследования фитопланктона в различных типах прудов предоставляют данные для сравнительного анализа и прогнозирования устойчивости водных экосистем в условиях современных антропогенно-трансформированных территорий [6].

Цель работы – определить особенности развития фитопланктона разнотипных прудов г. Донецка.

Материал и методы исследования

Отбор проб проводили в трех прудах, зарегулированных в балках г. Донецка (притоки бассейна р. Кальмиус): пруд Ветковский № 1, Первый городской пруд и Молодежный пруд № 2.

Исследование качественного состава фитопланктона проводилось методом анализа препаратов раздавленной капли с использованием светового микроскопа МБИ-3, с соблюдением стандартных правил микроскопирования. Свежеотобранный и сконцентрированный материал предварительно изучался в живом состоянии в день сбора, что позволяло зафиксировать исходное состояние клеток фитопланктона до возникновения изменений, связанных с хранением или фиксацией проб. Это включало наблюдение за такими явлениями, как образование репродуктивных клеток, переход в пальмеллевидные формы, разрушение клеток или колоний, а также утрата жгутиков и подвижности [7].

Для более детального анализа материал исследовался как в живом, так и в фиксированном состоянии. Видовая принадлежность водорослей определялась методом сравнительно-морфологического анализа, который включал измерение размеров клеток с использованием окуляр-микрометра с измерительной шкалой. Размеры клеток служат важными диагностическими признаками при классификации видов и уточнении их таксономической принадлежности [7].

Определение видового состава водорослей проводилось в соответствии с общепринятыми руководствами и определителями водорослей пресноводных экосистем. В ходе анализа учитывались любые морфологические отклонения, включая изменения формы, размеров или окраски клеток, которые отличались от типичных характеристик, указанных в определителях или атласах [8].

Дополнительно проводился анализ структуры и состояния колоний, степени их агрегации, а также изучение особенностей, свидетельствующих о влиянии внешних факторов на фитопланктон (например, наличия повреждений клеточных стенок, вакуолизации, аномальных изменений в пигментации). Для минимизации субъективности при интерпретации данных все измерения и наблюдения повторялись в нескольких независимых сериях.

Определение аммиака проводили калориметрически (метод основан на образовании окрашенного соединения аммиака с йодмеркулатом калия (реактив Несслера), что позволяет оценить концентрацию аммиака от 0,095 до 4 мг в 1 л воды).

Определение концентрации нитратов в воде проводили с использованием калориметрического метода, основанного на способности нитрат-ионов с салицилатом натрия в щелочной среде образовывать окрашенное соединение, интенсивность окраски которого пропорциональна содержанию нитратов в образце. Этот подход позволяет точно определять концентрацию нитратов в диапазоне от 0,01 до 10 мг/дм³ воды [7]. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.

Результаты и обсуждение

Формирование и состав фитопланктона прудов, обусловлено региональными факторами, а также происхождением прудов, источником водообеспечения, морфометрическими особенностями, степенью его увеличения и заиления, характером хозяйственной деятельности в водоеме и окружающих ландшафта. В ходе исследований фитопланктона в целом было идентифицировано 112 видовых таксона водорослей,

принадлежащих к 5 отделам Cyanobacteria, Euglenophyta, Dinoplagnellata, Heterokontophyta, Chlorophyta, 23 семействам и 76 родам.

Альгофлора исследуемых прудов характеризовалась преобладанием видов, относящихся к отделу Heterokontophyta, который включал 43 видовых таксона (38,39 % от общего числа видов). Эти таксоны принадлежали к 38 родам (51,32 % общего числа родов) и 10 семействам, что свидетельствует о высокой таксономической разнообразности данного отдела. Водоросли Heterokontophyta, включая диатомовые, играют ключевую роль в формировании структуры фитопланктона благодаря их высокой экологической пластичности и способности адаптироваться к различным условиям среды.

На втором месте по количеству видов находился отдел Chlorophyta, представленный 32 видовыми таксонами (28,57 % от общего числа видов), которые распределяются между 14 родами (21,6 % общего числа родов) и 6 семействами. Зеленые водоросли, как правило, занимают ведущую позицию в экосистемах прудов, особенно в условиях умеренной освещенности и достаточного содержания биогенных элементов.

Третье место занимал отдел Cyanobacteria, включающий 24 видовых таксона (21,43 % от общего числа видов), представленных 17 родами (22,37 % общего числа родов) и 3 семействами. Цианобактерии характеризуются высоким уровнем выживаемости в экстремальных условиях, включая низкое содержание кислорода, и могут играть как продуктивную, так и деструктивную роль в экосистемах благодаря их способности к фиксации азота и образованию токсических «цветений».

Отдел Euglenophyta был представлен 12 видовыми таксонами (10,71 % от общего числа видов), которые объединяются в 3 рода одного семейства. Эвгленовые водоросли обычно занимают особую экологическую нишу в условиях повышенного содержания органических веществ и умеренной эвтрофикации.

Отдел Dinophyta включает всего один видовой таксон (0,89 % общего числа видов), что указывает на незначительное присутствие динофитовых водорослей в исследуемых прудах.

Таким образом, альгофлора исследуемых прудов носит диатомово-протококковый характер, при этом существенную роль играют представители Heterokontophyta и Chlorophyta. Участие цианобактерий остается значительным, хотя и уступает указанным группам. Эвгленофитовые и динофитовые водоросли представлены в незначительных количествах, что может свидетельствовать о специфических условиях среды и степени антропогенной нагрузки на экосистемы прудов. Такой состав альгофлоры отражает сложную структуру экосистемы и ее реакцию на внешние воздействия.

В рамках исследования проведен анализ содержания различных форм азота в воде, таких как, аммиак и нитраты. Полученные результаты отражают уровень азотного загрязнения и динамику распределения соединений азота в исследуемых водоемах. Концентрации этих форм азота, выявленные в процессе работы, представлены в табл. 1.

Содержание ионов аммония. Концентрация ионов аммония в природных водах варьировала в пределах 10–200 мкг/л (в пересчете на азот). В незагрязненных поверхностных водах присутствие аммонийных ионов связано преимущественно с процессами биохимической деградации белковых веществ. Основные источники поступления аммонийных ионов в водоемы включают животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, где используются аммонийные удобрения, а также промышленные стоки от предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической отраслей.

Концентрация аммонийных ионов в промышленных сточных водах может достигать 1 мг/л, в бытовых сточных водах – 2–7 мг/л. В канализационные системы с хозяйственно-бытовыми стоками ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота на одного жителя [7]. Как показано в табл. 1, аммиак в воде исследуемых прудов был обнаружен во все периоды. Концентрация аммонийных ионов колебалась от 0,11 до 0,43 мг/л, что соответствует уровню умеренного загрязнения, за исключением отдельных периодов сильного загрязнения.

Сезонная динамика концентрации аммония имела двухпиковый характер. Максимумы в Ветковском пруду наблюдались в июне и августе, что, вероятно, связано с особенностями внутриводоемных процессов.

Таблица 1

Некоторые формы азота в исследуемых прудах г. Донецка

Месяц	Пруд					
	Ветков- ский пруд № 1	Город- ской пруд № 1	Молодеж- ный пруд № 2	Ветков- ский пруд № 1	Городской пруд № 1	Молодеж- ный пруд № 2
	Аммиак, л/дм ³			Нитраты, л/дм ³		
2020 год						
Март	0,19 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,19 ± 0,03	2,18 ± 0,91	23,16 ± 0,21	23,87 ± 0,31
Апрель	0,21 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,19 ± 0,03	3,11 ± 0,21	31,22 ± 0,21	27,18 ± 0,32
Май	0,22 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,26 ± 0,05	21,01 ± 0,12	19,12 ± 0,11	19,01 ± 0,33
Июнь	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,32 ± 0,05	78,01 ± 0,41	18,01 ± 0,44	16,02 ± 0,21
Июль	0,22 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,28 ± 0,05	23,18 ± 0,42	2,21 ± 0,42	12,81 ± 0,22
Август	0,27 ± 0,03	0,19 ± 0,01	0,27 ± 0,03	13,17 ± 0,32	10,18 ± 0,31	11,21 ± 0,11
Сентябрь	0,11 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,30 ± 0,04	32,90 ± 1,41	19,94 ± 0,43	34,19 ± 0,31
Октябрь	0,14 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,18 ± 0,05	7,21 ± 0,51	7,27 ± 0,50	16,19 ± 0,22
Ноябрь	0,26 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,18 ± 0,06	7,00 ± 0,51	7,99 ± 0,41	6,21 ± 0,21
2021 год						
Март	0,21 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,05	29,12 ± 0,51	2,46 ± 0,52	9,02 ± 0,71
Апрель	0,23 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,15 ± 0,03	20,38 ± 0,42	5,51 ± 0,52	16,37 ± 0,51
Май	0,21 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,41 ± 0,05	32,41 ± 0,53	8,01 ± 0,51	8,77 ± 0,51
Июнь	0,41 ± 0,04	0,24 ± 0,02	0,17 ± 0,05	13,13 ± 0,51	6,91 ± 0,61	6,20 ± 0,65
Июль	0,41 ± 0,04	0,22 ± 0,02	0,23 ± 0,05	19,30 ± 0,71	23,00 ± 0,64	27,80 ± 1,71
Август	0,44 ± 0,04	0,25 ± 0,02	0,28 ± 0,03	25,12 ± 0,41	22,00 ± 0,53	29,50 ± 1,51
Сентябрь	0,21 ± 0,02	0,19 ± 0,03	0,19 ± 0,05	12,24 ± 0,53	15,20 ± 0,62	7,21 ± 0,65
Октябрь	0,28 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,36 ± 0,05	12,91 ± 0,52	2,27 ± 0,31	7,64 ± 0,27
Ноябрь	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,03	12,56 ± 0,62	2,23 ± 0,44	3,19 ± 0,61

Концентрация нитратных ионов. Присутствие нитратных ионов в поверхностных водах обусловлено как внутриводоемными процессами (нитрификация), так и внешними источниками, такими как промышленные и бытовые сточные воды. Особенно высокое содержание нитратов наблюдалось в стоках после биологической очистки воды, где их концентрация могла достигать 50 мг/л. Летний рост концентрации нитратов был связан с массовым отмиранием фитопланктона и активностью нитрифицирующих микроорганизмов.

В исследуемых прудах концентрация нитратных ионов варьировала от 1 до 33,9 мг/л, причем в отдельные периоды нитраты в воде не обнаруживались. Сезонная динамика нитратов имела однопиковый характер с максимумом в мае (22,43 мг/л – Ветковский пруд). Средние многолетние концентрации всех форм азота были выше в Ветковском пруду по сравнению с остальными прудами.

Состав и динамика фитопланктона исследуемых прудов тесно связаны с содержанием различных форм азота в воде. Азотные соединения, такие как аммоний и нитраты, являются важнейшими биогенными элементами, определяющими продуктивность водоемов и их трофический статус.

Аммонийные ионы, благодаря их высокой усвояемости, являются предпочтительным источником азота для большинства водорослей. Умеренные концентрации аммония (0,11–0,43 мг/л, табл. 1) обеспечивают благоприятные условия для роста фитопланктона. Однако в периоды повышенных концентраций, особенно в Молодежном пруду, наблюдалось сильное загрязнение, что могло способствовать развитию цианобактерий (*Cyanobacteria*),

устойчивых к высоким уровням аммония. Это согласуется с их ролью в альгофлоре исследуемых водоемов (21,43 % от общего числа видов).

Нитратные ионы являются ключевым источником азота в периоды низкой концентрации аммония. Их сезонная однопиковая динамика (с максимумом в мае) совпадает с периодом весеннего фитопланктонного цветения, что особенно заметно в Ветковском пруду, где концентрация нитратов достигала 22,43 мг/л. Высокая активность нитрификации и отмирание фитопланктона летом способствуют накоплению нитратов, что поддерживает трофическую активность водоема.

Динамика форм азота оказывает значительное влияние на структуру альгофлоры. В периоды весеннего и летнего роста фитопланктона преобладали виды отделов Heterokontophyta (38,39 % видов) и Chlorophyta (28,57 %), требующие высоких концентраций доступного азота. Осенью, при увеличении органического загрязнения и повышении концентрации аммония, усиливалось развитие Cyanobacteria (21,43 %), способных фиксировать атмосферный азот и переносить низкий уровень кислорода.

В Молодежном пруду, где концентрации аммония и нитритов были выше, наблюдалась более высокая активность эвгленовых водорослей (Euglenophyta, 10,71 %), которые часто развиваются в условиях органического загрязнения. В то же время диатомовые водоросли, чувствительные к изменению содержания нитритов, были более характерны для Ветковского пруда.

Выводы

Результаты исследования подтверждают, что концентрации и формы азота в исследуемых прудах являются важнейшими факторами, влияющими на состав и сезонную динамику фитопланктона. Умеренные концентрации азота способствуют развитию трофически важных групп водорослей, таких как диатомовые и зеленые, тогда как избыток аммония и органического загрязнения стимулирует рост цианобактерий и эвгленовых водорослей. Таким образом, содержание азота в воде может использоваться в качестве индикатора состояния экосистемы и ее подверженности эвтрофикации.

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Гавришин А. И. Шахтные воды Восточного Донбасса и их влияние на состав подземных и поверхностных вод региона // Водные ресурсы. 2018. Т. 45, № 5. С. 555–565. DOI: 10.1134/S0321059618050085. EDN: UWZLAC.
2. Дмитриева В. А., Давыдова Н. С. Малые искусственные водоемы Воронежской области (гидрология, гидрохимия, геоэкология, реестр прудов). Воронеж: Воронежский государственный университет, 2016. 216 с. ISBN 978-5-9273-2379-1. EDN YGQCBF.
3. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Донецкой народной республики за 2021 год // Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой народной республики. [Электронный ресурс]. <https://gkesopoldnr.ru/21/12/2022/publication/ecology/> (дата обращения: 30.03.2023).
4. Мирненко Э. И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 82–86. DOI: 10.55355/snv2023121112. EDN: OHMYXM.
5. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности / Энциклопедический справочник. 3-е изд. перераб. и доп. М. Изд-во «Протектор». 2000. 848 с.
6. Mirnenko E. Ecological monitoring of water bodies: Bioindication, microalgae biodiversity indices // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/202455502008. EDN: ECGECV.

7. *Mirnenko E. I.* Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius River and its reservoirs // *Ecosystem Transformation*. 2022. Vol. 5, No. 2(16). P. 3–13. DOI: 10.23859/estr-220204. EDN: НННВВМ.

8. Веб-сайт: AlgaeBase. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 10.10.2024).

Поступила в редакцию 05.12.2024 г.

Mirnenko E. I. Influence of some forms of nitrogen on the development of phytoplankton of ponds in the catchment area of the Kalmius River (Donetsk, DPR). –The influence of concentration of different forms of nitrogen (ammonia, nitrates) on phytoplankton composition in water bodies of Donetsk city is determined. Ponds of the catchment area of the Kalmius River were studied, and seasonal fluctuations of ammonium and nitrate nitrogen levels were analyzed. The results showed that ammonium ions, especially during the period of moderate pollution, play a key role in maintaining phytoplankton growth. Nitrates, in turn, show seasonal dynamics, including their maximum concentrations in spring and autumn periods. The algal flora of the studied ponds was dominated by algae of Heterokontophyta and Chlorophyta departments, as well as some amount of cyanobacteria, which reflected their relationship between nitrogen pollution and changes in phytoplankton composition. The work also revealed the significance of these nitrogen forms as indicators of the ecological state of water bodies. The obtained data can be used to develop measures for monitoring aquatic ecosystems and preventing pollution of water bodies.

Key words: phytoplankton, nitrogen, ammonium, nitrates, water bodies, ecological state, Donetsk.

Мирненко Эдуард Игоревич

старший преподаватель кафедры ботаники и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: eduard_mirnenko@list.ru

ORCID: 0000-0002-3625-5326

Author ID: 1050999

Mirnenko Eduard Igorevich

Senior lecture of the Department of Botany and
Ecology, Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© М. В. Носова¹, В. П. Середина², С. А. Стовбунник¹

ЗНАЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹АО «ТомскНИПИнефть», 634027, Россия, г. Томск, пр. Мира, д. 72,²Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д. 36,

Носова М. В., Середина В. П., Стовбунник С. А. Значения концентраций подвижных форм некоторых тяжелых металлов в условиях локальных нефтяных загрязнений почв среднетаежной подзоны Западной Сибири. – В статье рассматривается влияние нефтяного загрязнения на экологические функции почв и распределение подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в верхнем горизонте (0–20 см) в условиях среднетаежной подзоны Западной Сибири. Проведенный анализ выявил 100 % превышение концентраций всех исследованных тяжелых металлов относительно фона и предельно-допустимых концентраций (ПДК) даже в зоне минимального загрязнения (граница загрязнения): свинца (1,1–1,3 ПДК), цинка (1,0–1,2 ПДК), меди (1,3–1,9 ПДК), никеля (2,0–2,4 ПДК), ванадия (3,9–5,1 ФОН) и марганца (3,3–4,1 ПДК) по сравнению с фоновыми значениями и предельно-допустимыми концентрациями (ПДК). Опорными результатами для экстраполяции и констатации деградативных процессов в почвенном покрове являются значения концентраций подвижных форм токсичных элементов. Результаты исследования подчеркивают необходимость регулярного мониторинга и разработки мер по восстановлению нефтезагрязненных почв, включая часто рекомендуемое в подобных ситуациях применение методов рекультивации и биоремедиации. На основе полученных данных были рассчитаны интегральные показатели загрязнения почв: суммарный индекс загрязнения (Zc) и коэффициент геоаккумуляции (Igeo). Результаты исследования показали, что на исследованной территории выявлены отдельные зоны с высоким и экстремально опасным загрязнением. Особое внимание привлекли элементы Zn, Mn и V, которые продемонстрировали устойчиво повышенные значения как по Igeo, что указывает на их значительную роль в формировании техногенной нагрузки и потенциальную угрозу для окружающей среды.

Ключевые слова: тяжелые металлы, нефтяное загрязнение, экологические функции почв, деградация почв, Западная Сибирь, подвижные формы, техногенное воздействие, рекультивация, биогеохимические процессы.

Введение

Подвижные формы тяжелых металлов (ПФТМ) в почвах являются одним из наиболее значимых факторов, определяющих устойчивость экосистем к антропогенному воздействию. На нефтяных месторождениях Западной Сибири почвы подвергаются серьезным изменениям в результате загрязнения тяжелыми металлами, которые активно накапливаются в корнеобитаемых горизонтах. Это приводит к нарушению ключевых экологических функций почв, таких как фильтрационная, сорбционная, биогеохимическая и детоксикационная [4, 5, 10].

Фильтрационная функция почв, обеспечивающая очищение грунтовых вод от загрязняющих веществ, нарушается из-за изменения состава почвенного раствора под воздействием ПФТМ. Сорбционная способность почв ослабляется при насыщении почвенного поглощающего комплекса металлами, что способствует их миграции в более глубокие горизонты и попаданию в гидрологические системы. Биогеохимическая функция, включающая регуляцию биогенных потоков и сохранение баланса элементов, также оказывается под угрозой: тяжелые металлы способны вмешиваться в процессы круговорота питательных веществ, замедляя разложение органического вещества и трансформацию соединений. Особую опасность представляет нарушение детоксикационной функции почв. Тяжелые металлы, находясь в подвижных формах, становятся более доступными для

почвенных микроорганизмов и могут угнетать их активность, что приводит к снижению способности почв к самоочищению. Это создает условия для накопления токсичных соединений и их последующей миграции [12, 14, 15].

Целью данного исследования является анализ содержания и распределения ПФТМ в почвах нефтяных месторождений Западной Сибири и оценка их влияния на основные экологические функции почв. Полученные результаты позволят углубить понимание процессов деградации почв под воздействием тяжелых металлов и разработать меры для минимизации негативных последствий техногенного воздействия.

Материал и методы исследования

Исследование проводилось на участке нефтяного разлива в подзоне средней тайги Западной Сибири, расположенном в пределах Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО). Очаг загрязнения сформировался в результате аварийного разрыва трубопровода в пойменной части реки Обь. Впоследствии данный участок был рекультивирован в соответствии с нормативными документами, включая ГОСТ Р 59057–2020 [3] и ГОСТ Р 57447–2017 [2], а также внутренними стандартами компании-недропользователя. Завершение работ было подтверждено проверкой и приемкой лицами, уполномоченными на подписание акта рекультивации. Восстановление участка велось с авторскими рекомендациями: совместно с минеральными удобрениями в почву были внесены цеолиты, которые снижают подвижность тяжелых металлов. Нефтестойкая травосмесь применяемая на биологическом этапе рекультивации земель была дополнена растением-аккумулятором ТМ (*Lupinus polyphyllus*, *Salix spp.*) для извлечения металлов из почвы. Во время проведения восстановительных мероприятий необходимо проводить систематическое наблюдение на основе корреляционных связей между содержанием органического вещества и ТМ для более точного прогнозирования загрязнения.

Для детального изучения распределения загрязняющих веществ территория была разделена на несколько зон: эпицентр загрязнения (зона № 1, 26 почвенных прикопок, территория максимального воздействия), периферийная зона воздействия загрязнения (зона № 2, 26 прикопок, удаление 3 метра от эпицентра) и граница загрязнения (зона № 3, 25 прикопок, в 5 метрах от эпицентра). Также для сравнения были отобраны контрольные почвы: фоновые образцы (зона № 4, 25 прикопок, удаление 10 км на север от места аварии). Для выбора фоновых точек учитывались идентичные условия почвообразования. Наименование почвам присвоено в соответствии с отечественной [11] и международной [16] классификацией: загрязненные почвы – хемозем нефтезагрязненный по аллювиальной серогумусовой типично-глееватой средне-мелкой почве (*Gleyic Toxic Fluvisols*), фоновые почвы – аллювиальная серогумусовая типично-глееватая средне мелкая тяжелосуглинистая почва (*Gleyic Fluvisols*).

Анализ подвижных форм тяжелых металлов в нефтезагрязненных почвах выполнялся с использованием современных стандартов и аналитических методов. Пробы почвы из верхнего слоя (0–20 см), наиболее подверженного накоплению тяжелых металлов, отбирались в полевых условиях с соблюдением требований ГОСТ 17.4.4.02–84 [1]. Содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, V, Mn) определялось методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС–ИСП) М–МВИ–80–2008 [6]. Этот метод обеспечивает высокую точность и позволяет обнаруживать минимальные концентрации элементов. Перед анализом почвенные пробы обрабатывались слабокислым экстрагентом на основе ацетатно-аммонийного буфера для выделения подвижных форм металлов. Определение содержания нефтепродуктов (НП) в образцах осуществлялось флуориметрическим методом согласно требованиям ПНД Ф 16.1:2.21–98 [8]. Данные обрабатывались для каждой из зон нефтезагрязнения: расчет диапазонов значений (*min–max*), средних значений (*m*), стандартного отклонения (*SD*) и коэффициента вариации (*CV*). Химическое загрязнение почв является значимым фактором, позволяющим оценить потенциальные угрозы для здоровья человека. В рамках исследования для этой цели

применялся суммарный показатель загрязнения (Z_c) [9]. Чтобы детально изучить характер и интенсивность загрязнения, а также проанализировать последствия антропогенного влияния на почвенный покров, был использован дополнительный метод – расчет индекса геоаккумуляции (I_{geo}) для верхних слоев почвы [12].

Результаты и обсуждение

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) в районах нефтедобычи Западной Сибири нарушает основные экологические функции почв и оказывает значительное влияние на устойчивость экосистем. Полученные значения содержания ПФТМ в почвах выстраивается в следующий ряд: эпицентр загрязнения (зона № 1) > периферийная зона воздействия загрязнения (зона № 2) > граница загрязнения (зона № 3) > фоновые образцы (зона № 4) (рис. 1, рис. 2).

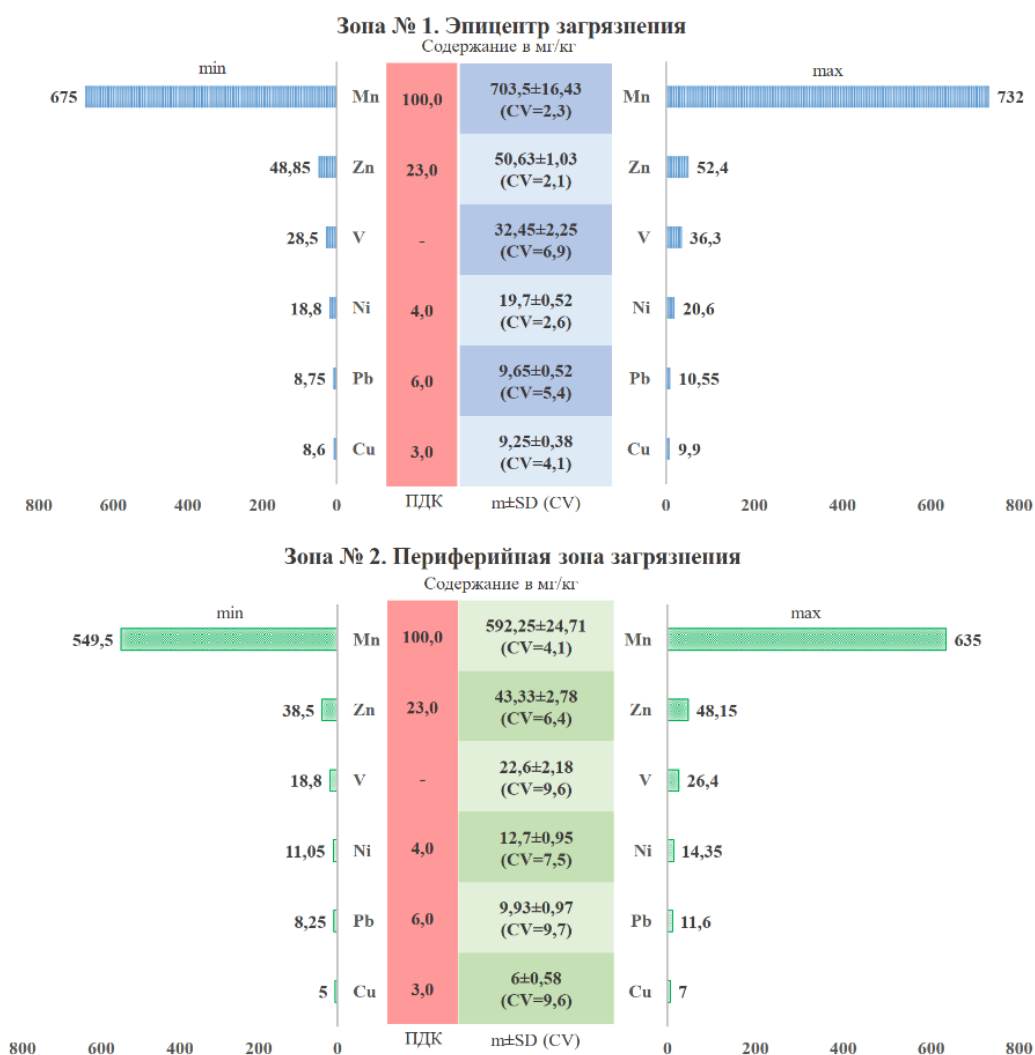


Рис. 1. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в зоне № 1 и зоне № 2

Анализ полученных данных подтвердил значительное техногенное воздействие на почвенный покров в зоне нефтяного загрязнения. Концентрации ПФТМ в верхнем горизонте (0–20 см) существенно превышают фоновый уровень и гигиенические нормативы, установленные СанПиН 1.2.3685–21 [9].

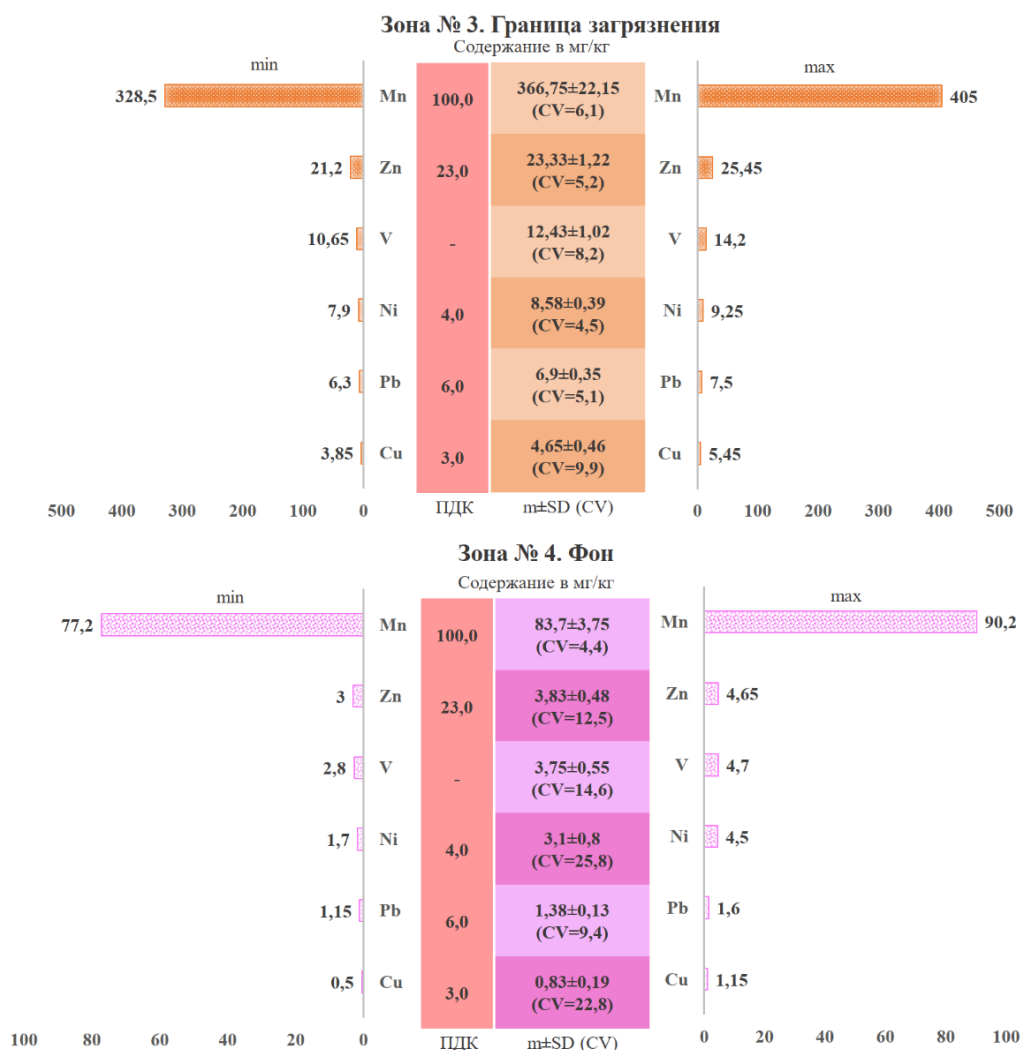


Рис. 2. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в зоне № 3 и зоне № 4

Во всех исследованных образцах (100,0 %) наблюдается загрязнение почвы тяжелыми металлами, что свидетельствует о критическом изменении их природного химического состава (табл. 1).

Таблица 1

Анализ распределения тяжелых металлов в нефтезагрязненных почвах

Глубина	Cu	Pb	Ni	V*	Zn	Mn	НП**
1	2	3	4	5	6	7	8
Встречаемость значений выше фона (по минимальному/максимальному значениям, %) по ПДК (фону)							Содержание, г/100 г почвы
Эпицентр загрязнения (зона № 1)							
0–20	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	2,94–11,41
Периферийная зона воздействия загрязнения (зона № 2)							
0–20	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	3,26–9,79
Граница загрязнения (зона № 3)							
0–20	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	4,85–7,72
Максимальная кратность превышения ПДК, min – max							
Эпицентр загрязнения (зона № 1)							
0–20	2,9– 3,3 ПДК	1,5– 1,8 ПДК	4,7– 5,2 ПДК	10,2– 13 ФОН	2,2– 2,3 ПДК	6,8– 7,4 ПДК	ПДК не установлены

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Периферийная зона воздействия загрязнения (зона № 2)							
0–20	1,7– 2,4 ПДК	1,4– 2 ПДК	2,8– 3,6 ПДК	6,8– 9,5 ФОН	1,7– 2,1 ПДК	5,5– 6,4 ПДК	ПДК не установлены
Граница загрязнения (зона № 3)							
0–20	1,3– 1,9 ПДК	1,1– 1,3 ПДК	2,0– 2,4 ПДК	3,9– 5,1 ФОН	1,0– 1,2 ПДК	3,3– 4,1 ПДК	ПДК не установлены

Примечание – * – ПДК не установлены; ** – диапазон данных: min–max.

Сравнение концентраций ТМ относительно предельно допустимых концентраций (ПДК) и фоновых значений выявило следующий порядок убывания превышений: ванадий (V) > марганец (Mn) > никель (Ni) > медь (Cu) > свинец (Pb) > цинк (Zn). Наиболее высокие уровни превышения характерны для ванадия и марганца, что связано с их активным поступлением в почвы из нефтяных остатков и их устойчивостью к геохимическим изменениям. Подробные закономерности установлены ранее [7].

Почва является ключевым компонентом экосистемы, выполняет множество экологических функций, которые обеспечивают ее стабильность и продуктивность. Однако антропогенные нагрузки, включая загрязнение тяжелыми металлами, значительно нарушают ее природные процессы. Тяжелые металлы, поступая в почву в результате техногенной деятельности, в том числе нефтедобычи, изменяют ее химический состав, снижают биологическую активность и нарушают взаимодействие с другими элементами экосистемы.

Наибольшему воздействию подвергаются буферная, сорбционная, детоксикационная и биогеохимическая функции почв. Эти изменения приводят к ухудшению способности почвы удерживать токсичные элементы, трансформировать их в безопасные формы и поддерживать естественный круговорот веществ. Рассмотрение нарушений экологических функций почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами позволяет глубже понять механизмы деградации почвенного покрова и оценить риски для смежных компонентов экосистемы.

Буферная функция почв. Почва должна нейтрализовать загрязняющие вещества, предотвращая их миграцию в другие среды. Однако обнаруженные концентрации свинца (Pb) – $9,65 \pm 0,52$ мг/кг, никеля (Ni) – $19,7 \pm 0,52$ мг/кг, и ванадия (V) – $32,45 \pm 2,25$ мг/кг в эпицентре загрязнения существенно превышают фоновые значения ($1,38 \pm 0,13$ мг/кг, $3,1 \pm 0,8$ мг/кг и $3,75 \pm 0,55$ мг/кг соответственно). Это указывает на ослабление способности почвы удерживать и нейтрализовать эти элементы, что увеличивает риск их вымывания в грунтовые воды.

Сорбционная функция почв. Сорбционная способность почв напрямую зависит от их структуры и состава. Значительные концентрации марганца (Mn) – $703,5 \pm 16,43$ мг/кг, цинка (Zn) – $50,63 \pm 1,03$ мг/кг и меди (Cu) – $9,25 \pm 0,38$ мг/кг указывают на возможность образования сложных гетерополярных солей, способствующих сорбции этих элементов. Наблюдаемая вариативность концентраций Pb и Ni (например, $9,93 \pm 0,97$ мг/кг для Pb в периферийной зоне) свидетельствует о нарушении кинетики сорбционных процессов, вероятно, из-за локальных особенностей почвы и характера нефтяного загрязнения.

Детоксикационная функция почв. Почва обладает способностью разлагать и переводить токсичные соединения в менее опасные формы. Однако высокие концентрации Cu и V подавляют активность почвенных микроорганизмов, ответственных за процессы самоочищения. Это подтверждается низкой вариативностью значений Cu ($9,25 \pm 0,38$ мг/кг) в зоне загрязнения, что свидетельствует о стабильности источников поступления этого элемента и его устойчивости в почве.

Биогеохимическая функция почв. Загрязнение нарушает естественный круговорот элементов. Например, обнаруженные уровни Zn (до $50,63 \pm 1,03$ мг/кг) и Mn (до $703,5 \pm 16,43$ мг/кг) в зоне загрязнения значительно превышают фоновые значения ($3,83 \pm 0,48$ мг/кг для Zn и $83,7 \pm 3,75$ мг/кг для Mn). Это приводит к дисбалансу в почве:

одни элементы накапливаются в избыточных количествах, в то время как доступность других элементов снижается.

Снижение буферной способности почв увеличивает риск попадания ТМ в грунтовые воды. Высокие концентрации V (до $32,45 \pm 2,25$ мг/кг) и Mn (до $703,5 \pm 16,43$ мг/кг) особенно опасны, так как эти элементы легко мигрируют в водоносные горизонты, ухудшая качество воды и воздействуя на водную биоту. Такие элементы как Pb, Zn и Cu угнетают микробное разнообразие, что подтверждается их стабильно высокими уровнями в зоне загрязнения. Это снижает биологическую активность почв и нарушает процессы разложения органического вещества [12, 17, 18]. Накопление Mn и Zn нарушает баланс питательных веществ в почве, что замедляет минерализацию органического вещества и ухудшает качество гумуса, необходимого для поддержания продуктивности экосистемы.

Анализ взаимосвязей распределения ТМ показал, что такие элементы, как ванадий и марганец, демонстрируют корреляцию с содержанием органического вещества и окислительно-восстановительными процессами. Высокая стабильность концентраций марганца в эпицентре загрязнения (низкое стандартное отклонение 16,43) указывает на постоянный источник поступления, вероятно связанный с активизацией редокс-процессов под влиянием нефтепродуктов. Напротив, вариативность распределения свинца и никеля (стандартное отклонение 0,97 для Pb и 0,52 для Ni) свидетельствует о локальном характере источников загрязнения и различной сорбционной способности почв.

Установлено, что наибольшее накопление цинка и меди связано с их устойчивостью в почвенном растворе и равномерным распределением от источников техногенного загрязнения. Например, концентрации цинка остаются стабильными в зоне загрязнения ($50,63 \pm 1,03$ мг/кг), что указывает на их поступление с технологическими выбросами и низкую подвижность в условиях конкретной среды.

Коэффициент геоаккумуляции позволил определить степень накопления отдельных металлов, в то время как Zc отразил их совокупное влияние на экосистему (табл. 2).

Таблица 2

Интегральная оценка загрязнения

Глубина	Cu	Pb	Ni	V*	Zn	Mn
I _{geo} и Z _c , min – max						
Эпицентр загрязнения (зона № 1)						
I _{geo}	2,47–2,68	2,12–2,42	2,02–2,11	2,28–2,62	3,07–3,17	2,43–2,54
Z _c	51,2–58,27					
Периферийная зона воздействия загрязнения (зона № 2)						
I _{geo}	1,72–2,18	2,0–2,49	1,26–1,63	1,75–2,17	2,75–3,07	2,13–2,34
Z _c	37,28–48,77					
Граница загрязнения (зона № 3)						
I _{geo}	1,32–1,81	1,62–1,87	0,78–1,0	1,72–2,14	1,89–2,15	1,39–1,69
Z _c	25.10–33.33					

Такой подход обеспечил многоаспектный анализ антропогенного воздействия на почвенный покров и выделение наиболее значимых загрязнителей. В зоне максимального загрязнения (зона № 1) величина *Z_c* достигает 51,2–58,27, что свидетельствует о чрезвычайно высоком уровне загрязнения (превышающем порог в 30 ед.). В зоне № 2 значение *Z_c* снижается до 37,28–48,77, указывая на высокий, но менее интенсивный уровень загрязнения по сравнению с эпицентром. В зоне № 3 (*Z_c* = 5,10–33,33) уровень загрязнения оценивается высокий и как средний (в диапазоне от 10 до 20).

В эпицентре загрязнения (зона № 1) значения индекса геоаккумуляции для различных элементов варьируются от 2,02–2,11 (Ni) до 3,07–3,17 (Zn). В импактной зоне (зона № 2) значения *I_{geo}* находятся в диапазоне от 1,26–1,63 (Ni) до 2,75–3,07 (Zn). Уровень загрязнения

большинства элементов здесь снижается по сравнению с эпицентром, что свидетельствует о постепенном ослаблении техногенного воздействия. На границе загрязненной территории значения *Igeo* варьируются от 0,78–1,0 (Ni) до 1,89–2,15 (Zn), подтверждая дальнейшее уменьшение интенсивности загрязнения. Во всех зонах наибольший вклад в загрязнение вносит именно Zn.

Для предотвращения дальнейшего загрязнения и восстановления нарушенных почв необходимы комплексные мероприятия, включая мониторинг, рекультивацию и использование технологий биоремедиации.

Выводы

Проведенное исследование показало, что нефтезагрязнение почв приводит к нарушению их буферных, сорбционных, детоксикационных и биогеохимических функций. Концентрации подвижных форм тяжелых металлов (ТМ), таких как свинец, цинк, медь, никель, значительно превышают фоновые значения и ПДК. Эти превышения указывают на высокую техногенную нагрузку, которая нарушает природные процессы в почвах. Наиболее серьезное превышение ПДК наблюдается для ванадия и марганца, которые оказывают длительное и глубокое воздействие на экологическое состояние почв. Угнетение почвенных функций создает угрозу для всей экосистемы, увеличивая риски деградации смежных компонентов окружающей среды. Рассчитанные до проведения рекультивационных мероприятий значения *Zc* и *Igeo* демонстрируют закономерное уменьшение по мере удаления от эпицентра. Тем не менее, все зоны находятся в диапазоне загрязнения, который требует мониторинга и мероприятий по снижению техногенной нагрузки. Такой комплексный анализ дает возможность не только подтвердить наличие загрязнения, но и определить его уровень, установив ключевые факторы техногенного воздействия, что способствует более полному пониманию экологических рисков.

Для минимизации последствий нефтяного загрязнения требуется применение комплексных подходов, таких как: регулярный мониторинг содержания ТМ, внедрение методов фиторемедиации и биоремедиации, использование сорбентов для локализации загрязнения. Полученные данные подчеркивают важность интеграции знаний о механизмах миграции и накопления ТМ для разработки эффективных природоохранных мероприятий и устойчивого управления экологическими системами в регионах нефтедобычи, а также уже использованы как в локальном экологическом мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды на территории Западной Сибири, так для проведения рекультивационных мероприятий. Восстановление участка проходило с использованием цеолитов и трав-аккумуляторов ПФТМ.

Список литературы

1. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы определения содержания загрязняющих веществ. М.: Государственный комитет СССР, 1984. 15 с.
2. ГОСТ Р 57447–2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. М.:Стандартинформ, 2017. 32 с.
3. ГОСТ Р 59057–2020. Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель. М.: Стандартинформ, 2020. 24 с.
4. Дабахов М. В. Проблемы установления факта и степени негативного воздействия на состояние почвенного покрова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5(30). С. 51–58.
5. Кошелева Н. Е., Кузьминская Н. Ю., Терская Е. В. Распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвенных катенах г. Серпухова // Почвоведение. 2021. № 8. С. 999–1016.
6. М–МВИ–80–2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Санкт-Петербург: ООО «Мониторинг», 2008. 36 с.

7. Носова М. В. Влияние нефтесолевого загрязнения на экологическое состояние почв поймы реки Оби в условиях среднетаежной подзоны Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук: спец. 1.5.15. Томск, 2024. 213 с.
8. ПНД Ф 16.1:2.21–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости Флюорат-02. М.: Федеральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1998. 31 с.
9. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М.: Роспотребнадзор, 2021. 192 с.
10. Сомова Ю. В., Алексеева П. А., Швабехер Д., Куц Д. А. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду // Технологии металлургии, машиностроения и материалобработки. 2022. № 21. С. 226–231.
11. Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификации и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
12. Alloway B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (3rd ed.). Dordrecht: Springer, 2013. 614 p.
13. Forstner U., Muler G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact // *Geojournal*. 1981. No 5. P. 417–432.
14. Tozser D., Sipos B., Tothmeresz B., Simon E. Heavy Metal Pollution of Soil in Vienna, Austria Dina Bibi // *Water Air Soil Pollut.* 2023. No 234 (232), P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06244-5>.
15. Uchimiya M., Bannon D., Nakanishi H., McBride M.B., Williams M.A., Yoshihara T. Chemical speciation, plant uptake, and toxicity of heavy metals in agricultural soils // *J. Agric. Food Chem.* 2020. No 68 (46). P. 12856–12869.
16. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps // *World Soil Resources Reports*. Rome: FAO, 2022. No 106. P. 181.
17. Zhang Q., Wang C. Natural and human factors affect the distribution of soil heavy metal pollution: A Review // *Water Air and Soil Polltuion*. 2020. No 231. P. 350–263. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04728-2>.
18. Zhao H., Wu Y., Lan X., Yang Y., Wu X., Du L. Comprehensive assessment of harmful heavy metals in contaminated soil in order to score pollution level // *Scientific Reports*. 2022. No 12, P. 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07602-9>.

Поступила в редакцию 30.01.2025 г.

Nosova M. V., Seredina V. P., Stovbunik S. A. Values of concentrations of mobile forms of some heavy metals under conditions of local oil pollution of soils of the middle taiga subzone of Western Siberia. – The article considers the influence of oil pollution on the ecological functions of soils and the distribution of mobile forms of heavy metals (HM) in the upper horizon (0–20 cm) in the middle taiga subzone of Western Siberia. The conducted analysis revealed 100% excess of concentrations of all studied heavy metals relative to the background and maximum permissible concentrations (MPC) even in the zone of minimal pollution (pollution boundary): lead (1.1–1.3 MPC), zinc (1.0–1.2 MPC), copper (1.3–1.9 MPC), nickel (2.0–2.4 MPC), vanadium (3.9–5.1 BACKGROUND) and manganese (3.3–4.1 MPC) compared to background values and maximum permissible concentrations (MPC). The reference results for extrapolation and identification of degradation processes in the soil cover are the concentration values of mobile forms of toxic elements. The results of the study emphasize the need for regular monitoring and development of measures to restore oil-contaminated soils, including the use of reclamation and bioremediation methods, which are often recommended in such situations. Based on the data obtained, integral indicators of soil pollution were calculated: the total pollution index (Zc) and the geoaccumulation coefficient (Igeo). The results of the study showed that individual zones with high and extremely hazardous pollution were identified in the studied area. Particular attention was drawn to the elements Zn, Mn and V, which demonstrated consistently elevated values according to Igeo, which indicates their significant role in the formation of technogenic load and a potential threat to the environment.

Key words: heavy metals, oil pollution, ecological functions of soils, soil degradation, Western Siberia, mobile forms, technogenic impact, reclamation, biogeochemical processes.

Носова Мария Владимировна

кандидат биологических наук,
ведущий инженер отдела оценки воздействия на
окружающую среду Управления экологии
АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, РФ.
E-mail: nsmvsh@mail.ru
ORCID: 0000-0001-7985-6474
AuthorID: 1043987

Nosova Maria Vladimirovna

Candidate of Biological Sciences;
Leading Engineer of the Environmental Impact
Assessment Department of the Ecology Department of
TomskNIPIneft JSC, Tomsk, Russian Federation.

Середина Валентина Петровна

доктор биологических наук,
профессор кафедры почвоведения и экологии почв
Национального исследовательского Томского
государственного университета, г. Томск, РФ.
E-mail: seredina_v@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7432-1726
AuthorID: 434107

Seredina Valentina Petrovna

Doctor of Biological Sciences;
Professor of the Department of Soil Science and Soil
Ecology of the National Research Tomsk State
University, Tomsk, Russian Federation.

Стовбунник Сергей Анатольевич

главный специалист Управления экологии АО
«ТомскНИПИнефть», г. Томск, РФ.
E-mail: StovbunikSA@tomsknipi.ru

Stovbunik Sergey Anatolievich

Chief Specialist of the Ecology Department of
TomskNIPIneft JSC, Tomsk, Russian Federation.

© А. В. Федоров¹, А. И. Соколкина²**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКОМЫ ПРЯМОСТОЯЧЕЙ
(*TECOMA STANS* (L.) JUSS. EX KUNTH) ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ
СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ**¹ФГБОУ ВОМСХ РФ «Российский государственный университет народного хозяйства
имени В. И. Вернадского»

Россия, 143907, г. Балашиха, Шоссе Энтузиастов, 50

²ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева»

Россия, 127550, Москва, Тимирязевская улица, 49

Федоров А. В., Соколкина А. И. Биологические особенности текомы прямостоячей (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) при интродукции в условиях Среднего Предуралья. – В работе представлены данные исследований по интродукции *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth в пристановочной культуре в умеренно-континентальном климате (Среднее Предуралье). Выявлено, что растение может иметь две волны цветения – период с августа по сентябрь и с ноября по январь. В период первой волны цветения в открытом грунте умеренно-континентального климата завязывает плоды и формирует жизнеспособные семена с удовлетворительными посевными качествами, которые можно использовать для размножения культуры.

Ключевые слова: Текома прямостоячая, *Tecoma stans*, интродукция, Среднее Предуралье, дифференциация цветочных почек, цветение, жизнеспособность и всхожесть семян.

Введение

Интродукция растений имеет огромное значение для жизни человека в настоящее время, и ее роль в развитии цивилизации сложно переоценить [2, 6]. Благодаря интродукционной деятельности появились культурные растения, которые дают сырье для многих производств в промышленности, пищу и лекарства [5, 8, 10, 17]. В целом существование и развитие человечества, общественных формаций связано с наличием и использованием растений [3], если в начале растения были необходимы как источник пищи, витаминов и технического сырья [20], то в современных условиях они являются незаменимым компонентом и элементом для создания комфортных условий для жизни [7, 16, 17, 19]. Довольно значительная часть растений имеет одновременно несколько хозяйственно-ценных функций или свойств. Развитие науки и технологий, ускорение климатических изменений, в особенности в северном полушарии, подтверждают важную роль интродукционной деятельности в обеспечении устойчивого развития [14, 15, 19].

Среди культурных растений существенная доля принадлежит декоративным комнатным и оранжерейным растениям. Значительный интерес для интродукции может представлять текома прямостоячая – *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. Родиной *T. stans* из семейства Bignoniaceae Juss., являются регионы субтропического и тропического поясов Северной Америки – Мексика, южные штаты США, Антильские острова [26]. *T. stans* имеет высокую декоративность благодаря ярко-желтым цветкам трубчатой формы, широко применяется в ландшафтном дизайне [26, 27, 32]. Благодаря высоким адаптивным свойствам широко распространился в тропическом и субтропическом поясах земного шара, в Аргентине, Австралии, Южной Африке, на островах Тихого океана и в тропических регионах Азии признан инвазивным видом, с которым приходится бороться [27, 30], однако J. Pelton [28] в своей работе, опубликованной в 1964 г., отмечает, что он был распространен в Северной Америке и Южной Америке между 32° с. ш. и 32° ю. ш. Несмотря на это *T. stans* имеет ряд уникальных и полезных свойств – антиоксидантные, противораковые, асептические [25, 29, 31, 33], является перспективным видом для рекультивации нарушенных

и деградированных земель [24, 32] и пр., благодаря чему является популярным объектом научных исследований.

Цель работы – изучить особенности цветения, плодоношения и посевные качества семян *T. stans* при интродукции в условиях Среднего Предуралья.

Материал и методы исследования

Исследования проводились в Удмуртской Республике, которая находится на востоке Русской равнины в междуречье Вятки и Камы. Согласно природно-сельскохозяйственному районированию России является частью территории Среднего Предуралья в пределах южно-таежной подзоны таежно-лесной зоны [1]. Географическая точка места проведения исследований – 55°54'11" с. ш., 53°20'24" в. д. Метеорологические условия приведены по данным ближайшей метеостанции Сарапул (Удмуртия, Россия).

Изучаемые растения были выращены из семян в 2013 г. В генеративный этап развития растения вступили в 2016 г. Выращивание растений производили в контейнерах объемом 5 л, в пристановочной культуре. Использовали органоминеральный грунт на основе верхового торфа. Технология ухода (поливы, подкормки, защита растений) проводили в соответствии общепринятыми методами для комнатных и оранжерейных растений. В первой декаде апреля растения переносили в весеннюю поликарбонатную теплицу на солнечном обогреве. В условия открытого грунта растения выставляли в зависимости от погодных условий 15–25 мая. В помещение переносили перед наступлением осенних заморозков, в период с третьей декады сентября по первую декаду октября.

Наблюдения, статистическую обработку полученных данных проводили в соответствии с общепринятыми рекомендациями [4]. Жизнеспособность семян определяли окрашиванием в 0,5 %-ном водном растворе тетразола (2,3,5-трифенилтетразолиум хлорид) (ГОСТ 13056.7–93). Для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге (ГОСТ 24933.2–81, ГОСТ 12420–81). Определение грунтовой всхожести проводили путем посева семян в органоминеральный субстрат на основе верхового торфа в пластиковый контейнер в условиях зимней теплицы. Температура в теплице поддерживалась на уровне 23–27 °С.

Результаты и обсуждение

Растения *T. stans* в условиях проведения интродукционного исследования в Среднем Предуралье в генеративный период развития вступили в трехлетнем возрасте. В условиях естественных мест произрастания, в субтропическом и тропическом поясе, растения вступают в фазу цветения уже на первом году жизни [26]. Более позднее вступление в фазу цветения растений в условиях опыта, по сравнению с естественными условиями произрастания можно связать с недостатком освещения в зимний период, когда растения содержатся в помещении несмотря на искусственное досвечивание. Искусственное досвечивание обеспечивало освещенность в период зимнего содержания до 8 тыс. лк., продолжительностью 13 ч.

Растения *T. stans* выращивались в пристановочной культуре. В пристановочной культуре при контейнерном выращивании растения зимой содержатся в теплом помещении, а при отсутствии опасности повреждения низкими температурами и позволяющими им вегетировать выносятся на открытый грунт. В условиях Среднего Предуралья имеется опыт культивирования декоративных растений *Cestrum nocturnum* L. [13] и *Bletilla striata* (Thunb.) Rchb. f. [11] с целью получения ежегодного устойчивого цветения.

Отмечается, что в условиях оранжерейного содержания в Англии цветение *T. stans* происходит не регулярно [28], а в оранжерее Сибирского ботанического сада за период выращивания растения цветение не отмечалось [19].

Точное знание влияния погодных и сезонных изменений на фенологию, сроки и продолжительность различных стадий роста и развития, проявляющихся в жизненном цикле растения в зависимости от региона, имеет важное значение для принятия ряда решений по культивированию растений. Этапы развития связанные с цветением и плодоношением имеют

особое значение, поскольку передают «сезонный сдвиг», а также «сдвиг» в сроках, продолжительности и интенсивности вегетативных и репродуктивных стадий роста из-за изменений микроклимата. До настоящего времени фенологические характеристики *T. stans* в условиях умеренно-континентального климата крайне мало изучены, сведения практически отсутствуют. Наблюдения за прохождением фазы цветения и плодоношения в пристановочной культуре в условиях Среднего Предуралья проводятся впервые. Имеются данные фенологических исследований *T. stans* в субтропических климатических условиях северо-западной Индии [29], которые указывают, что в данном климате цветение в основном приходится в период с мая по ноябрь, и незначительно в остальное время года. В условиях Среднего Предуралья цветение главным образом происходило в ноябре–декабре (табл. 1).

Таблица 1

Фенофазы цветения *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth в условиях Среднего Предуралья

Год	Дата		Продолжительность цветения, сутки
	начала роста соцветий	начала цветения	
2021	15 сентября	16 октября	27
2022	25 сентября	05 ноября	31
2023	20 июля	03 августа	25
	20 сентября*	07 ноября*	43*
2024	17 октября	02 декабря	33

Примечание – * – повторное цветение

Цветение растений в пристановочной культуре происходило в условиях помещения в период зимнего содержания. Заносились растения в помещение уже с заложенными цветочными почками, а иногда уже в фазе начала их роста.

Было выявлено, что в 2023 г. растения цвели в два срока: первый период цветения пришелся на август и второй период – с ноября 2023 г. по январь 2024 г. За период выращивания и наблюдений в условиях интродукционного изучения в Среднем Предуралье растения впервые цвели в две волны, причем первая волна пришлась на летний месяц, когда дифференциация цветочных почек происходила в условиях длинного дня – 16–17 часов. В литературных источниках приводятся неоднозначные сведения о факторах, инициирующих дифференциацию цветочных почек [28, 29], это могут быть как температурные условия, так и условия увлажнения или освещенности.

Кустарник является прекрасным источником пыльцы и нектара, привлекающих разнообразных насекомых-опылителей и несколько видов птиц [22, 30, 34]. Во время цветения в условиях зимнего содержания из-за отсутствия насекомых опылителей у растений *T. stans* завязывание плодов не отмечалось. Во время цветения в открытом грунте в августе 2023 г. благодаря опылению цветков насекомыми завязались плоды, в среднем 7 шт. на растении.

Плод у *T. stans* – узкая вытянутая коробочка-стручок, сужающаяся на концах, длиной 7–21 см, шириной 5–8 мм. Поверхность створок гладкая, изредка слегка чешуйчатая. В коробочке в среднем формируется около 42 семян, максимум до 77. Семена 2–4 мм длиной и до 2,7 см в ширину с прозрачно-пленчатыми крылышками четко отличимыми от самого семени [28, 29].

Плоды были собраны после побурения 10 января 2024 г. и оставлены для дозревания и полного высыхания на 20 суток. Створки плодов были раскрыты вручную после того, как у 30 % створки в середине начали сами раскрываться. Морфометрические данные плодов и семян, сформированных после первой волны цветения в 2023 г. приведены в таблице 2, внешний вид представлен на рисунке 1.

Наши данные показывают, что в условиях интродукции в пристановочной культуре в Среднем Предуралье плоды имели длину, сравнимую с данными, полученными в тропическом поясе. При этом следует отметить, что общий вес семян с одного плода, в условиях наблюдения был меньше, чем в тропическом поясе и составлял в среднем 30,0 мг против 90,0 мг [29]. В опыте длина семян составляла 0,7 см, а ширина – 0,5 см.

Таблица 2

Морфометрические данные плодов и семян *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth в условиях Среднего Предуралья

Показатель	Длина плода, см	Количество семян в плоде, шт.			Вес выполненных семян, мг	M ₁₀₀₀ семян, г
		всего	выполненных	невыполненных		
Среднее значение	13,8	45,9	37,3	8,6	30,0	0,85
Стандартное отклонение, sd	3,8	21,5	19,1	17,5	15,0	0,27

Одним из важных аспектов успешности интродукции растений является возможность генеративного развития и семенного размножения в регионе культивирования. Поэтому полученные семена подвергли анализу их жизнеспособности и посевных качеств. Доля выполненных семян в плодах составила 81,3 %. При этом необходимо отметить, что в средних и крупных плодах доля выполненных семян достигала 84,3–100 %. Только в самых мелких плодах длиной до 9,0 см отмечена самая низкая доля выполненных семян – 30,1 %.

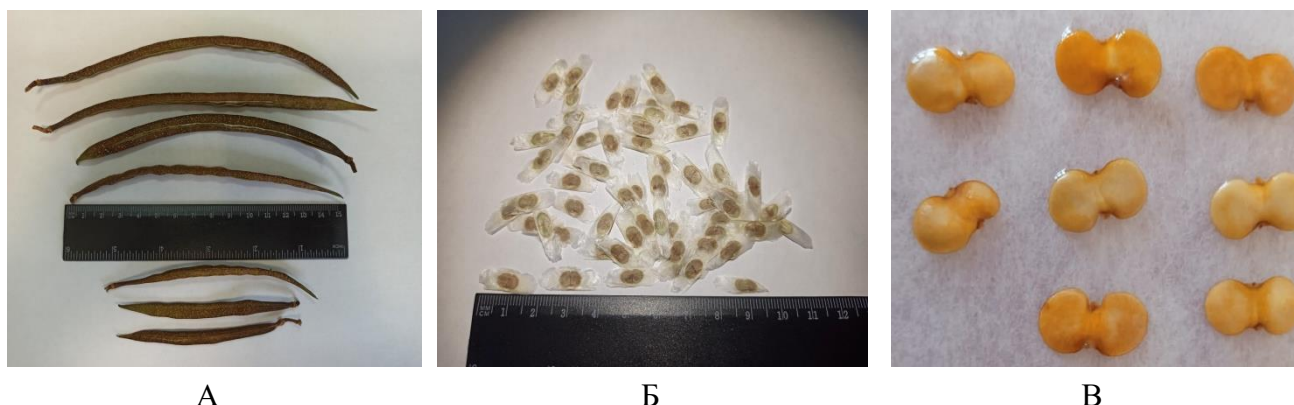


Рис. 1. Плоды и семена *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, полученные при интродукции в Среднем Предуралье: плоды (А), семена с крылатками (Б), очищенные (В)

Определение жизнеспособности семян окрашиванием в 0,5 %-ном водном растворе тетразола показало, что жизнеспособных зародышей было более 80 %. Выявлено, что выполненные семена имели симметричную форму, имели равномерное окрашивание и в 90 % случаях содержали живой зародыш, в то время как несимметрично развитые и мелкие семена имели живой зародыш только в 30 % случаев (рис. 2, 3).

Проращивание семян в чашках Петри на фильтровальной бумаге показало, что лабораторная всхожесть составила в среднем 55,6 %, а грунтовая всхожесть составляла 31,8 %. Наши результаты по всхожести семян значительно ниже, чем данные других исследователей, полученные в тропических регионах. По литературным данным в среднем всхожесть семян составляет 90,0 %, при этом отмечается, что семена *T. stans* способны прорасти в условиях сезонно сухих лесов Чако на северо-западе Аргентины, независимо от массы и происхождения семян, в широком диапазоне температур и достаточно устойчивы к водному стрессу [21]. Исследования, проведенные в Бразилии показали, что в полевых условиях существенно выше всхожесть семян была при весеннем сроке посева – 89 %, по

сравнению с осенним сроком, на органоминеральном субстрате с высоким содержанием элементов минерального питания [23].

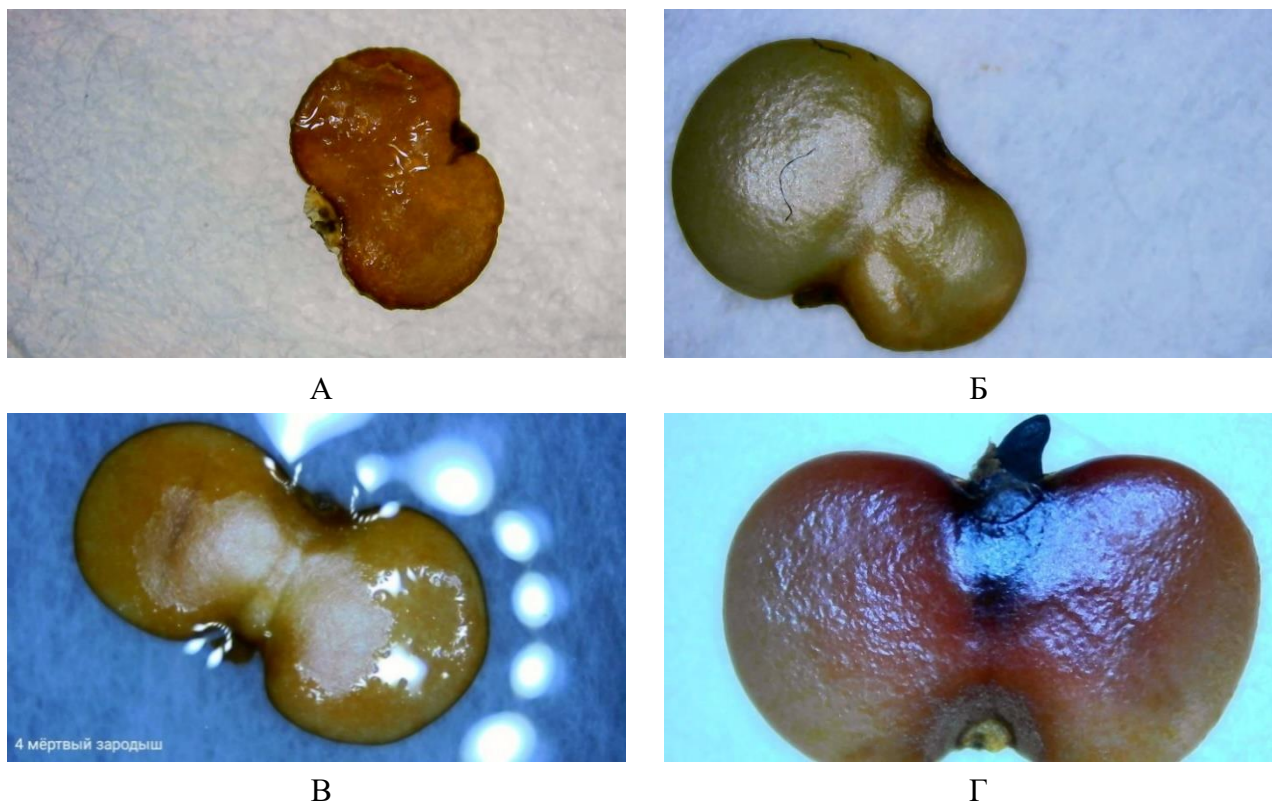


Рис. 2. Семена *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth после обработки тетразолом:

А – невыполненное, Б – с мертвым зародышем и нарушением развития, В – выполненное с мертвым зародышем, Г – выполненное с живым зародышем



Рис. 3. Семена *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth после обработки тетразолом с живыми зародышами с семенной кожурой (слева) и без семенной кожуры (справа)

Выводы

В пристановочной культуре при интродукции в умеренно-континентальном климате (Среднее Предуралье) *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth может иметь две волны цветения в период с августа по январь. В летне-осенний период может использоваться для ландшафтных композиций в открытом грунте, а в осенне-зимний период – в фитодизайне помещений.

В период первой волны цветения в открытом грунте умеренно-континентального климата завязывает плоды и жизнеспособные семена с удовлетворительными посевными качествами, которые можно использовать для размножения культуры.

Исследование выполнено в рамках инициативной научно-исследовательской темы «Устойчивые и эстетически полноценные экосистемы и фитобиоразнообразие населенных пунктов» кафедры экологии и биоресурсов Российского государственного университета народного хозяйства имени В. И. Вернадского.

Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы УАССР / под ред. Е. Т. Россовской. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 115 с.
2. Базилевская Н. А., Мауринь А. М. Интродукция растений. Теории и практические приемы: Учебное пособие. Рига: ДГУ им. П. Стучки, 1984. 91 с.
3. Вавилов Н. И. Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987. 440 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 251 с.
5. Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Ленинград: Колос, 1971. 751 с.
6. Карпун Ю. Н. Основы интродукции растений // Hortus Botanicus. 2004. Т. 2. С. 17–32. EDN: SJQUNX.
7. Кузьмина Н. М., Федоров А. В. Особенности использования сортов рода *Canna* L. в ландшафтном строительстве городов Удмуртии // Цветоводство: теоретические и практические аспекты: Тезисы Второй Международ. науч. конф. (Ялта, 09–13 ноября 2020 г.). Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2020. С. 45. EDN: UCTVMD.
8. Кузьмина Н. М., Федоров А. В. Биоэкологические особенности *Juglans regia* (Juglandaceae) при интродукции в условиях Среднего Предуралья // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58, № 4. С. 366–375. DOI: 10.31857/S0033994622040070. EDN: CRIUSK.
9. Малышева Р. М., Береснева В. М., Кужнер В. И. Тропические и субтропические растения в оранжереях Сибирского ботанического сада. Томск: Изд-во ТГУ, 1979. 180 с.
10. Мусихин С. А., Федоров А. В. *Momordica charantia* L. и *Trichosanthes cucurbitaria* L., как потенциал выращивания нетрадиционных культур в Удмуртской Республике // Труды по интродукции и акклиматизации растений / Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. Т. Вып. 1. Ижевск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 2021. С. 168–171. EDN: DLIKCS.
11. Николаев Н. В., Федоров А. В. Опыт культивирования редких видов орхидных в Удмуртской Республике // Охрана и культивирование орхидей: Материалы XII Международ. науч. конф. (Москва, 07–10 июня 2022 г.). М.: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2022. С. 170–176. EDN: BITOWR.
12. Труды по интродукции и акклиматизации растений / Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. Т. Вып. 1. Ижевск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 2021. 648 с. ISBN 97856044733912. EDN: AACCMN.
13. Федоров А. В., Леконцева Т. Г. Интродукция ночного жасмина (*Cestrum nocturnum* L.) в условиях Среднего Предуралья // Цветоводство: традиции и современность: Материалы VI Международ. науч. конф. (Волгоград, 15–18 мая 2013 г.). Волгоград: Издательский дом «Белгород», 2013. С. 130–133. EDN: WGCQXZ.
14. Федоров А. В. Биологические особенности некоторых тыквенных культур в условиях Среднего Предуралья // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. 2016. № 8. С. 167–170. EDN: CWYRBI.
15. Федоров А. В. Научно-организационная деятельность в Южном опорном пункте в период создания Удмуртского ботанического сада // Сплав садового искусства, заповедного дела и экотуризма: материалы регион. научно-практ. конф. (Ижевск, 25 декабря 2020 г.). Ижевск: Шелест, 2020. С. 29–32. EDN: AKCCVN.

16. Федоров А. В. Отдел интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦУрО РАН: итоги тридцатилетней интродукционной деятельности на удмуртской земле // Труды по интродукции и акклиматизации растений / Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. Т. Вып. 1. Ижевск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 2021. С. 242–249. EDN: MDPWNW.

17. Федоров А. В., Ардашева О. А., Зорин Д. А., Кузьмина Н. М., Леконцева Т. Г. Климатические и биологические особенности интродукции теплолюбивых культур в условиях Среднего Предуралья // Современные проблемы интродукции и сохранения биоразнообразия растений: материалы Всеросс. науч. конф. с международ. участием, посвященной 85-летию Ботанического сада имени профессора Б. М. Козо-Полянского и 80-летию Е. А. Николаева (Воронеж, 20 июля 2022 г.). Воронеж: Цифровая полиграфия, 2022. С. 108–117. DOI: 10.17308/978-5-907283-86-2-2022-111-121. EDN: MLCHDV.

18. Федоров А. В., Ардашева О. А., Черемных Е. Н. Биоэкологические особенности представителей рода *Rosa* L. при интродукции в условиях среднего Предуралья // Современные направления и технологии в садоводстве, питомниководстве и овощеводстве : Материалы Всеросс. научно-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения М. Г. Концего (Ижевск, 18 октября 2022 г.). Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2022. С. 99–103. EDN: LRAQWZ.

19. Федоров А. В., Кузьмина Н. М. Особенности роста, развития и декоративность представителей рода *Hydrangea* в условиях города // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: Сборник научных статей. Санкт-Петербург: Первый ИПХ, 2021. С. 172–176. DOI: 10.24412/cl-36598-2021-1-172-176. EDN: WHDCON.

20. Федоров А. В., Швецов А. М., Несмелова Л. А. Особенности интродукции некоторых видов рода *Raphanys* L. в Среднем Предуралье. Ижевск: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Шелест»», 2018. 149 с. EDN: YWNXAL.

21. Bertuzzi T., Pastrana-Ignes V., Curti R.N., Batlla D., Baskin C. C., Sühring S., Galíndez G. Variation in thermal and hydrotime requirements for seed germination of Chaco seasonally dry forest species in relation to population environmental conditions and seed mass // Austral Ecology. 2022. Vol. 47, No. 6. P. 1232–1247. DOI: 10.1111/aec.13209. EDN: XNCXGQ.

22. Dos Santos J. M. A. Are native nectar robbers against the alien? Effects of floral larceny on the reproductive success of the invasive yellow bells (*Tecomastans*, Bignoniaceae) // Acta Oecologica. 2020. Vol. 105. P. 103547. DOI: 10.1016/j.actao.2020.103547. EDN: KBSNHX.

23. Ferraz M. V., de Souza A. M. B., Costa C. R. X., Muniz A. C. C., de Andrade Loureiro E. A. S., Pivetta K. F. L. Sowing time and substrate in the production of ipê-mirim seedlings // Ornamental Horticulture. 2022. Vol. 28, No. 4. P. 459–467. DOI: 10.1590/2447-536x.v28i4.2473. EDN: UPYTCU.

24. Jassim A. M. N. Effects of Adding NPK fertilizer and Spraying Glutamic Acid on the Growth of *Tecomastans* // Tikrit journal for agricultural sciences. 2023. Vol. 22, No. 4. P. 54–61. DOI: 10.25130/tjas.22.4.8. EDN: TLJSUM.

25. Khattab A., Awad N. E., Abdel Fadeel D., Fadel M. Reviewing the reported pharmacognostic and pharmacological investigations on *Tecoma stans* Juss. ex Kunth // Journal of Herb Med Pharmacology. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 25–40. DOI: 10.34172/jhp.2023.03. EDN: EPSFGK.

26. Komal Tomar. Ecological Significance, Lifecycle, and Applications of *Tecoma stans*: An In-depth Analysis // International Journal For Multidisciplinary Research. 2024. Vol. 6, No. 2. DOI: 10.36948/ijfmr.2024.v06i02.15639. EDN: QDENEG.

27. Madire L. G. Biology and host range of *Madapolluta*, a potential biological control agent of *Tecoma stans* in South Africa // Biocontrol Science & Technology. 2013. Vol. 23, No 8. P. 944–955.

28. Pelton J. A survey of the ecology of *Tecoma stans* // Butler University Botanical Studies. Indianapolis, 1964. June (Vol. 14, No. 2). P. 53–88.
29. Rana N., Singh S., Dhakad A. K., Dhatt Kk. Coding phenological growth stages of yellow bells (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) based on BBCH scale and its implications for urban greening // Current Plant Biology. 2023. Vol. 34. P. 100284. DOI: 10.1016/j.cpb.2023.100284. EDN: QSPIJV.
30. Singh S., Miller Ch. T., Singh P., Sharma R., Rana N., Dhakad A. K., Dubey R. K. A comprehensive review on ecology, life cycle and use of *Tecoma stans* (Bignoneaceae) // Botanical Studies. 2024. Vol. 65, No. 1. P. 6. DOI: 10.1186/s40529-024-00412-4. EDN: DPXGMT.
31. Talla C., Dongmo Ya. K. M., Bijou-Lafortune N. K., Boyom F. F., Ngoupayo J., Mpondo E. M. Unravelling the Antioxidant and Antimicrobial Effect of *Tecoma stans* extracts // Scholars Academic Journal of Pharmacy. 2024. Vol. 13, No. 09. P. 317–325. DOI: 10.36347/sajp.2024.v13i07.004. EDN: KZLKFF.
32. Wafaa Kamal Taia, Rim Samir Hamdy, Amany Mohamed Abd El-Maged. Morphological diversity of pollen grains within the flowering stages of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth // GSC Advanced Research and Reviews. 2023. Vol. 16, No. 1. P. 280–287. DOI: 10.30574/gscarr.2023.16.1.0320. EDN: NGVKYE.
33. Wichayapreechar P., Prasansuklab A., Charoongchit P., Charoenjittichai R. The Potential of *Tecoma stans* (Linn.) Flower Extract as a Natural Antioxidant and Anti-Aging Agent for Skin Care Products // Cosmetics. 2024. Vol. 11, No. 6. P. 214. DOI: 10.3390/cosmetics11060214. EDN: KIPURD.
34. Zafar A., Zafar M., Ahmad M., Sultana S., Majeed S., Attique R., Nabila, Khan A. M., Fatima A., Mahmood T., Kilic O., Habib D. Microscopic (LM and SEM) visualization of pollen ultrastructure among honeybee flora from lower Margalla Hills and allied areas // Microscopy Research and Technique. 2022. DOI: 10.1002/jemt.24187. EDN: DYNOZU.

Поступила в редакцию 27.02.2025 г.

Fedorov A. V., Sokolkina A. I. Biological characteristics of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth introduced in the conditions of the Middle Urals. – The paper presents research data on the introduction of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth in adjoining culture in a temperate continental climate (Middle Urals). It was revealed that the plant can have two flowering waves – the period from August to September and from November to January. During the first flowering wave in the open ground of a temperate continental climate, it sets fruits and forms viable seeds with satisfactory sowing qualities that can be used for propagation of the crop.

Keywords: *Tecoma stans*, introduction, Middle Urals, differentiation of flower buds, flowering, seed viability and germination.

Федоров Александр Владимирович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры экологии и биоресурсов
ФГБОУ ВО МСХ РФ «Российский государственный
университет народного хозяйства имени
В. И. Вернадского», г. Балашиха, МО, РФ.
E-mail: udmgarden@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2759-2037
AuthorID: 2190697

Fedorov Aleksandr Vladimirovich

Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Professor of the Department of Ecology and
Bioresources of the RSUNE of the Ministry of
Agriculture of Russia,
Balashikha, Russian Federation.

Соколкина Анастасия Ивановна

ассистент кафедры ландшафтной архитектуры
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева»,
г. Москва, РФ.
E-mail: sokolkina@rgau-msha.ru
ORCID: 0000-0002-2803-6270
AuthorID: 1130310

Sokolkina Anastasiya Ivanovna

Assistant Professor, Department of Landscape
Architecture of the Russian State Agrarian
University – Moscow Timiryazev Agricultural
Academy,
Moscow, Russian Federation.

© О. В. Фрунзе, О. С. Горецкий

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДЕКОРАТИВНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ИОНАМИ КОБАЛЬТА И КАДМИЯ

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
283050, Россия, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Фрунзе О. В., Горецкий О. С. Сорбционная способность некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами кобальта и кадмия. – Исследована сорбционная способность ионов кобальта и кадмия в почве и органах некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы этими ионами с целью выявления видов-гипераккумуляторов тяжелых металлов, которые можно использовать для озеленения и фиторемедиации почв техногенного региона. Наибольшая сорбционная способность отмечена у проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Blue Lagoon* и *Phacelia tanacetifolia* L., а наименьшая – у проростков *Calendula officinalis* L. Установлено, что содержание ионов кобальта и кадмия в корневой системе значительно превышает их концентрацию в побегах.

Ключевые слова: кобальт, кадмий, декоративные травянистые растения, коэффициент транслокации.

Введение

Загрязнение природной среды тяжелыми металлами представляет серьезную глобальную экологическую проблему. Опасности, связанные с загрязнением тяжелыми металлами, обусловлены их токсичностью, способностью накапливаться в пищевых цепях [1]. Тяжелые металлы с физиологической точки зрения можно разделить на две условные группы. Первая включает металлы, необходимые клеткам живых организмов в качестве микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Ni и др.). Эти металлы выполняют важные биологические функции, часто входят в состав металлопротеинов. Тем не менее, содержание этих элементов в окружающей среде иногда достигает токсических уровней, что представляет угрозу для флоры и фауны. У второй группы, включающей As, Cd, Pb и Hg, пока не выявлены положительные физиологические функции для живых организмов, ионы данных тяжелых металлов наносят ущерб экосистемам даже в низких концентрациях, что требует регулярного мониторинга в различных регионах для оценки безопасности воды, воздуха и сельскохозяйственной продукции [2].

Тяжелые металлы, поступающие в экосистемы из природных и антропогенных источников, представляют собой потенциальную угрозу для здоровья человека и живых организмов. В организмах металлы могут накапливаться в результате как естественных, так и антропогенных процессов, что может привести к серьезным последствиям для здоровья и окружающей среды. Это указывает на необходимость организации систематических мониторинговых исследований в различных регионах России. Такие исследования помогут определить уровень безопасности почв техногенных регионов, качества атмосферного воздуха, а также продуктов сельского хозяйства. Кроме того, важно изучить декоративные травянистые растения, которые используют в озеленении городской среды, на предмет их способности накапливать ионы тяжелых металлов. Обеспечение экологической безопасности городской среды должно стать приоритетом для защиты здоровья человека и сохранения биологическое разнообразия [3].

Элементный состав растительных организмов формируется под влиянием множества факторов, среди которых основное значение имеют биохимические характеристики и качество почвы. Однако видовые различия в метаболизме растений приводят к тому, что они

по-разному могут контролировать поступление ионов тяжелых металлов из окружающей среды в вегетативные органы. Отличие в величинах коэффициента биологического накопления (КБН) ионов тяжелых металлов позволяет выделить виды растений с высокой и низкой способностью транслокации токсичных элементов из почвы в вегетативные органы. Растения, обладающие способностью к фитоэкстракции (включая фитоаккумуляцию и фитоабсорбцию), могут интенсивно поглощать ионы тяжелых металлов из почвы и накапливать их в вегетативных органах. Эти виды растений рекомендуются для восстановления загрязненных почв с помощью фиторемедиации [4, 5].

Поэтому целью нашего исследования было изучить сорбционную способность ионов кобальта и кадмия в почве и органах некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы этими ионами.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследований при проведении эксперимента были использованы декоративные травянистые растения: Агератум Гаустона (*Ageratum houstonianum* cv. *Blue Lagoon*), Фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), Календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.), которые часто применяют для озеленения в Донецком регионе

Исследования сорбционной способности проростков проводились по схеме полного двухфакторного пятиуровневого эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

Схема эксперимента влияния загрязнения почвы ионами кобальта и кадмия на некоторые виды декоративных травянистых растений

Вариант загрязнения	Загрязнители	
	CoSO ₄ , мг/кг (в перерасчете на Co ²⁺)	CdSO ₄ , мг/кг (в перерасчете на Cd ²⁺)
1	0 (контроль)	0 (контроль)
2	5	0
3	10	0
4	0	0,5
5	0	1
6	5	0,5
7	10	1

В качестве загрязнителей использовались сульфат кобальта и сульфат кадмия по стехиометрическому отношению. Концентрации для кобальта и кадмия составляли 0,1 ПДК и 2 ПДК с учетом фона (кларка).

Семена растений проращивались согласно их биологическим особенностям. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, при продолжительности светового дня 14 ч, температуре 20–22 °С и ~70 % влажности. В каждый сосуд вносилось по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм, в который предварительно вносились сульфат кобальта и сульфат кадмия согласно схеме эксперимента.

Содержание кобальта и кадмия в растительном материале определяли по методу атомно-абсорбционной спектроскопии по В. Прайсу на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн-3». Метод основан на кислотном вскрытии растительного сырья, распылении полученных растворов в пламя ацетилен-воздух или при введении в графитовую печь спектрофотометра полученного раствора с последующей электротермической

атомизацией. Коэффициент транслокации (КТЛ) [почва/корень] рассчитывали по формуле [7]:

$$\text{КТЛ}_{[\text{почва/корень}]} = \frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{к}}$ – концентрация металла в корнях, мг/кг сухой массы;

$C_{\text{п}}$ – концентрация металла в почве, мг/кг.

Коэффициент транслокации [корень/стебель] рассчитывали по формуле:

$$\text{КТЛ}_{[\text{корень/стебель}]} = \frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{к}}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{п}}$ – концентрация металла в побегах, мг/кг сухой массы;

$C_{\text{к}}$ – концентрация металла в корнях, мг/кг сухой массы.

Полученные данные обрабатывали статистически с помощью специально разработанных программ.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что способность растений накапливать в своих органах тяжелые металлы зависит как от металла, так и от специфических особенностей вида растений. На способность корневой системы растений поглощать ионы тяжелых металлов оказывают влияние корневые экссудаты, органические кислоты, сидерофоры и протоны [7]. В основном тяжелые металлы поступают в корневую систему в форме ионов. Растения в некоторой степени могут регулировать поглощение и перемещение ионов тяжелых металлов, используя механизмы контроля активности транспортных белков, образования комплексов и их последующего связывания, а также выделение органических лигандов через корневые волоски [7]. Так, у проростков *A. houstonianum* при отдельном внесении в почву ионов кобальта в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК наблюдалось достоверное увеличение концентрации данного металла в стеблях – на 19–23%, а в корневой системе – практически в два раза, по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве (рис. 1).

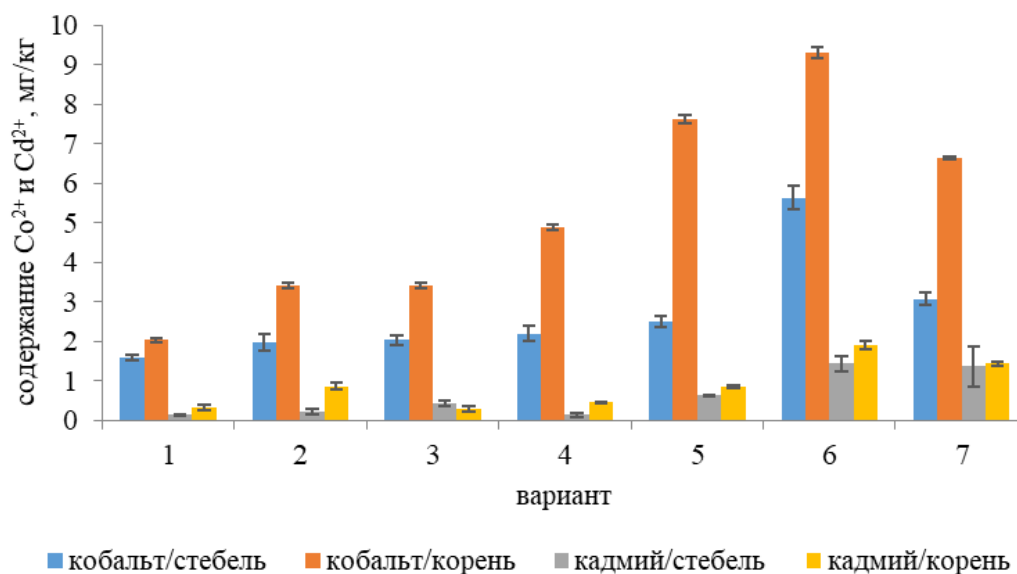


Рис. 1. Содержание ионов Co^{2+} и Cd^{2+} в вегетативных органах *Ageratum houstonianum* cv. Blue Lagoon

При совместном внесении в почву исследуемых загрязнителей содержание ионов кобальта в корневой системе проростков увеличилось в 4–5 раз (вариант 6, 7), а в надземной части растений – в 2–3 раза.

Известно, что ионы кобальта при низких концентрациях оказывают положительное влияние на рост высших растений, способствуют улучшению стабильности хлорофилла и активируют ферментативные процессы. Это, в свою очередь, способствует активации окислительного фосфорилирования, фотосинтеза, а также синтезу кобаламина [6, 7].

Поглощение ионов Co^{2+} корнями осуществляется с помощью механизмов активного и пассивного транспорта, однако молекулярные аспекты активного транспорта до сих пор не исследованы. Скорость поглощения кобальта из почвенного раствора и его транслокация в органах и тканях растений зависят от их видовых особенностей [8]. Например, у проростков *A. houstonianum* отмечено значительное накопление кобальта как в надземных, так и в подземных частях. При этом концентрация кобальта в корнях превышает таковую в побегах в несколько раз. Согласно имеющимся литературным данным [9], содержание Co^{2+} в сухом остатке растений варьирует от 0,05 до 11,6 мг/кг, что соответствует нашим наблюдениям. У проростков *P. tanacetifolia* прослеживалась подобная тенденция (рис. 2).

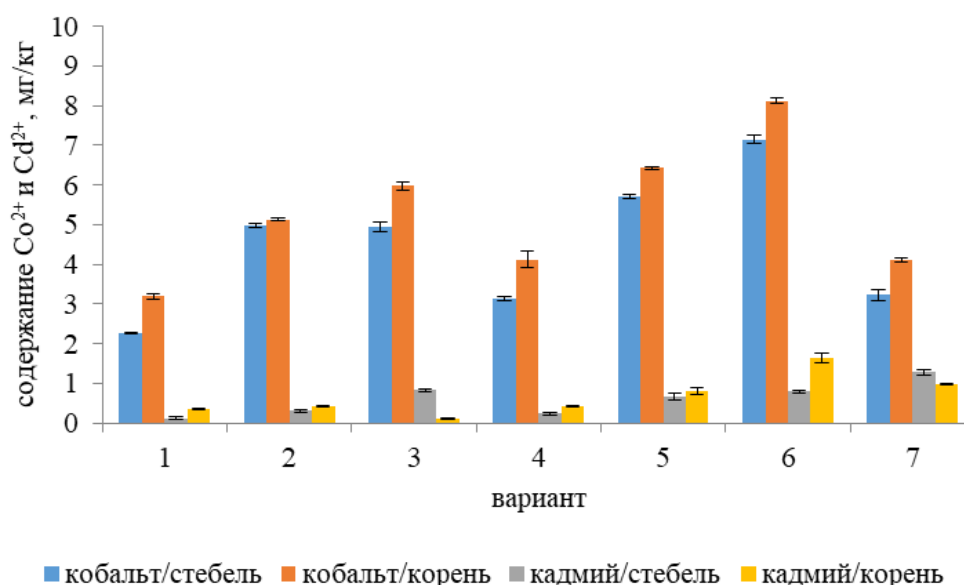


Рис. 2. Содержание ионов Co^{2+} и Cd^{2+} в вегетативных органах *Phacelia tanacetifolia* Benth.

При внесении в почву только ионов кобальта в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК (вариант 2, 3) концентрация данного металла в корневой системе увеличилась на 60–86 %, а в надземной части – практически в два раза по сравнению с контролем. При внесении в почву обоих токсикантов в концентрации 2 ПДК содержание ионов кобальта в корнях растений увеличилось в 2–3 раза, а в надземной части – в 3–4 раза.

Кобальт в малых концентрациях, как микроэлемент, играет важную роль в жизни растений, принимая участие в формировании металлоферментов. Высокие концентрации ионов кобальта приводят к окислительному стрессу, ингибированию ассимиляции и нарушению работы фотосинтетического аппарата растений, а также к дефициту ионов железа, возникающему на фоне избытка кобальта [9].

При загрязнении почвы ионами кобальта в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК было отмечено достоверное снижение содержания данного металла в корневой системе проростков *C. officinalis* на 7–27 %, а в стебле – на 19–32 % по сравнению с контролем. При внесении в почву обоих поллютантов в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК наблюдалась подобная тенденция, содержание ионов кобальта снижалось на 37 % по сравнению с контролем (рис. 3).

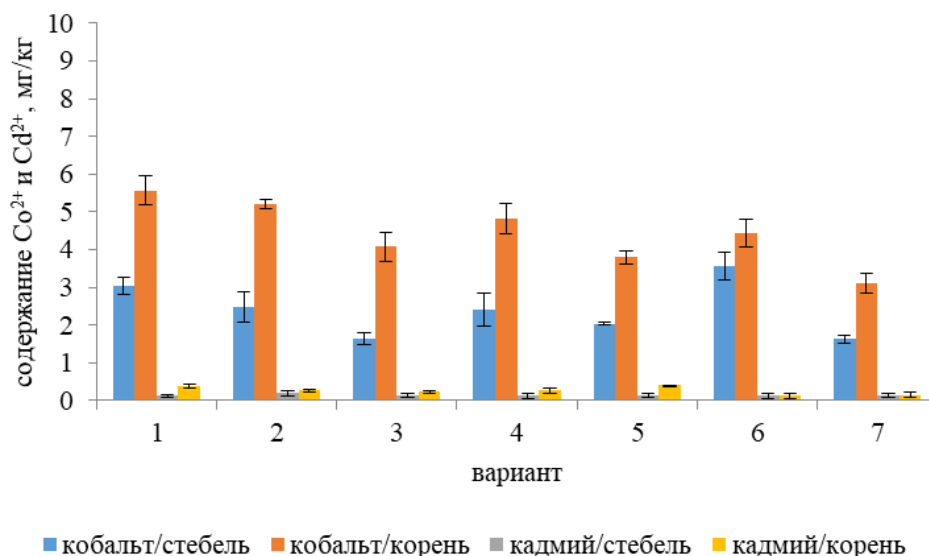


Рис. 3. Содержание ионов Co^{2+} и Cd^{2+} в вегетативных органах *Calendula officinalis* L.

Кадмий поступает в почвы техногенных регионов, в первую очередь, в результате деятельности промышленных предприятий и обладает высокой токсичностью, а также способностью активно перемещаться в пищевых цепочках, где он может накапливаться [10]. Проведенные исследования показали, что при внесении в почву только ионов кадмия в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК содержание данного металла в корнях проростков *A. houstonianum* увеличилось на 37–50 % (вариант 4, 5), а в надземной части – на 78 % (вариант 5). При внесении в почву обоих загрязнителей в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК (вариант 6, 7) концентрация ионов кобальта в корневой системе увеличилась практически в 2–3 раза по сравнению с контролем, причем содержание кадмия в корневой системе было больше, нежели в стебле (рис. 1). Возможно, высокое содержание кадмия в корневой системе связано с реализацией стратегий адаптации растений к избытку тяжелых металлов в почве, которые помогают растениям адаптироваться. К ним относятся хелатирование, размещение в вакуолях и других клеточных органеллах, а также выработка антиоксидантов. Хелатирующие компоненты растений помогут снизить токсичность металлов, уменьшая активность свободных ионов металлов в цитозоле, что, в свою очередь, снижает их реакционную способность и токсичность. Увеличение синтеза хелаторов (таких как органические кислоты, металлотионеины, фитохелатины, полифенолы, цистеин и глутатион) ведет к накоплению ионов тяжелых металлов в корнях, защищая тем самым генеративные и ассимилирующие органы от вредного воздействия свободных ионов тяжелых металлов [7].

Токсичность кадмия проявляется в ингибировании фотосинтетической активности и дыхания растений, нарушении процессов транспирации и фиксации углекислого газа, а также изменении проницаемости клеточных мембран [5]. Поскольку структура атома кадмия сходна со структурой атома цинка, он способен заменять его в активных центрах различных ферментов, что приводит к нарушению их функционирования [3]. В условиях загрязнения почвы только ионами кадмия в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК содержание данного металла в вегетативных органах проростков *P. tanacetifolia* увеличилось практически в 2–3 раза. При внесении в почву обоих поллютантов в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК (вариант 6, 7) концентрация кадмия в корнях увеличилась в 5–6 раз, а в надземной части – в 3–4 раза (рис. 2).

Абсолютно противоположная картина наблюдалась при изучении сорбционной способности проростков *C. officinalis*. При внесении в почву 1 ПДК и 2 ПДК ионов кадмия концентрация данного металла в корневой системе и в стеблях растений практически оставалась на уровне контрольных показателей (рис. 3). При внесении обоих металлов в почву в концентрации 1 ПДК и 2 ПДК, их концентрация в надземной части растений сохранилась на уровне контроля, а в корне снизилась на 37 % (вариант 6).

Результаты расчета коэффициентов транслокации ионов кобальта и кадмия в системе почва-корень-стебель приведены в табл. 2.

Таблица 2

Величины коэффициентов транслокации ионов кобальта и кадмия в почве и вегетативных органах проростков декоративных травянистых растений

КТЛ объектов исследования	Ион	
	Co ²⁺	Cd ²⁺
<i>Ageratum houstonianum</i> cv. <i>Blue Lagoon</i>		
почва/корень	0,24	0,39
корень/стебель	0,58	0,59
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.		
почва/корень	0,43	0,43
корень/стебель	0,89	0,69
<i>Calendula officinalis</i> L.		
почва/корень	1,0	0,93
корень/стебель	1,12	0,92

Результаты проведенных исследований позволили оценить степень накопления ионов кобальта и кадмия в корневой системе и надземных частях проростков изученных видов растений. Анализ полученных данных показал, что у проростков *A. houstonianum* и *P. tanacetifolia* концентрация металлов в корнях существенно выше, чем в побегах независимо от вида растения. Транслокационный фактор для данных растений существенно ниже единицы. Установлено, что по отношению к ионам кобальта и кадмия у проростков *C. officinalis* коэффициент транслокации приближен к 1, что свидетельствует о низкой концентрации ионов металлов в корневой системе и надземной части проростков. Очевидно, существует физиологический барьер, который ограничивает проникновение ионов металлов в вегетативные органы, природа которого до конца не исследована.

Выводы

Установлено, что при раздельном внесении в почву ионов кобальта и кадмия их концентрация в вегетативных органах *A. houstonianum* и *P. tanacetifolia* увеличивается практически в 2–3 раза, что свидетельствует о высокой сорбционной способности данных видов растений. Проростки *C. officinalis*, очевидно, формируют физиологический барьер, который препятствует поступлению ионов тяжелых металлов в ткани, особенно выраженный для вегетативных органов. У проростков *A. houstonianum* и *P. tanacetifolia* значение транслокационного коэффициента значительно меньше единицы. Это указывает на значительное превышение концентрации ионов кобальта и кадмия в корневой системе по сравнению с побегами.

Список литературы

1. Высоцкий С. П., Фрунзе О. В. Фитореабилитация близлежащих к автомобильным трассам территорий // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета: международный научно-технический журнал. 2019. № 2(29). С. 59–65.
2. Фрунзе О. В. Фиторемедиация почв, загрязненных ионами тяжелых металлов, с помощью древесных и кустарниковых растений // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26. № 6. С. 92–98.
3. Cui X., Xiaoqiang C., Siyu F., Yiqiang Y., Tingqiang L., Qijun N., Xiaoe Y., Zhenli H. Potential mechanisms of cadmium removal from aqueous solution by *Canna indica* derived biochar // Science of the Total Environment. 2016. Vol. 562. P. 517–525.

4. Grigoletto T. L. B. Lead in drinking water from Ribeirão Preto (SP): chemical, physical factors and possible correlations with the contamination of children // Dissertation (Master in Chemistry). University of São Paulo Paulo, São Paulo. 2011. 83 p.
5. Hu R., Zhang Z., Lin L., Liao M., Tang Y., Liang D., Xia H., Wang J., Wang X., Lv X., Ren W. Intercropping with hyperaccumulator plants decreases the cadmium accumulation in grape seedlings // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science. 2019. Vol. 69. No 4. P. 304–310.
6. Junior A. M. D. Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Ouro Preto, Brasil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species // Ecological Indicators. 2012. Vol. 8. No 5. P. 454–461.
7. Kramer U. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils // Current Opinion in Biotechnology. 2008. Vol. 16. No 2. P. 133–141.
8. Pilon-Smits E., Pilon M. Phytoremediation of metals using transgenic plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2014. Vol. 21. No 5. P. 439–456.
9. Sharma V., Naugraiya M. N., Tomar G. S. Toxic effects of cobalt, chromium, lead and nickel chloride on growth performance of siris (*Albizia* spp.) // IJCS. 2018. Vol. 6. No 2. P. 2407–2410.
10. Singh U. K. Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in Aajay River basin, India // Chemosphere. 2017. Vol. 174. P. 183–199.

Поступила в редакцию 27.01.2025 г.

Frunze O. V., Goretsky O. S. Sorption capacity of some types of ornamental herbaceous plants under conditions of controlled soil contamination with cobalt and cadmium ions. – The sorption capacity of cobalt and cadmium ions in the soil and organs of some species of ornamental herbaceous plants under conditions of controlled soil contamination with these ions in order to identify heavy metal hyperaccumulator species that can be used for landscaping and phytoremediation of soils in a technogenic region has been studied. The highest sorption capacity in seedlings of *Ageratum houstonianum* cv. *Blue Lagoon* and *Phacelia tanacetifolia* L. and the lowest in seedlings of *Calendula officinalis* L. was observed. It was found that the content of cobalt and cadmium ions in the root system significantly exceeds their concentration in the shoots.

Key words: cobalt, cadmium, ornamental herbaceous plants, translocation coefficient.

Фрунзе Оксана Валентиновна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры физиологии растений
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: hromyh82@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1082-7012
AuthorID: 1053340

Frunze Oksana Valentinovna

Candidate of Technical Sciences, Associate professor
Associate Professor of the Department of Plant
Physiology, Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

Горецкий Олег Степанович

доктор биологических наук, профессор,
декан биологического факультета
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: fcl.bio.dean@mail.ru
ORCID: 0009-0000-8259-0494
AuthorID: 1033968

Goretsky Oleg Stepanovich

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Dean of the Faculty of Biology, Donetsk State
University, Donetsk, DPR, Russian Federation.

© Е. В. Прокопенко, А. А. Джантимирова

ОДНОЦВЕТНАЯ ДУБОВАЯ МОЛЬ *TISCHERIA EKEBLADELLA* (BJERKANDER, 1795) (LEPIDOPTERA, TISHERIIDAE) В ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ Г. ДОНЕЦКА*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Прокопенко Е. В., Джантимирова А. А. Одноцветная дубовая моль *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, TisherIIDae) в древесных насаждениях г. Донецка. – *Tischeria ekebladella* была обнаружена на всех исследованных дубах (как одиночные деревья, так и посадки) в пределах Калининского, Ленинского и Кировского районов г. Донецка. На одиночных деревьях в центральном районе города – Ворошиловском (ЦПКиО им. Щербакова, ул. Артема) вредитель найден не был. Максимальные значения суммарной площади мин зарегистрированы в групповых посадках дубов (дендрарий Донецкого ботанического сада, пос. Широкий). Одиночные деревья были поражены минами в наименьшей степени, либо вредитель не был найден. Численность зимующих личинок моли в ноябре была крайне низкой – 2 экземпляра на 100 листьев.

Ключевые слова: одноцветная дубовая моль, *Tischeria ekebladella*, насекомые-минеры, дуб черешчатый.

Введение

Для Донбасса как густонаселенного промышленного региона со значительной концентрацией техногенных источников загрязнения, городские зеленые насаждения имеют важнейшее значение. Большая часть из почти 108 000 га древесных насаждений в населенных пунктах Донецкой области [5] в настоящее время находится на различных стадиях деградации. Основными причинами этого являются естественные процессы старения, недостаток ухода, некомпенсированные рубки, негативное влияние климатических и техногенных факторов, вредителей и болезней [6].

В городских древесных насаждениях сложился разнообразный комплекс вредителей, наносящих им существенный ущерб. Причем этот комплекс постоянно расширяется за счет проникновения новых видов, ранее в регионе не отмечавшихся. Применение в программах городского зеленого строительства интродуцированных видов деревьев и кустарников способствует проникновению в регион инвазивных видов вредителей, периодически демонстрирующих вспышки численности [6]. 186 видов насекомых-фитофагов предложено внести в список объектов государственного лесопатологического мониторинга ДНР [7].

Наиболее богатый видовой состав опасных вредителей в городских древесных насаждениях г. Донецка отмечен на дубе (13 видов), тополе (10 видов), липе (8 видов), ясене (7 видов), яблоне (5 видов), березе и ильме (по 4 вида) [6].

В составе рода *Quercus* L. известно более 600 видов, произрастающих преимущественно в зоне с умеренным климатом северного полушария. Виды рода предоставляют кормовые ресурсы значительному количеству насекомых-фитофагов: листогрызам, минерам, галлообразователям и др. Для европейской части бывшего СССР приводилось более 850 видов членистоногих-фитофагов *Quercus robur* L., причем больше 62 % составляли филлофаги [1].

Одноцветная дубовая моль *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) – широко распространенный вредитель дубов в европейской России [2, 4]. Вид образует характерные множественные верхнесторонние пятновидные мины, иногда занимающие всю поверхность листа. Паразитирование моли приводит к снижению жизнеспособности деревьев и значительному ухудшению их декоративности.

Для Донбасса вид был ранее приведен из Донецкого ботанического сада и питомников декоративных культур [4]. Вид предлагается включить в список объектов для осуществления государственного лесопатологического мониторинга [7]. Специальные исследования распространения, численности и вредоносности вида в регионе ранее не проводились.

Целью нашей работы было изучить распространение *T. ekebladella* в древесных насаждениях г. Донецка и степень поражения листвы дуба минами вредителя на протяжении полевого сезона.

Материал и методика

Материалом послужили сборы листьев *Q. robur*, проведенные с июня по ноябрь 2024 г. в древесных насаждениях на территории Ворошиловского, Калининского, Ленинского и Кировского районов г. Донецка (табл. 1). В нижней части кроны отбирались пораженные минами листья. Сроки отбора листьев в каждом пункте наблюдений приведены в табл. 2.

Таблица 1

Пункты сбора материала

Адрес	Координаты	Примечание
Дендрарий ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»	48° 0'21.02"C 37°53'5.09"B	Искусственное насаждение
ул. Циклонная	47°57'56.52"C 37°47'15.35"B	Одинокое дерево в одноэтажной застройке
ул. Турбинная	47°57'26.52"C 37°47'8.00"B	Одинокое дерево в одно- и многоэтажной застройке
ул. Шелгунова	47°57'1.39"C 37°46'53.90"B	Одинокое дерево в одноэтажной застройке
пос. Широкий	47°56'53.44"C 37°46'18.32"B	Искусственное насаждение в жилом массиве
ул. Дачная	47°56'49.53"C 37°47'4.66"B	Искусственное насаждение
Кладбище «Донецкое море»	47°56'35.21"C 37°47'15.88"B	Искусственное насаждение
ЦПКиО им. Щербакова	47°59'30.27"C 37°47'22.55"B	Одинокое дерево в парке
ул. Артема	48°0'58.3"C 37°48'17.4"B	Одинокое дерево в многоэтажной застройке

Таблица 2

Сроки сбора материала в каждом пункте наблюдений

Пункт сбора материала	Месяц сбора материала			
	VI	VII	VIII	XI
Дендрарий ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»	+	—	—	—
ул. Циклонная	+	—	—	—
ул. Турбинная	—	+	—	—
ул. Шелгунова	—	—	+	—
пос. Широкий	+	+	+	+
ул. Дачная	+	—	—	+
Кладбище «Донецкое море»	+	—	—	—
ЦПКиО им. Щербакова	+	—	—	+
ул. Артема	+	—	—	+

Определялась общая площадь листовой пластинки, площадь мин и относительная площадь поврежденной листовой поверхности (%). Эти параметры определяли по изображениям, полученным с помощью сканера средствами программы ImageJ в соответствии с методикой кафедры зоологии БГУ [3]. Статистический анализ выполняли в программном пакете PAST [12].

Для изучения гениталий имаго предварительно проводили вываривание брюшка в растворе KOH. Затем изготовлялся временный препарат в глицерине. Микрофотографии сделаны с помощью USB Digital camera Lens Mount, присоединенной к микроскопу Zeiss Primo Star.

Результаты и обсуждение

T. ekebladella широко распространена в Европе, в европейской части России (на восток до Урала), отмечена в Турции, Киргизии [7–9].

Кормовыми растениями *T. ekebladella* кроме видов рода *Quercus* (*Q. cerris* L., *Q. dalechampii* Ten., *Q. faginea* Lam., *Q. x hispanica* Lam., *Q. frainetto* Ten., *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt., *Q. macranthera*, *Q. macrocarpa* Michx., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Willd., *Q. robur*, *Q. robur* subsp. *pedunculiflora* (K. Koch) Menitsky, *Q. rubra* L., *Q. serrata* Murray), выступают каштаны (*Castanea mollissima* Blume, *C. sativa* Mill.) [10, 11].

Яйца откладываются на верхней стороне листа, гусеницы внедряются в листья, образуя мины в виде белых или желтоватых пятен (рис. 1). После завершения периода питания гусеница сплетает округлый плотный желтоватый кокон диаметром 5–6 мм. Полость кокона выстилается серебристыми нитями. Снизу листа кокон, как и вся мина, не просматривается. Зимовка гусениц проходит в минах в листовом опаде.

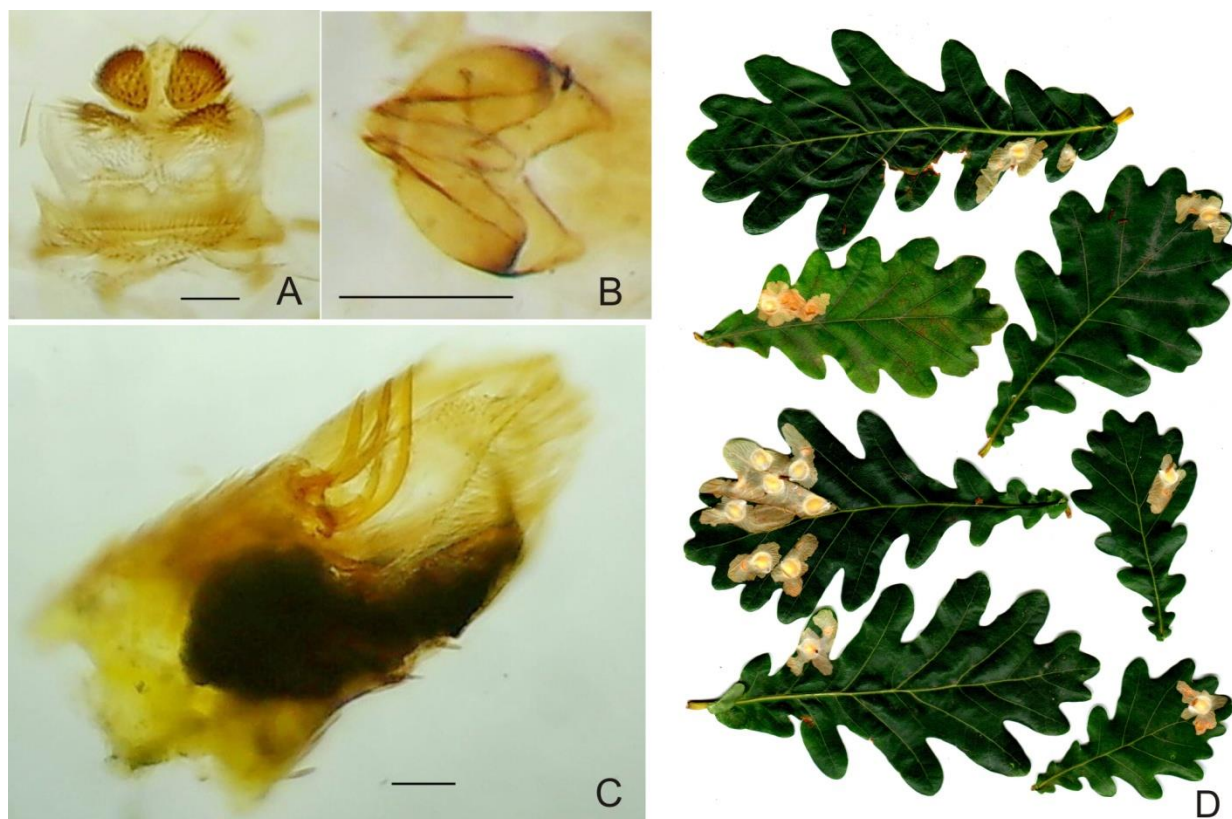


Рис. 1. *Tischeria ekebladella* в Донецке:

А – гениталии самки, В – голова личинки последнего возраста, С – гениталии самца (А, С – шкала 0,1 мм, В – 0,5 мм), D – мины на листьях дуба черешчатого

По литературным данным, в условиях Центрального Донбасса развивается два поколения моли. Выход бабочек первого поколения происходит в мае – начале июня, второго поколения – в конце июля [4].

Куколки моли отмечены нами в первой декаде июня и обнаруживались в минах весь месяц. В первой декаде июля мы находили только питающихся личинок младших возрастов. В третьей декаде ноября в минах в листовом опаде были обнаружены только личинки последнего возраста. Их численность была очень низкой – не превышала двух экземпляров на 100 изученных листьев (причем только 35,4 % листьев были поражены минами). Фенологические особенности *T. ekebladella* в регионе требуют дополнительного изучения.

Мины *T. ekebladella* были обнаружены на деревьях во всех пунктах сбора материала, кроме Ворошиловского района (ЦПКиО им. Щербакова, ул. Артема). В остальных пунктах с июня по ноябрь пораженность листьев дуба минами варьировала от 0,07 до 98,5 % площади листа. Медианное значение пораженности за сезон составило 5,8 %. Наибольшие значения пораженности были отмечены в дендрарии ботанического сада и в пос. Широкий (табл. 3). Одиночные деревья в одноэтажной застройке были поражены минами в наименьшей степени.

Таблица 3

Пораженность листьев дуба черешчатого *T. ekebladella* (%) в июне 2024 г.

Показатель	Кладбище	пос. Широкий	Дендрарий	ул. Циклонная	ул. Дачная
Медиана	4,2	15,0	22,2	2,7	2,3
25 процентиль	2,1	5,6	9,4	1,6	1,7
75 процентиль	7,2	24,5	49,1	6,3	8,7

Выводы

Таким образом, *T. ekebladella* была обнаружена на всех исследованных дубах (как одиночные деревья, так и посадки) в пределах Калининского, Ленинского и Кировского районов г. Донецка. На одиночных деревьях в центральном районе города – Ворошиловском (ЦПКиО им. Щербакова, ул. Артема) вредитель найден не был. Максимальные значения площади мин зарегистрированы в групповых посадках дубов (дендрарий ботанического сада, пос. Широкий). Одиночные деревья были поражены минами в наименьшей степени, либо вредитель не был найден. Численность зимующих личинок моли была крайне низкой – 2 экз. на 100 листьев.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Ермолаев И. В., Пономарев В. И., Васильев А. А., Кумаева М. С. Насекомые-фитофаги дуба черешчатого (*Quercus robur*) на северо-востоке его ареала // Зоологический журнал. 2021. Т. 100, №6. С. 640–651.
2. Ефремова З. А., Егоренкова Е. Н., Мищенко А. В. Наездники-эвлофиды (Hymenoptera, Eulophidae) – паразитоиды минирующих молей (Lepidoptera: Gracillariidae, Nepticulidae, Tischeriidae) на дубе летнем в Среднем Поволжье // Энтомологическое обозрение. 2012. ХСІ, 3. С. 591–599.
3. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений: учеб. материалы / О. В. Синчук, А. С. Рогинский, В. В. Даниленок, Д. А. Гончаров, А. Б. Трещева. Минск : БГУ, 2016. 30 с.
4. Коломоец Т. П. Вредители зеленых насаждений промышленного Донбасса. К.: Наук. думка, 1995. 215 с.
5. Ліси Донеччини: науково-інформаційний довідник / Луцьк: Ініціал, 2015. 400 с.

6. Мартынов В. В., Никулина Т. В., Губин А. И., Левченко И. С. Материалы к истории изучения вспышек численности дендрофильных членистоногих-фитофагов на территории г. Донецка // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы II Всеросс. конф. с междунаро. участием (Москва, 22–26 апреля 2019 г.). М.; Красноярск, 2019. С. 116–117.
7. Мартынов В. В., Никулина Т. В., Шебалков А. В., Губин А. И., Бондаренко-Борисова И. В. Основные объекты государственного лесопатологического мониторинга в Донецкой Народной Республике // Промышленная ботаника. 2021. Вып. 21, № 4. С. 96–111.
8. Мыркасимова А. С. Вредоносность дубовой одноцветной моли (*Tischeria ekebladella*) для дуба черешчатого (*Quercus robur*). Известия НАНKP. 2018. №1. С. 77–80.
9. Alipanah H., van Nieukerken E. J., Farahani S., Buszko J. Tischeriidae (Lepidoptera) leafminers new to Iran, including *Tischeria caucasica* on *Quercus*: a sibling species of *T. ekebladella* or a case of clinal variation? Nota Lepi. 2022. 45. 9–32. DOI 10.3897/nl.45.76043
10. Diškus A., Puplesis R. Nepticuloidea ir Tischerioidea pasaulio faunoje. Nepticuloidea and Tischerioidea – the world context. In: Puplesis R, Diškus A (Eds) Nepticuloidea ir Tischerioidea (Lepidoptera) pasaulio ir lietuvos faunoje. The Nepticuloidea & Tischerioidea (Lepidoptera) – a global review, with strategic regional revisions. Lutute publishers, Kaunas, 2003. P. 38–175.
11. Ellis W. N. Plant Parasites of Europe, leafminers, galls and fungi. 2019. v. 12. <https://bladminers.nl/> (accessed 14.12.2024).
12. PAST 4. Manual. Naturhistorisk museum. Universitetet i Oslo. Available at: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/downloads/past4manual.pdf> (accessed 10.12.2024).

Поступила в редакцию 23.01.2025 г.

Prokopenko E. V., Dzhantimirova A. A. The unicolored oak moth *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, Tischeriidae) in tree plantations of Donetsk. – The presence of *Tischeria ekebladella* was recorded on all studied oak trees (both solitary trees and group plantings) within the Kalininsky, Leninsky, and Kirovsky districts of Donetsk. However, the pest was not found on solitary trees in the central part of the city, specifically in the Voroshilovsky District. The largest affected leaf areas were observed in group plantings of oaks, particularly in the Botanical Garden Arboretum and the Shiroky settlement. In contrast, solitary trees were either minimally affected or showed no signs of infestation. The number of overwintering moth larvae was extremely low, with only two specimens per 100 leaves.

Key words: unicolored oak moth, *Tischeria ekebladella*, leaf miners, oak.

Прокопенко Елена Васильевна

кандидат биологических наук, доцент,
зав. кафедрой зоологии и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
ст. науч. сотрудник научно-исследовательской
лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем
Донбасса на базе ФГБОУ ВО «Донецкий
государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: helen_procop@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1859-3241
AuthorID: 636053

Prokopenko Elena Vasilyevna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Zoology and Ecology,
Donetsk State University;
Senior Researcher at the Research Laboratory for
Ecosystem Monitoring and Forecasting of Donbass,
based at Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

Джантимирова Александра Александровна

стажер-исследователь научно-исследовательской
лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем
Донбасса на базе ФГБОУ ВО «Донецкий
государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: a.djantimirova@mail.ru
ORCID: 0009-0003-1279-2498
AuthorID: 1270827

Dzhantimirova Alexandra Alexandrovna

Intern Researcher at the Research Laboratory for
Ecosystem Monitoring and Forecasting of Donbass,
based at Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

©О. В. Чемерис

**ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ
ПРЕПАРАТОМ ЦЕЛЛЮЛАЗ ГРИБА *IRPEX LACTEUS* (Fr.) Fr.**

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Чемерис О. В. Ферментативный гидролиз соломы пшеницы и ячменя препаратом целлюлаз гриба *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – В лабораторных условиях показана возможность осуществления ферментативного гидролиза пшеничной и ячменной соломы препаратом целлюлаз штамма *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434. Определены оптимальные условия ферментативного гидролиза как пшеничной, так и ячменной соломы. Показана эффективность применения ферментного препарата грибных целлюлаз в дозировке 10 мг/г субстрата.

Ключевые слова: ферментный препарат целлюлаз, пшеничная солома, ячменная солома, *Irpex lacteus*.

Введение

Биоконверсия предусматривает превращение отходов растениеводства в биотопливо [17], кормовые и пищевые продукты [4], полупродукты для химической и микробиологической промышленности [6, 11, 8]. В качестве потенциального сырья для производства моно- и полисахаридов и этанола можно рассматривать широкий круг лигноцеллюлоз, включая растительные отходы агропромышленного комплекса.

Перспективным методом переработки растительной биомассы является ферментативный гидролиз, проводимый при более мягких условиях, что позволяет получить достаточно высокий выход сбраживаемых сахаров [7]. Однако эффективность данного процесса ограничивается наличием в целлюлозосодержащем сырье таких биополимеров как лигнин, гемицеллюлоза, пектины. Для увеличения реакционной способности субстрата используют различные методы предварительной обработки – высокотемпературный и кислотный гидролиз [3, 13], озонирование [1], СВЧ-энергию [5]. Применение высоких температур и кислот может привести к накоплению побочных продуктов, ингибирующих реакции ферментативного гидролиза. Кроме того, применение высоких температур экономически невыгодно из-за высокого удельного расхода электроэнергии, а применение кислот сопряжено с затратами на их нейтрализацию. Поэтому использование комплексных ферментных препаратов для гидролиза целлюлозы является экологически безопасным и экономически обоснованным.

Солома злаковых культур – крупнотоннажный, доступный и перспективный вторичный лигноцеллюлозный ресурс сельскохозяйственного производства [14]. Одно из первых мест по объему переработки в гидролизной промышленности занимает пшеничная солома. При высокотемпературном гидролизе соломы с минеральными кислотами получают гидролизаты с высоким содержанием моно-, олиго- и полисахаридов [13]. Однако под воздействием кислот и температуры возможны необратимые процессы деструкции углеводов и инактивация некоторых биокатализаторов. Ферментативный гидролиз соломы позволяет в более мягких условиях по сравнению с химическим процессом получить высокий выход глюкозы [7]. Процесс ферментативного гидролиза растительной биомассы высокочувствителен к режимным параметрам – температуре, pH среды и концентрации фермента [12]. В связи с чем поиск низкзатратных и эффективных методов предварительной обработки растительного сырья является актуальной задачей биотехнологии.

Целью данной работы являлось исследование особенностей ферментативного гидролиза соломы пшеницы и ячменя целлюлазами штамма *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434.

Материал и методы исследования

Исследование ферментативного гидролиза соломы злаковых культур проводили с использованием препарата внеклеточных целлюлаз штамма *I. lacteus* 2434, который проявляет эндоглюканазную (117,16 Ед./мг белка) и целлюlobиазную (5,37 Ед./мг белка) активность [15, 16]. Пшеничную и ячменную солому предварительно высушивали и измельчали с помощью бытовой кофемолки и просеивали через сито с размером частиц менее 1 мм.

Гидролиз растительного сырья проводили при 45 °С и рН цитратно-фосфатного буфера от 4,0 до 5,5 с шагом рН 0,5. Реакционная смесь состояла из 150 мг растительного материала, 1,5 мл 0,1 М цитратно-фосфатного буфера, 0,5 мл раствора ферментного препарата (5 мг и 10 мг белка на 1 г субстрата) и 10 мг тетрациклина для предупреждения микробной контаминации. Отборы проб осуществляли через 24 и 48 ч и определяли содержание восстанавливающих сахаров (ВС) в гидролизатах в перерасчете на глюкозу методом Шомодьи-Нельсона [2, 10, 18], а содержание глюкозы – глюкозооксидазным методом с использованием наборов реагентов для определения глюкозы в биологических жидкостях («Агат», Россия).

Исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа, а сравнение средних арифметических величин – методом Дункана [9].

Результаты и обсуждение

С целью подбора оптимальных условий ферментативного гидролиза соломы злаковых культур проведены исследования динамики образования ВС и глюкозы. На рис. 1 представлены исследования содержания ВС и глюкозы при гидролизе пшеничной соломы ферментным препаратом (ФП) целлюлаз *I. lacteus* 2434. Установлено достоверно высокое содержание ВС и глюкозы при рН 4,0 по сравнению с содержанием сахаров в гидролизате при рН среды 5,0 и 5,5 через 24 ч гидролиза пшеничной соломы исследуемым препаратом целлюлаз ($C_{ФП} = 5$ мг/г субстрата). Через 48 ч ферментативного гидролиза соломы наблюдалось незначительное повышение содержания сахаров в гидролизатах (рис. 1, Б).

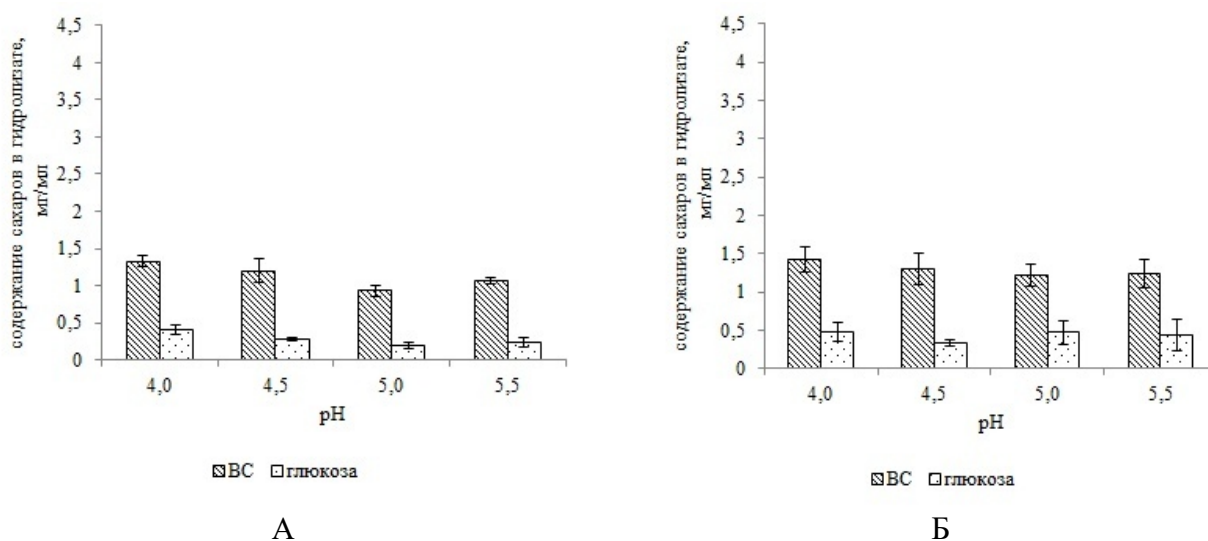


Рис. 1. Содержание восстанавливающих сахаров (ВС) и глюкозы при ферментативном гидролизе пшеничной соломы препаратом целлюлаз *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 (5 мг/г субстрата): А – 24 ч, Б – 48 ч

При повышении расхода ферментного препарата до 10 мг/г субстрата отмечено достоверно высокое содержание ВС в гидролизатах с рН 4,0 и 4,5 (рис. 2, А). Причем при

использовании данного ферментного препарата в большей концентрации содержание ВС и глюкозы было выше, чем при обработке растительного материала целлюлазами в количестве 5 мг/г субстрата.

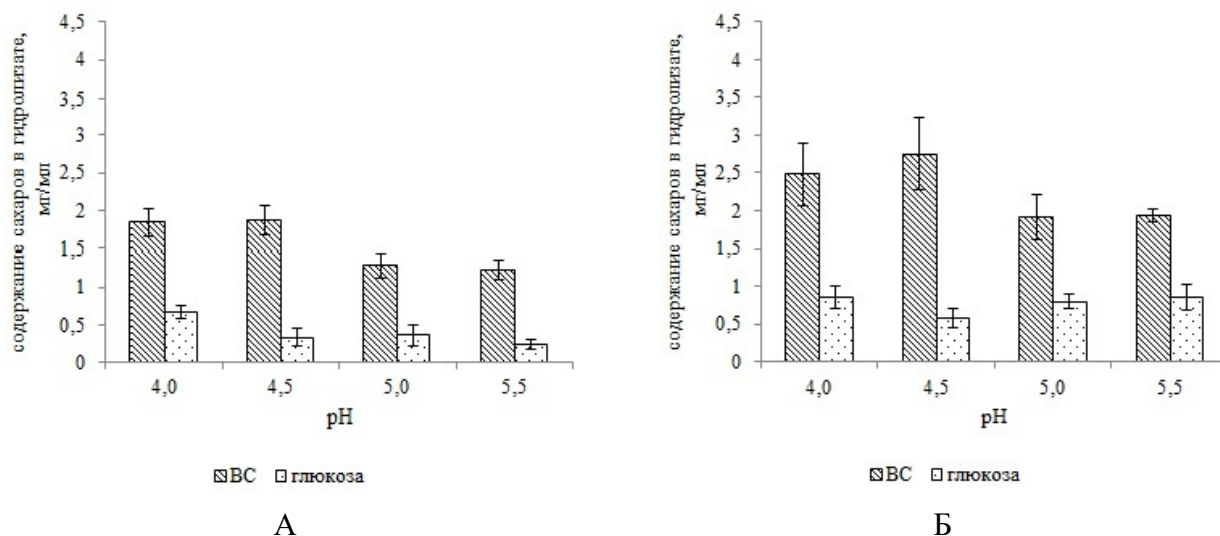


Рис. 2. Содержание восстанавливающих сахаров (ВС) и глюкозы при ферментативном гидролизе пшеничной соломы препаратом целлюлаз *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 (10 мг/г субстрата): А – 24 ч, Б – 48 ч

Через 48 ч ферментативного гидролиза пшеничной соломы содержание ВС достоверно увеличилось на 25 %. Также отмечено достоверное повышение содержания глюкозы в ферментолизатах от 30 % при кислотности среды 4,0 ед. рН до 250 % при рН 5,5 (рис. 2, Б).

При обработке ячменной соломы ФП целлюлаз *I. lacteus* 2434 ($C_{ФП} = 5$ мг/г субстрата) в течение 24 ч содержание ВС в гидролизатах находилось примерно на одном уровне независимо от рН среды и составляло ~1,4 мг/мл (рис. 3, А). Наибольшее содержание глюкозы в ферментолизате отмечено при рН 5,0 и 5,5.

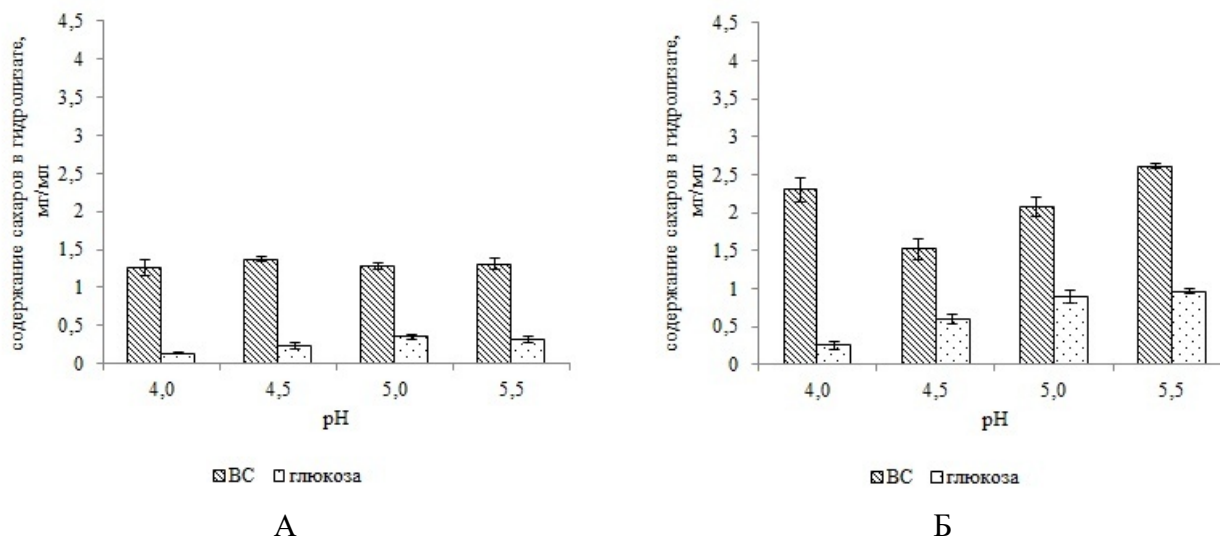


Рис. 3. Содержание восстанавливающих сахаров (ВС) и глюкозы при ферментативном гидролизе ячменной соломы препаратом целлюлаз *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 (5 мг/г субстрата): А – 24 ч, Б – 48 ч

При увеличении продолжительности гидролиза ФП целлюлаз *I. lacteus* 2434 содержание сахаров в гидролизатах ячменной соломы достоверно повышалось. При рН 4,0 и 5,0 отмечено повышение содержания ВС на 35 %, а при рН 5,5 – ~на 50 %. Повышение содержания глюкозы более чем на 50 % отмечено для всех вариантов рН среды.

Увеличение концентрации ФП целлюлаз *I. lacteus* 2434 до 10 мг/г субстрата привело к повышению содержания ВС в 24-часовых гидролизатах при рН 4,0 и 5,5 (рис. 4, А). При этом

содержание глюкозы было достаточно низким. Через 48 ч отмечено повышение содержания ВС и глюкозы более чем в 3 раза в гидролизатах при pH 4,5–5,5. При pH 4,0 отмечено незначительное повышение содержания ВС – на 25 %, а содержание глюкозы в гидролизате соломы увеличилось в 5 раз.

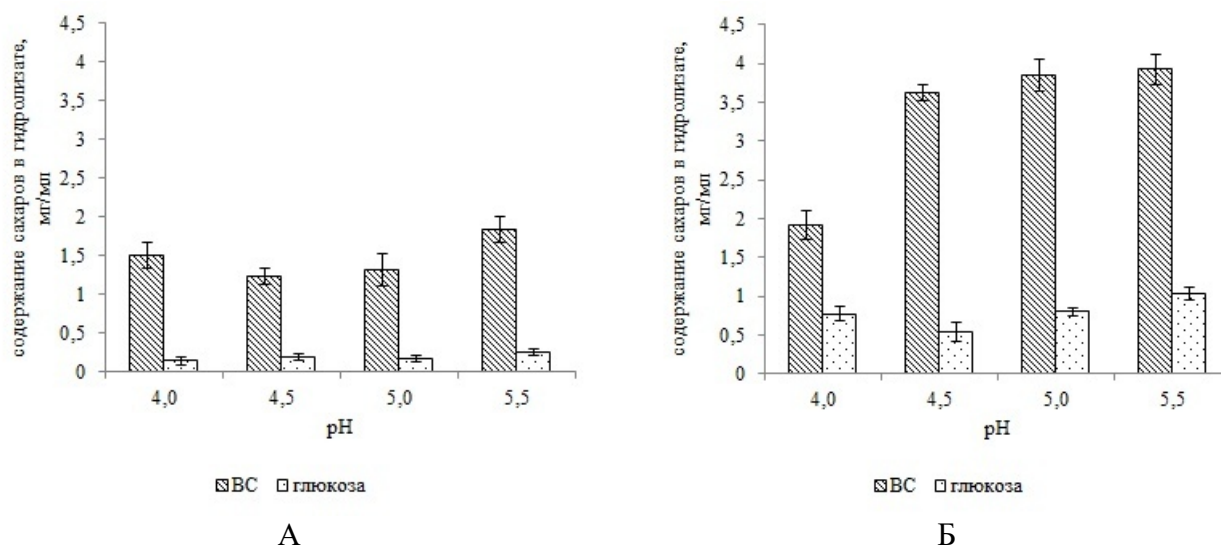


Рис. 4. Содержание восстанавливающих сахаров (ВС) и глюкозы при ферментативном гидролизе ячменной соломы препаратом целлюлаз *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 (10 мг/г субстрата): А – 24 ч, Б – 48 ч

Выводы

В результате проведенных исследований установлены оптимальные условия ферментативного гидролиза целлюлазами *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 растительного сырья: температура – +45 °С, дозировка ферментного препарата – 10 мг/г субстрата, pH 4,0–4,5 – для пшеничной соломы, pH 4,5–5,5 – для ячменной соломы.

Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по теме «Биологические способы переработки растительных отходов агропромышленного комплекса» (№ госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Бенько Е. М., Чухчин Д. Г., Лунин В. В. Предобработка озоном и ферментативный гидролиз пшеничной соломы // Журнал физической химии. 2017. Т. 91, № 11. С. 1851–1857. DOI: 10.7868/S0044453717110036. EDN: ZIETSP.
2. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. К.: Наук. думка, 1973. 243 с.
3. Болотникова О. И., Михайлова Н. П., Гинак А. И. Кислотный и энзиматический гидролиз непищевых источников растительной биомассы: перспективы промышленной реализации // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2017. № 39(65). С. 89–95. EDN: ZDOXOP.
4. Болтовский В. С. Биоконверсия полисахаридов растительного сырья в белок: альтернативы промышленной реализации // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. № 2(235). С. 28–33. EDN: AJHCS.
5. Болтовский В. С. Использование СВЧ-энергии для гидролитической и биотехнологической переработки растительного сырья: возможности, состояние и перспективы // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. № 1 (229). С. 82–92. EDN: WXKICZ.
6. Вазетдинова А. А., Харина М. В., Логинова И. В., Клещевников Л. И. Ферментализация целлюлозосодержащих остатков производства фурфурола из отходов растительного сырья // Башкирский химический журнал. 2017. Т. 24, № 1. С. 27–31. EDN: YNVSJT.
7. Зиновьева М. Е., Волкова Т. С., Шафигуллина Н. Ф. Особенности ферментативного

гидролиза целлюлозосодержащего сырья ферментным препаратом «Целлолюкс-А» // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 3. С. 56–58. EDN: XMJWNV.

8. Кручина-Богданов И. В., Якубов Е. Р., Канарский А. В., Канарская З. А. Утилизация сахаров из ферментолитатов соломы пшеничной психрофильными дрожжами в анаэробных условиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2019. № 2. С. 3–10. DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-3-10. EDN: JFJOLP.

9. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навчальний посібник. Донецьк: ТОВ «Норд Комп'ютер», 1999. 210 с.

10. Синицын А. П., Черноглазов В. М., Гусаков А. В. Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. 1993. Т. 25. 152 с.

11. Тарабанько В. Е., Короначинская Н. В., Кудряшев А. В. [и др.] Исследование процесса переработки пшеничной соломы в ароматические альдегиды и левулиновую кислоту // Химия растительного сырья. 1998. № 3. С. 59–64. EDN: HYSSHP.

12. Харина М. В., Валеева Р. Т., Мухачев С. Г., Емельянов В. М. Исследование кинетики и оптимизация условий проведения процесса гидролиза соломы ферментным комплексом NS50012 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 13. С. 210–212. EDN: PCAEPD.

13. Харина М. В., Емельянов В. М., Аблаев А. Р. [и др.] Динамика выхода углеводов при высокотемпературном гидролизе пшеничной соломы сернистой кислотой // Химия растительного сырья. 2014. № 1. С. 53–59. EDN: SNNCNF.

14. Харина М. В., Терехова Л. М., Емельянов В. М. Состав, структура и перспективы энергоресурсосберегающей переработки соломы злаковых культур // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 24. С. 168–174. EDN: THHJKR.

15. Чемерис О. В. Оценка возможности применения ферментного препарата целлюлаз *Irpex lacteus* для осахаривания растительных отходов // Современная микология в России: Материалы международ. микологического форума. Т. 10. М.: Национальная академия микологии, 2024. С. 324–326.

16. Чемерис О. В. Получение ферментного препарата целлюлаз базидиомицета *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. и исследование его свойств // Вестник ДонНУ. Серия А: Естественные науки. 2024. № 4. С. 114 – 118. DOI: 10.5281/zenodo.14227685. EDN: SDVXZS.

17. Mohanty B., Abdullahi I. I. Bioethanol Production from Lignocellulosic Waste – A Review // Biosci Biotech Res Asia. 2016. Vol. 13 (2). DOI: dx.doi.org/10.13005/bbra/2146.

18. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars // J. Biol. Chem. 1944. Vol. 153, No 2. P. 375–379.

Поступила в редакцию 13.01.2025 г.

Chemeris O. V. Enzymatic hydrolysis of wheat and barley straw with the preparation of cellulases of the fungus *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – In laboratory conditions, the possibility of enzymatic hydrolysis of wheat and barley straw with the preparation of cellulases of the strain *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 has been shown. Optimal conditions for enzymatic hydrolysis of both wheat and barley straw have been determined. The effectiveness of using an enzyme preparation of fungal cellulases at a dosage of 10 mg/g of substrate has been shown.

Key words: enzyme preparation cellulase, wheat straw, barley straw, *Irpex lacteus*.

Чемерис Оксана Вячеславовна
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник НИЧ
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
университет», г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: chemeris07@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-2446-4710
AuthorID: 869557

Chemeris Oksana Viacheslavovna
Candidate of Biological Sciences;
Senior Researcher of the Research Department,
Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в научно-практическом журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.), которые касаются проблем экологии и охраны природы. В печать принимаются научные статьи на русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

2. Статья набирается в редакторе MS Word как документ Word (*.doc, *.docx) или текст в формате RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5–16 страниц.

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:

УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ

*Полное официальное название учреждения и его почтовый адрес с индексом
(для каждого из авторов, если они представляют разные учреждения)*

4. Резюме (не более 50 слов) и ключевые слова подаются на русском и английском языках по такому образцу (размер шрифта – 10 пунктов):

Фамилия и инициалы автора (-ов). Название статьи. – Текст, который должен содержать краткое изложение предмета исследований, результатов и выводов.

Ключевые слова: не более 5–8 слов.

5. В тексте статьи выделяют разделы: **Введение, Материал и методы исследования, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы.**

Благодарности, информацию об источниках финансирования подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. Список литературы приводится согласно с правилами оформления библиографического списка (ГОСТ Р 7.05-2008).

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках.

Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место

и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия *родов* и *видов* необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования (например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

8. В тексте, таблицах и списке литературы (там, где необходимо) следует употреблять короткое тире (–), а не дефис (-). Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего одним пробелом. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических и стилистических ошибок.

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word, размещать в «книжном», а не в «альбомном» формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

10. Рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии в электронной форме должны быть вставлены в текст, сразу после ссылки на них (или на следующей странице). Подписи под рисунками делать в текстовом редакторе MS Word (**Рис. 1. Название**), размер шрифта – 10 пунктов, выравнивание – «по середине». Все элементы текста на графиках и диаграммах должны быть набраны шрифтом Times New Roman Cyr. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объем иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30 % объема статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0.

12. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно дается их расшифровка.

13. К статье прилагается письмо-заявление от организации, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон, E-mail, ORCID, Author ID).

14. Если статья подается на английском языке, то прилагается ее русский вариант.

15. Ответственность за содержание статей и качество рисунков несут авторы.

16. Рукопись проходит независимое анонимное рецензирование специалистами на предмет научной ценности статьи, ее соответствия профилю и требованиям журнала. По рекомендации рецензентов редколлегии принимает решение о возможности и условиях опубликования статьи. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактировать текст по согласованию с авторами.

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: dongu_eco@mail.ru

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонГУ,
ул. Щорса, 46, к. 202, г. Донецк, ДНР, 283050, Россия

Отв. секретари: к.б.н. Чемерис Оксана Вячеславовна,
к.б.н. Пирко Инна Федоровна

Тел.: +7 (856) 302-09-93

<http://donnu.ru/ecolog>

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2025

№ 1

Учредитель: ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:
Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Оригинал-макет: О. В. Чемерис, И. Ф. Пирко