

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

№ 4

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

No 4

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»
Вардуни 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 № 230-11/2025 от 17 ноября 2025 г.).

Адрес издателя:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации 125009, г. Москва, вн. тер. г. Муниципальный Округ Тверской, ул. Тверская, д. 11, стр. 1;
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет» 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

Адрес редакции:

283050, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, ул. Щорса, 46.

Сайт журнала: <https://dongu-ecolog.ru/>

E-mail: dongu_eco@mail.ru

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
протокол № 16 от 29.12.2025 г.

© ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 2025

The journal "Problems of Ecology and Nature Protection of Technogenic Region" publishes papers of academic staff, scientific employees and post-graduate students of high schools and research organizations that cover a wide range of questions of ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation related to problems of ecology and nature protection.

It is intended for ecologists, botanists, zoologists, plants physiologists, man and animals physiologists, biophysicists, 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

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).

Journal is included in the List of Russian scientific citation index (license agreement No 230-11/2025 dated 17.11.2025).

Publisher's address:

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Tverskoy Municipal District,
Tverskaya St., 11, building 1, Moscow, 125009;
Donetsk State University, 24 Universitetskaya str., Donetsk, 283001

Address of editorial board:

Faculty of Biology, Donetsk State University, Schorsa str., 46, Donetsk, DPR, 283050.

Web-site of journal: <https://dongu-ecolog.ru/>

E-mail: dongu_eco@mail.ru

*Printed by decision of Donetsk State University Scientific Council
protocol No 16 dated 29.12.2025*

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Глухов А. З., Сафонов А. И.</i> Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга	6
<i>Гудзенко Е. О., Карасёва Т. А.</i> Конспект флоры «Ливенцовского археологического комплекса эпохи бронзы».....	14
<i>Дьякова Н. А.</i> Аналитическая оценка эколого-гигиенического состояния почв антропогенно нарушенных территорий Воронежской области	32
<i>Козуб-Птица В. В., Глухов А. З., Кустова О. К.</i> Китайбелля виноградолистная – перспективная полифункциональная культура в условиях засушливой степи Донбасса.....	40
<i>Павлова Ю. А., Дьякова Н. А.</i> Загрязнение почв агроценозов ростовской области наиболее персистентными ядохимикатами	47

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Алексеева Н. В., Должанов П. Б., Косенко Ю. В., Корниенко В. О.</i> Экологическое состояние водных объектов Донецкой Народной Республики	54
<i>Прокопенко Е. В., Джантимирова А. А.</i> Об эффективности уборки листового опада в борьбе с каштановой минирующей молью <i>Cameraria ohridella</i> Deschka & Dimic, 1986 в г. Донецке.....	70

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Загнитко Ю. П.</i> Масштабирование процесса получения ферментного препарата экзополигалактуроназы культуры гриба <i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Singer 480.....	77
<i>Демченко С. И., Левищева А. И.</i> Плодообразовательная активность промышленных штаммов <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. и <i>Cyclocybe cylindracea</i> (DC.) Vizzini & Angelini на тоннельном субстрате из агроотходов.....	83

CONTENTS

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Glukhov A. Z., Safonov A. I.</i> Information and analytical botany in solving environmental monitoring issues.....	6
<i>Gudzenko E. O., Karasyova T. A.</i> Summary of the flora of the Liventsovsky archaeological complex of the Bronze Age	14
<i>Dyakova N. A.</i> Analytical assessment of the ecological and hygienic state of soils of anthropologically disturbed territories of the Voronezh region	32
<i>Kozub-Ptitsa V. V., Glukhov A. Z., Kustova O. K.</i> <i>Kitaibelia vitifolia</i> is a promising multifunctional crop in the arid steppe of Donbass.....	40
<i>Pavlova Yu. A., Dyakova N. A.</i> Soil pollution of agrocenoses of rostov region with the most persistent pesticides	47

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Alekseeva N. V., Dolzhanov P. B., Kosenko Yu. V., Kornienko V. O.</i> Ecological state of the water bodies of the Donetsk People's Republic	54
<i>Prokopenko E. V., Dzhantimirova A. A.</i> On The Effectiveness of leaf litter removal in controlling the horse chestnut leaf miner <i>Cameraria ohridella</i> Deschka & Dimic, 1986 in Donetsk.....	70

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Zagnitko Yu. P.</i> Scaling the process of obtaining an enzyme preparation of exopolygalacturonase from the culture of the fungus <i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Singer 480	77
<i>Demchenko S. I., Levishcheva A. I.</i> The fruit-forming activity of industrial strains of <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. and <i>Cyclocybe cylindracea</i> (DC.) Vizzini & Angelini on tunnel substrate from agricultural waste	83

© А. З. Глухов^{1,2}, А. И. Сафонов¹**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ БОТАНИКА
В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

²ФГБНУ Донецкий ботанический сад

Россия, 283023, ДНР, г. Донецк, пр. Ильича, 110

Глухов А. З., Сафонов А. И. Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга. – На основании эмпирических сведений о состоянии растительных организмов в условиях нео-антропогенных трансформаций дано обоснование для выделения функциональной отрасли знания – информационно-аналитической ботаники – в контексте ее реализации для экологического мониторинга промышленного региона. Единицей учета информационного потока является фиксирование специфической или неспецифической реакции чувствительных элементов растения-индикатора на изменения факторов окружающей среды, в том числе и патогенного характера. Совокупность выявленных сенсорных эффектов у растений (160 видов цветковых и 60 видов мохообразных) формирует предпосылки анализа их поведения при общем стремлении к выживанию в неблагоприятных условиях среды. Приведены примеры структурно-функциональных ответов в растительных организмах, имеющих информационную значимость для реализуемого в Донбассе экологического мониторинга.

Ключевые слова: фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг, тератогенез растений, беллигеративные ландшафты, полемостресс, диагностика экосистем.

Введение

Система способов и методов воздействия человека на окружающую среду разнообразна по характеру и силе их применения, а также возрастает с каждым новым временным этапом развития цивилизации. В условиях чрезвычайного множества возникающих факторов дестабилизации природные системы и жизнь в них сохраняются в том адекватном минимуме выносливости, который является предпосылкой для появления новых приспособлений, но сначала – ответных реакций на такие стрессы.

Познание функциональной активности растений в условиях нео-антропогенных трансформаций реализуется путем эмпирического наблюдения за ними [7, 10, 16], методами дистанционного зондирования [5, 32], моделирования [2, 21, 30] и статистического учета [11, 17, 33]. При этом ученые отмечают информативность таких исследований в понимании поведения [19, 31], интеллекта растений [12, 15, 20], нейробиологии [13, 25] на основании их сенсорных способностей [17, 29] и выявленных закономерностей в ответных реакциях на факторы раздражения [1, 13, 14, 18, 23, 27]. В Донбассе на сегодня реализуется многоплановая система экологического мониторинга природных сред [2, 3, 9, 23, 26, 28, 34], основанная на выявлении информативных характеристик состояния живых объектов в тех или иных диапазонах выносливости.

Цель работы – на конкретных примерах индикаторных параметров растений выделить значимость информационно-аналитических разработок в решении некоторых вопросов экологического мониторинга для техногенно измененного региона с высоким уровнем урбанизации и дополнительных стрессогенных факторов. При этом регистрируемые информационные характеристики рассмотрены не как негативные проявления в системе загрязнения природных сред, а как адаптивные реакции растений на меняющиеся локальные условия их состояния.

Материал и методы исследования

В практике полевой диагностики методы структурной фитоиндикации за последние 10 лет [3, 9] зарекомендовали себя как наиболее доступные для проведения экологического мониторинга в Северном Приазовье. Функционально эти методы разделены по уровням идентификации признаков или этапам их обнаружения: экспресс-метод первичной визуализации, полевая диагностика, регистрация данных в градиенте антропогенной нагрузки или доминирующего фактора трансформации, маршрутизация по ландшафтному профилю, камеральная обработка данных при микроскопировании, расчет параметров вариации для составления экологической шкалы, квантификация результатов по сравниваемым индексам в массивах данных для корреляционного анализа и дальнейшей визуализации.

Проанализирована совокупность результатов о структурно-функциональной разнице растений, проявляющих индикаторные свойства в условиях гетерогенной среды. Все параметры подвержены шкалообразованию в зависимости от их диапазонов вариаций в крайних позициях своей пластичности, отмеченной на региональном уровне. Материал собран за 30 лет наблюдений в условиях 120 стационаров и более 200 единичных учетных площадок, имеющих привязку к геолокалитету на территории Центрального Донбасса при проведении мониторинговых исследований. Информационно-аналитическая программа с использованием фитоиндикаторов обоснована как часть экологического контроля на значительных по площади территориях, подвергшихся воздействию антропогенеза [3]. Способы получения результатов индикационной значимости описаны ранее [9]. Получены единичные примеры использования растений в целях мониторинга [28, 34], опирающиеся на методы организации экспертных оценочных работ в аспектах социально-географических [4, 6, 32], токсикологических [10, 21, 28], геохимических [8, 16, 34], геофизических [7, 24], почвенных [8, 21, 22], водных [12, 18, 26], климатических [14, 24, 29], электрофизиологических [17, 20, 27, 31, 33] исследований с возможным проведением модельных опытов в лабораторных условиях [15, 27]. В эксперименте проанализированы структуры 160 видов цветковых растений и 60 видов мохообразных.

Из имеющейся совокупности фитоиндикационных данных были выбраны те, которые соответствуют методологической системе «*сенсор – индикатор – индикат – характеристика среды*», при этом преимущество имели те признаки, которые достоверно зарекомендовали себя в диагностических процедурах именно динамического состояния анализируемой ситуации в природно-территориальном комплексе.

Технической проверкой информативности служили несколько подходов ее установления: 1) статистическая достоверность для малых выборок в экотопической разнице метрического показателя (Z-критерий, t-критерий Стьюдента, используя Statistics Open For All в свободном доступе), 2) корреляционный анализ для больших групп выборок, – более 100 значений для разных мониторинговых точек (соответствующие расчеты были выполнены в свободной программной среде для статистической обработки данных R с помощью пакета GGally), 3) метод главных компонент для выделения наиболее значимого фито-параметра в обусловленности системной закономерности (в SPSS Statistics, исходные данные были отмасштабированы таким образом, чтобы стандартные отклонения для каждого элемента были одинаковыми), 4) картографическая визуализация данных с последующим территориальным анализом совместных полей значимости признаков и факторов по 10-балльным шкалам варьирования их диапазонов значения (геоинформационное поле было сформировано на основе пакета авторских разработок ArcView, система координат WGS-1984 Web Mercator и блоки системы Spatial Analyst, 3-D Analyst являются общедоступным ресурсом для пользования).

Метод на практике было принято считать информативным, если на уровне первичного статистического анализа при объеме выборки не меньше 5 повторностей, проявляется достоверная разница в сравнении значений показателя для отдельных участков в эквиваленте

мониторинговых точек для дальнейшего использования данных в пространственной визуализации всей территории обследования.

Результаты и обсуждение

Полученный материал был функционально разделен по приуроченности к задачам, которые являются компетенцией при проведении экологического мониторинга в первую очередь по фитоиндикационным данным. Из числа многих критериев выбраны, те, достоверность которых имеет наибольшие значения в информационном статусе и лучшую дискретность показателя при техническом воспроизводстве результатов (табл.).

Доказано, что в контексте поставленных задач индикационный параметр (ситуативный сенсор – чувствительная часть анализируемой живой системы при регистрации изменений) должен быть установлен эмпирически. Результатом изучения каждого указанного в таблице признака является определение всего диапазона его варьированная (на региональном уровне проведения эксперимента) с разделением этого диапазона на 10 интервальных значений. Таким образом любая из количественных или качественных характеристик рассматривается как результат процедуры квантификации, – подготовки отдельных статистических массивов для дальнейшего сравнения друг с другом и с индикатами (доступными для оценки параметрами среды) в зависимости от целевого назначения эксперимента.

Таблица

Частные примеры реализации программы информационно-аналитической ботаники при мониторинговых обследованиях в Центральном Донбассе

Индикационный параметр (сенсор)*	Решаемая задача экологического мониторинга	Уровень достоверности, %**	Модельные виды растений при эмпирической апробации показателя
1	2	3	4
трансформация габитуса, побегообразования	пространственное ранжирование общего уровня полиморфизма индикаторных видов	78–82	<i>Echium vulgare</i> L., <i>Cichorium intybus</i> L., <i>Reseda lutea</i> L., <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik., <i>Berteroa incana</i> (L.) DC., <i>Plagiomnium cuspidatum</i> T. Kop., <i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm., <i>Brachythecium salebrosum</i> Bruch et al.
способность плотной компактизации экологических ниш		55–80	
показатель жизненности по годовому приросту или полным фенопаузам		85–90	
тератоморфы цветка: дистопия, олигомеризация	оценка токсикогенности среды по фитопатологическим проявлениям	85–91	<i>Cichorium intybus</i> L., <i>Plantago major</i> L., <i>Homomallium incurvatum</i> Loeske, <i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Bruch et al., <i>Dicranella cerviculata</i> (Hedw.) Schimp.
деградация апикальных меристем корня		95–96	
степень дефектности пыльцевых зерен		92–97	
тератоморфы цветка и соцветия: пролификация, полимеризация	идентификация новых геохимических аномалий в результате резкой трансформации (техногенез, военные действия)	88–90	<i>Nigella arvensis</i> L., <i>Glaucium corniculatum</i> (L.) Rudolph, <i>Fumaria schleicheri</i> Soy.-Willem, <i>Portulaca oleracea</i> L., <i>Alsine media</i> L., <i>Gypsophila paniculata</i> L., <i>Sagina procumbens</i> L., <i>Centaurea diffusa</i> Lam., <i>Tragopogon major</i> Jacq.
фасциации побегов и генеративных структур		86–95	
накопление стресс-адаптивных элементов в генеративной части побега (Zn, Cu, Mn, Fe, P)			
морфология листа прикорневой розетки	установление эффективности оптимизационных мероприятий при создания санитарно-защитного барьера для переноса выбрасываемых веществ от предприятия-загрязнителя	90–95	<i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC., <i>Echium vulgare</i> L., <i>Achillea nobilis</i> L., <i>Amblystegium subtile</i> (Hedw.) Schimp., <i>Atriplex mircantha</i> C.A.Mey. <i>Tanacetum vulgare</i> L.
стабильность структуры околоустьичного аппарата		69–75	
репродуктивный успех по качеству семенного материала		92–98	

Продолжение табл.

1	2	3	4
показатель тератообразования генеративных макромаркеров	оценка успешности реализуемых рекультивационных мероприятий и(или) сукцессионных процессов самовосстановления после антропогенной трансформации экотопа	77–80	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik., <i>Bryum argenteum</i> Hedw., <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid, <i>Bryum caespiticiu</i> Hedw., <i>Leskea polycarpa</i> Hedw., <i>Centaurea diffusa</i> Lam., <i>Chenopodium album</i> L., <i>C. intybus</i> L., <i>Polygonum aviculare</i> L.
уровень компенсаторного задержания поверхности грунтового горизонта		88–94	
полнота формирования листьев прикорневой розетки		91–95	
полиморфизм устьичного и околоустьичного аппаратов	реализация ретроспективного анализа во временном тренде сохраняющихся образцов	86–91	<i>Hyoscyamus niger</i> L., <i>Melilotus albus</i> Medik., <i>Echium vulgare</i> L., <i>Gypsophila paniculata</i> L., <i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm., <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C. A. Mey., <i>Orthotrichum speciosum</i> Nees, <i>Papaver rhoeas</i> L., <i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. Kop., <i>Plantago lanceolata</i> L.
характер опушения (крюющие трихомы вдоль центральных жилок)			
содержание технофильных элементов в генеративной части побега (Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Pb, Cd, Al, Cr)		83–88	

Примечания

* – для каждой задачи указаны по три наиболее информативных параметра, определенные в индивидуальной системе квантификации, основанной на ранжировании всего диапазона вариации признака по 10-балльным аддитивным шкалам:

** – диапазоны варьирования скорректированного коэффициента детерминации; использованы те модели, для которых значение коэффициента максимально.

Установлено, что комбинированное использование показателей по цветковым растениям и мохообразным существенно расширяет спектр возможностей проведения непрерывного мониторинга в сезонном отношении и территориальном взаимодополнении по тем экотопам, которые наиболее трансформированные и характеризуются контрастом по геофизическим и геохимическим параметрам. Большинство признаков было зафиксировано в результате рекогносцировочного обследования территорий при наличии высокого уровня пластичности и вариабельности структур до возможной регистрации морфологических аномалий: макромаркерам тератологических проявлений сопутствовали микроструктурные признаки, которые детализируются в камеральных условиях при микроскопировании или химическом анализе образцов.

В разработке подходов поиска индикаторных свойств растений, которые в контексте экологического мониторинга рассматриваются как сенсорные системы, – наибольший практический интерес при поиске гетерогенных структур (а значит – чувствительности) привлекают локализации трех категорий:

1) на стыке фазовых переходов между агрегатными состояниями «воздух – поверхностные ткани вегетативных органов», «почвенная среда – корневые апикали», «газовоздушная смесь – поверхность и форма свободно парящего пыльцевого зерна», «верхушечные апикали и воздушная среда»;

2) непосредственно в инициальных точках роста – первичных и вторичных меристемах, в местах перехода тотипотентных клеток в специализированные ткани и органы, – их чувствительность высока к колебаниям нетипичных фактов среды, что является причиной тератообразования и проявления общей патогенности растительных организмов;

3) при тотальном скрининге признаков структурно-функционального статуса растений в местах резкого нео-антропогенного импакта в первые месяцы и 1–2 вегетационных сезона с момента инцидента, что в практическом экомониторинге востребовано, например, в местах обследования последствий беллигеративной активности.

Являются ли полученные результаты проявлением специализированных свойств растений, которые некоторые авторы рассматривают как их сигнальный интеллект [12, 15, 20, 29] или разумность [17, 18, 25, 31], можно доказывать при дальнейшем проведении исследований в более детальном приборном обеспечении научных лабораторий, например, в направлении нейробиологии растительных организмов [13].

Индикаторные свойства растений на сегодня востребованы при проведении экологических экспертиз, например, в условиях интенсивного техногенеза, урбанизации и(или) появлении нео-антропогенных воздействий на природные комплексы, формирующие беллигеративные ландшафты, в условиях резкого или хронического (более 5 лет) полевостресса. В 2025 году признаки полевостресса также вошли в перечень критериев экоцида, формирующих доказательную базу Белой книги для территории Донецкой Народной Республики.

Выводы

1. Неоднородность условий формирования природных систем в результате антропогенной их трансформации сопряжена с характером информационно-индикаторного полиморфизма растений (их признаков), данные по которому в совокупности объединяются в базу сигнальных реакций: как по способу проявления, так и для передачи информации в регистрационное поле анализаторов, далее – в систему мониторингового контроля.

2. При использовании разных целевых программ экологической экспертизы привлечены разные признаки, разные виды и разные аппаратно-инструментальные способы получения информации, что позволяет дифференцировать специфику антропогенной нагрузки и направленно разрабатывать оптимизационные мероприятия в рациональном природопользовании.

3. Система индикационного мониторинга положена в основу научно-прикладного направления информационно-аналитических ботанических исследований в Донбассе, является открытой для расширения спектра диагностируемых параметров и использования принципов идентификации факторов стресса на сопряженных территориях со сходными природно-климатическими характеристиками.

Исследование выполнено в рамках тем «Интродукционное изучение растений мировой флоры и их полифункциональное использование в степной зоне», № НИОКТР 123101300192-1 (А. З. Глухов) и «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса», № НИОКТР 124051400023-4 (А. И. Сафонов).

Список литературы

1. *Антропова Л. П., Чуфицкий С. В.* Сравнительный анализ флуоресценции хлорофилла у древесных растений как метод биоиндикации городской среды // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 2. С. 64–75. DOI: 10.5281/zenodo.15583344. EDN: JEVOWU.
2. *Беспалова С. В., Сафонов А. И.* Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1–2. С. 6–12. EDN: KUQQSL.
3. *Глухов А. З., Сафонов А. И.* Экомониторинг в контексте информационно-аналитической ботаники // Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы X Международ. науч. конф. (Донецк, 05–07 ноября 2025 г.). Донецк: ДонГУ, 2025. С. 66–67. EDN: TXNNAC.
4. *Епринцев С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В., Виноградов П. М.* Зелёные насаждения городов Центральной России (на примере Воронежа, Липецка, Тулы) как фактор экологической безопасности // Экологические проблемы использования горных лесов. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2024. С. 98–102. EDN: BNAGJM.
5. *Епринцев С. А., Куропан С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В., Виноградов П. М.* Геоинформационно-аналитическая модель повышения качества окружающей среды городов

Центрального Черноземья // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2024. Т. 2, № 9. С. 27–33. DOI: 10.23885/2500-123X-2024-2-9-27-33. EDN: ZGNIID.

6. Епринцев С. А., Шекоян С. В., Виноградов П. М. Оценка неблагоприятных факторов окружающей среды урбанизированных территорий Центральной России // Региональные геосистемы. 2025. Т. 49, № 1. С. 157–168. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-157-168. EDN: PZMABQ.

7. Корниенко В. О., Шкиренко А. О., Реуцкая В. В., Яицкий А. С., Джантимирова А. А. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) // Самарский научный вестник. 2025. Т. 14, № 2. С. 19–29. DOI: 10.55355/snv2025142103. EDN: MUFKAZ.

8. Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Никулина А. Р., Лисенков С. А. Химический состав почв и растений урбанизированных территорий Арктики (на примере муниципального образования Новый Уренгой) // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29, № 8. С. 58–65. DOI: 10.18412/1816-0395-2025-8-58-65. EDN: ZPAFKH.

9. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. 289 с. EDN: QVJSQE.

10. Цаценко Л. В., Мухин А. И. Феномен фасциации – инновационные решения в селекции растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 211. С. 205–217. DOI: 10.21515/1990-4665-211-019. EDN: EQTRIF.

11. Ahmed Sh. B., Ali S. F., Khan A. Z. On the Frontiers of Rice Grain Analysis, Classification and Quality Grading: A Review // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 160779–160796. DOI: 10.1109/access.2021.3130472. EDN: ATIDMK.

12. Anila M., Daramola O. Applications, technologies, and evaluation methods in smart aquaponics: a systematic literature review // Artificial Intelligence Review. 2025. Vol. 58, No. 1. P. 25. DOI: 10.1007/s10462-024-11003-x. EDN: FJFGOZ.

13. Calvo P., Raja V., Segundo-Ortin M. Don't jump the gun quite yet: aiming for the true target in plant neurobiology research // Protoplasma. 2024. Vol. 262. P. 247–254. DOI: 10.1007/s00709-024-01993-4. EDN: CPLBWL.

14. Chen X., Wang J., Pan F., Huang B., Bi P., Huang Na., Gao R., Men J., Zhang F., Huang Zh., Long B., Liang Ju., Pan Zh. Summer atmospheric drying could contribute more to soil moisture change than spring vegetation greening // NPJ Climate and Atmospheric Science. 2024. Vol. 7, No. 1. P. 296. DOI: 10.1038/s41612-024-00844-6. EDN: HHEKTJ.

15. Dos Santos L. S., Dos Santos V. H. S., Scarano F. R. Plant intelligence: history and current trends // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2024. Vol. 36. P. 411–421. DOI: 10.1007/s40626-023-00306-z. EDN: BTXAYB.

16. Ermakov V. V., Tyutikov S. F., Degtyaryov A. P., Gulyaeva U. A., Danilova V. N. Characteristics of the accumulation of metals by plants and the activity of soil enzymes in metallogenic territories of the Northern Caucasus // Geochemistry International. 2022. Vol. 60, No 8. P. 772–778. DOI: 10.1134/s0016702922070023. EDN: HCOKUZ.

17. Gerber S., Hiernaux Q. Plants as machines: history, philosophy and practical consequences of an idea // Journal of Agricultural and Environmental Ethics. 2022. Vol. 35, No 1. P. 4. DOI: 10.1007/s10806-021-09877-w. EDN: AZMGSK.

18. Hansen M. J. A critical review of plant sentience: moving beyond traditional approaches // Biology and Philosophy. 2024. Vol. 39, No 4. P. 13. DOI: 10.1007/s10539-024-09953-1. EDN: ECFCCC.

19. Kawa N. C. Five key concepts for human inquiry into plant lifeworlds // Journal of Ethnobiology. 2024. Vol. 44, No 4. P. 426–429. DOI: 10.1177/02780771241277615. EDN: WUJYLZ.

20. Khattar J., Calvo P., Vandebroek I., Pandolfi C., Dahdouh-Guebas F. Understanding interdisciplinary perspectives of plant intelligence: Is it a matter of science, language, or

subjectivity? // *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2022. Vol. 18, No 1. P. 1–17. DOI: 10.1186/s13002-022-00539-3. EDN: FXJUDZ.

21. *Kolesnikov S. I., Zubkov D. A., Zharkova M. G., Kazeev K. Sh., Akimenko Yu. V.* Influence of oil and lead contamination of ordinary chernozem on growth and development of spring barley // *Russian Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 45, No 1. P. 57–60. DOI: 10.3103/S1068367419010075. EDN: USDWAE.

22. *Kolesnikov S., Nevedomaya E., Kuzina A., Gaivoronskiy V., Minnikova T., Kazeev K., Minkina T., Ranjan A., Sushkova S., Shuvaev E., Antonenko E., Nemtseva A., Popov V., Rajput V.* Limits of resistance of chernozems to petrol pollution: Comparative assessment of different subtypes // *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 203. P. 105670. DOI: 10.1016/j.apsoil.2024.105670. EDN: BFGUZZ.

23. *Kornienko V., Pirko I., Meskhi B., Olshevskaya A., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Vershinina A., Eroshenko A.* Evaluating the vitality of introduced woody plant species in the Donetsk–Makeyevka urban agglomeration // *Plants*. 2025. Vol. 14, No 20. DOI: 10.3390/plants14203160. EDN: KGNKAD.

24. *Korniyenko V. O., Kalaev V. N.* Impact of natural climate factors on mechanical stability and failure rate in silver birch trees in the City of Donetsk // *Contemporary Problems of Ecology*. 2022. Vol. 15, No. 7. P. 806–816. DOI: 10.1134/s1995425522070150. EDN: EUVZMY.

25. *Leonetti G.* Ambiguity in Plant Cognition // *Biosemitotics*. 2025. Vol. 18, No 1. P. 79–95. DOI: 10.1007/s12304-025-09599-w. EDN: KTLPIR.

26. *Mirnenko E. I.* Content composition and dynamics of photosynthetic pigments in the reservoirs of the Kalmius River of the Donetsk People's Republic // *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2024. Vol. 79, No 4. P. 267–273. DOI: 10.3103/S009639252560022X. EDN: WWYSHX.

27. *Parise A. G., Gagliano M., Souza G. M.* Extended cognition in plants: is it possible? // *Plant Signaling and Behavior*. 2020. Vol. 15, No 2. P. 1710661. DOI: 10.1080/15592324.2019.1710661. EDN: WDKDNC.

28. *Safonov A. I., Alemasova A. S., Ziniovscaya I. I., Vergel K. N., Yushin N. S., Kravtsova A. V., Chaligava O.* Morphogenetic abnormalities of bryobionts in geochemically contrasting conditions of Donbass // *Geochemistry International*. 2023. Vol. 61, No 10. P. 1036–1047. DOI: 10.1134/s0016702923100117. EDN: FICFYS.

29. *Shepard G. H., Daly L.* Sensory ecologies, plant-persons, and multinatural landscapes in Amazonia // *Botany*. 2022. Vol. 100, No 2. P. 83–96. DOI: 10.1139/cjb-2021-0107. EDN: WUWDYL.

30. *Tannier E.* A hapless mathematical contribution to biology // *History and Philosophy of the Life Sciences*. 2022. Vol. 44, No 3. P. 1–22. DOI: 10.1007/s40656-022-00514-x. EDN: GNIWTA.

31. *Van Volkenburgh E., Brenner Ed.* Novel perspectives on plant behavior // *Plant Signaling and Behavior*. 2024. Vol. 19, No 1. DOI: 10.1080/15592324.2024.2419673. EDN: JYYPFG.

32. *Yeprytsev S. A.* Geoinformation technologies as a mechanism for assessing environmental risks to public health in the conditions of technogenic air pollution in cities // *Ecology Economy Informatics. Geoinformation technologies and space monitoring*. 2020. Vol. 2, No 5. P. 9–13. DOI: 10.23885/2500-123x-2020-2-5-9-15. EDN: XIYQIQ.

33. *Yilmaz Ö.* Environmental complexity, cognition, and plant stress physiology // *Adaptive Behavior*. 2024. Vol. 33, No 3. P. 183–188. DOI: 10.1177/10597123241278799. EDN: QJWKQE.

34. *Ziniovscaya 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 16.11.2025 г.

Glukhov A. Z., Safonov A. I. Information and analytical botany in solving environmental monitoring issues. – Based on empirical data on the state of plant organisms under neo-anthropogenic transformations, a rationale is provided for identifying a functional branch of knowledge – information-analytical botany – in the context of its implementation for environmental monitoring of an industrial region. The unit of accounting for the information flow is the recording of the specific or non-specific response of the sensory elements of an indicator plant to changes in environmental factors, including pathogenic ones. The set of identified sensory effects in plants (160 species of angiosperms and 60 species of bryophytes) forms the basis for analyzing their behavior in the general desire to survive in unfavorable environmental conditions. Examples of structural and functional responses in plant organisms that have informational significance for environmental monitoring implemented in the Donbass are provided.

Keywords: phytoindication, Donbass, environmental monitoring, plant teratogenesis, belligerent landscapes, polemic stress, ecosystem diagnostics.

Глухов Александр Захарович

¹доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и экологии ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ

²главный научный сотрудник лаборатории культурных растений ФГБНУ Донецкий ботанический сад г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: glukhov.az@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9675-7611

Author ID: 1034119

Glukhov Alexander Zakharovich

¹Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Botany and Ecology, Donetsk State University, Donetsk, DPR, Russian Federation,

²Chief Researcher laboratories of cultivated plants Donetsk Botanical Garden Donetsk, DPR, Russian Federation.

Сафонов Андрей Иванович

кандидат биологических наук, доцент; заведующий кафедрой ботаники и экологии, старший научный сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ

E-mail: andrey_safonov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9701-8711

AuthorID: 957581

Safonov Andrei Ivanovich

Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Botany and Ecology, Senior Research Officer, Research Department Donetsk State University, Donetsk, DPR, Russian Federation.

© Е. О. Гудзенко, Т. А. Карасёва

КОНСПЕКТ ФЛОРЫ «ЛИВЕНЦОВСКОГО АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭПОХИ БРОНЗЫ» (Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ)

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105

Гудзенко Е. О., Карасёва Т. А. Конспект флоры «Ливенцовского археологического комплекса эпохи бронзы». – В статье приводятся результаты первичной инвентаризации флоры памятника археологии «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы». На территории объекта культурного наследия выявлено 117 видов сосудистых растений из 98 родов и 33 семейств. Систематическая структура анализируемой флоры близка к структуре флоры Ростовской области в целом. Адвентивный компонент флоры представлен 11 видами, основу которых составляют древесные эргазофиты. К числу обнаруженных регионально редких видов, требующих особого внимания к состоянию популяций, принадлежит *Centaurea salonitana* Vis.

Ключевые слова: флора, памятник археологии, систематический состав, адвентивный компонент.

Введение

Изучение флористического состава регионов нашей страны является одним из основных направлений ботанических исследований, направленных на установление биоразнообразия природных ландшафтов, выявление новых для субъектов таксонов растений, установление охранного статуса редких и исчезающих видов.

Однако и на территории поселений еще имеются участки, относительно слабо подверженные антропогенному воздействию, изучение флоры которых необходимо для выявления новых флористических находок и установления степени антропогенной трансформации флоры.

Инвентаризация видового состава растений, произрастающих на территории объектов культурного наследия, памятных мест, в том числе связанных с историческими событиями, позволяет принять меры не только к сохранению самого объекта, но и растений как его составной части.

В рамках настоящих исследований впервые были обследованы Ливенцовский и Каратаевский участки объекта культурного наследия федерального значения (памятника истории и культуры) народов Российской Федерации «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» с целью первичной инвентаризации растений и установления флористического состава территории с использованием общепринятых методик флористических исследований. Особое внимание уделялось адвентивному компоненту флоры, а также регионально редким видам.

Актуальность работы связана с тем, что флористические исследования в границах археологического комплекса ранее не проводились.

Перспективная археологическая территория занимает площадь более 10 гектаров, в которые входят два многослойных поселения и курганные могильники, содержащие древности различных археологических культур от каменно-медно-бронзового века до средневековья, грунтовые некрополи скифского времени, а также уникальный комплекс финала средней бронзы – «Ливенцовско-Каратаевская крепость» [12]. Это одна из древнейших каменных крепостей, расположенных на территории Восточной Европы (приблизительная дата создания XXI в. до н. э.) [8].

Нижнедонской форпост является уникальным по своей сути памятником, состоящим из двух укреплений, разделенных оврагом. Исходя из топографического расположения

составляющих комплекса около одноименных поселков, восточная часть крепости названа Ливенцовской, а западная – Каратаевской [4, 8].

Открытие Ливенцовско-Каратаевского комплекса связано с визуальной разведкой, проведенной в 1920-х гг. А. А. Миллером на правом высоком берегу реки Мертвый Донец, притока Дона. Ученым были описаны крепостные валы и на основании собранного подъемного материала было определена первичная датировка памятника – средневековое укрепление [8, 10].

Позже, в 60-е года прошлого века, были проведены первые археологические раскопки под руководством С. Н. Братченко на территории Ливенцовского комплекса, том числе и на Ливенцовской стороне крепости. В результате исследований была открыта часть крепостной стены и собран материал, включающий фрагменты лепной керамики, изделия из камня и глины, а также около 700 штук кремневых наконечников стрел. На основе сопоставительного анализа полученных материалов С. Н. Братченко установил, что крепость относится к каменско-ливенцовской культурной группе [1, 8].

Каратаевская часть комплекса до настоящего времени была исследована в гораздо меньшем объеме (например, раскопки Л. С. Ильюкова в 1987 и 2021 гг. и П. А. Ларенка в 1991 г.). С 2024 по 2025 гг. проведены масштабные археологические исследования под руководством П. А. Ларенка и О. П. Ларенок, в результате которых был открыт фрагмент стены каратаевской части крепости, исследовано Каратаевское многослойное поселение и грунтовый могильник скифского времени.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являлась флора объекта культурного наследия федерального значения (памятника истории и культуры) народов Российской Федерации «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы», расположенного на правом берегу реки Мертвый Донец, между поселками Каратаево и Ливенцовка в Советском районе города Ростова-на-Дону (рис. 1).

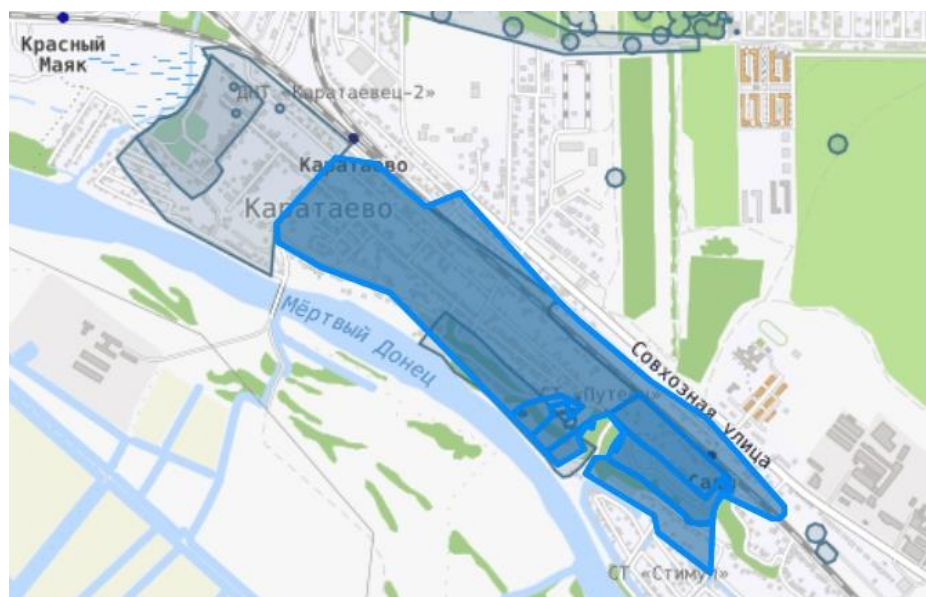


Рис. 1. Границы объекта культурного наследия «Ливенцовского археологического комплекса эпохи бронзы» [15]

Сбор полевого материала осуществлялся в начале июля 2025 г. по традиционной методике [14]. Определение растений проводилось с использованием ряда определителей и флористико-таксономических руководств [2, 9, 24–32]. По итогам проведенного исследования составлен конспект флоры памятника археологии «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы».

В аннотации для каждого вида указаны: биоморфологическая принадлежность, гидроморфологическая принадлежность, ареалогический элемент, а также топографическая приуроченность и частота встречаемости на обследованной территории. Оценка частоты встречаемости таксонов во флоре приведена в следующих градациях: обычно, часто, рассеянно, редко, единично [3].

Система, на основе которой упорядочены таксоны в конспекте флоры, соответствует системе сосудистых растений, принятой в 11-ом издании «Флоры средней полосы европейской части России» [9]. Номенклатура видов дана по флористическим и таксономическим сводкам [2, 9, 29–31, 20–21]. В скобках указаны основные синонимы. Русские названия видов приведены в соответствии с сайтом «Плантаариум» [13].

Биоморфологическая принадлежность видов определялась по системе биологических типов К. Раункиера [11, 33] и системе жизненных форм И. Г. Серебрякова [18–19]. Типы ареалов приведены по модифицированной классификации геоэлементов, предложенной В. А. Сагалаевым [16–17] для характеристики флоры пустынь и степей юго-востока европейской части России, с модификациями, принятыми в работах А. П. Лактионова [6–7].

Так как в засушливом климате, характерном для территории Ростовской области, влага является основным лимитирующим фактором наземных экосистем, для каждого вида указывается гидроморфа, которая определялась по литературным источникам и результатам наблюдений.

Результаты и обсуждение

По результатам исследования, флора залежных участков объекта культурного наследия памятника археологии «Ливенцовская крепость» представлена 116 видами сосудистых растений из 97 родов 32 семейств Покрытосеменных растений и одним видом (*Ephedra distachya*) из одного семейства (Ephedraceae) Голосеменных.

КОНСПЕКТ ФЛОРЫ «ЛИВЕНЦОВСКОГО АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭПОХИ БРОНЗЫ»

Класс Gnetopsida – Гнетовые

Пор. Ephedrales – Эфедровые

Сем. 1. Ephedraceae Dumort. – Эфедровые

1 (1). *Ephedra distachya* L. – Хвойник двухколосковый. Полукустарничек, хамефит, ксерофит, петрофильно-степной, западносредиземный [7]. Ливенцовский участок: на склонах кургана южной экспозиции, редко.

Класс Angiospermae (Magnoliopsida) – Покрытосеменные (Цветковые)

Dicotyledones s. l. – Двудольные

П/Кл. Ranunculidae – Ранункулиды

Пор. Ranunculales – Лютикоцветные

Сем. 2. Papaveraceae Juss. – Маковые

1 (2). *Fumaria schleicheri* Soy.-Will. – Дымянка Шлейхера. Однолетник, терофит, ксеромезофит, сорный, причерноморско-казахстанский [7]. Каратаевский участок: надворная часть, редко.

2 (3). *Glaucium corniculatum* (L.) J. Rudolph – Мачок рогатый. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-петрофильный, западносредиземный [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, по обочинам дороги, надворная часть вблизи кургана, редко.

3 (4). *Papaver dubium* L. – Мак сомнительный. Однолетник, терофит, ксеромезофит, сорно-петрофильный, причерноморско-средиземноморский [2, 7, 17]. Каратаевский участок, редко.

Сем. 3. Ranunculaceae Juss. – Лютиковые

1 (5). *Consolida paniculata* (Host) Schur [*Delphinium paniculatum* Host] – Сокирки метельчатые. Однолетник, терофит, ксерофит, сорный, общесредиземный [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, надворная часть вблизи кургана, довольно часто.

2 (6). *Nigella arvensis* L. – Чернушка полевая. Однолетник, терофит, мезоксерофит, петрофильно-степной, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок, редко.

3 (7). *Thalictrum minus* L. – Василисник малый. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, кустарниково-лугово-степной, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок, редко.

П/Кл. Rosidae – Розиды

Пор. Caryophyllales – Гвоздичноцветные

Сем. 4. Polygonaceae Juss. – Гречишные

1 (8). *Polygonum × arenastrum* Boreau – Спорыш обыкновенный, простертый. Однолетник, терофит, мезофит, синантропный сорный, голарктический [2, 7, 25]. Каратаевский участок, рассеяно.

2 (9). *P. patulum* Bieb. – Спорыш отклоненный. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-петрофильный, евросибирский [25]. Ливенцовский участок: надворная часть, единично.

3 (10). *Rumex crispus* L. – Щавель курчавый. Многолетник, гемикриптофит, гигромезофит, сорно-луговой, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, единично.

Сем. 5. Plumbaginaceae Juss. – Свинчатковые (incl. Limoniaceae Lincz. – Кермековые)

1 (11). *Goniolimon tataricum* (L.) Boiss. – Углостебельник татарский, гониолимон татарский. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, петрофильно-степной, восточноевропейский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, надворная часть вблизи кургана, рассеяно.

Сем. 6. Chenopodiaceae Vent. – Маревые

1 (12). *Atriplex patula* L. – Лебеда раскидистая. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, голарктический [2, 25]. Ливенцовский участок: надворная часть, редко.

2 (13). *Chenopodium album* L. – Марь белая. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, мультирегиональный [2]. Каратаевский участок: надворная часть, часто.

3 (14). *Kochia prostrata* (L.) Schrad. – Кохия простёртая. Полукустарник, хамефит, ксерофит, пустынно-степной, общесредиземный [7]. Ливенцовский участок: склон кургана, единично.

4 (15). *Polycnemum arvense* L. – Хрупливник полевой. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-псаммофильный, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок, редко.

Сем. 7. Caryophyllaceae Vent. – Гвоздичные

1 (16). *Gypsophila paniculata* L. – Качим метельчатый. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, псаммофильно-лугово-степной, причерноморско-казахстанский [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, единично.

2 (17). *Silene pratensis* (Rafn) Godr. [*Melandrium album* (Mill.) Garcke] – Смолёвка луговая, дрёма белая. Двулетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-лугово-степной, палеарктический [2; 7]. Каратаевский участок: надворная часть, рассеяно.

3 (18). *S. supina* Bieb. – С. приземистая. Полукустарничек, хамефит, мезоксерофит, петрофильно-меловой, причерноморско-средиземноморский [2, 25]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, рассеяно.

4 (19). *S. wolgensis* (Hornem.) Otth [*Otites wolgensis* (Hornem.) Grossh.] – С. волжская. Двулетник, многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, псаммофильно-лугово-степной, южнопалеарктический [2, 7]. Повсеместно, редко.

Пор. Santalales – Санталоцветные

Сем. 8. Santalaceae R. Br. – Санталовые

1 (20). *Thesium arvense* Horv. – Ленец полевой. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, кустарниково-лугово-степной, причерноморско-казахстанский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Пор. Fabales – Бобовоцветные

Сем. 9. Fabaceae Lindl. – Бобовые

1 (21). *Astragalus onobrychis* L. – Астрагал эспарцетовый. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, степной, западнопалеарктический [7]. Каратаевский участок: надворная часть, редко.

2 (22). *Coronilla varia* L. – Вязель пёстрый. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, лугово-степной, западнопалеарктический [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости; Каратаевский участок: надворная часть; рассеянно.

3 (23). *Gleditsia triacanthos* L. – Гледичия трёхколючковая. Дерево, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (североамериканский) [2, 7]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены, рассеянно.

4 (24). *Medicago falcata* L. [incl. *M. romanica* Prod.] – Люцерна серповидная. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, сорно-кустарниково-степной, палеарктический [2, 7]. По всей территории Ливенцовской крепости, часто.

5 (25). *M. × varia* T. Martyn (*M. falcata* × *M. sativa*) – Л. пестрая. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, синантропный культигенный, адвентивный (культиген) [24]. Каратаевский участок: надворная часть, редко.

6 (26). *Melilotus officinalis* (L.) Pallas – Донник желтый, лекарственный. Двулетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-луговой, западнопалеарктический [2, 17]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, редко.

Пор. Rosales – Розоцветные

Сем. 10. Rosaceae Juss. – Розоцветные, Розовые

1 (27). *Armeniaca vulgaris* Lam. – Абрикос обыкновенный. Дерево, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (восточноазиатский) [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, ров вдоль восточного края крепостной стены, единично.

2 (28). *Crataegus rhipidophylla* Gand. [*C. curvisepala* Lindm.] – Боярышник вееролистный, обыкновенный, отогнуточашелистиковый. Кустарник, фанерофит, мезоксерофит, лесной, балкано-восточноевропейский [2, 26]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены, рассеянно.

3 (29). *Malus sylvestris* (L.) Mill. – Яблоня лесная. Дерево, фанерофит, мезофит, лесной, западнопалеарктический [7, 26]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, единично.

4 (30). *Padellus mahaleb* (L.) Vass. [*Padus mahaleb* (L.) Borkh., *Prunus mahaleb* L.; *Cerasus mahaleb* (L.) Mill.] – Черемуха магалевская, вишня антипка, махалевка обыкновенная. Кустарник, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (западно-средиземномоский) [2, 7]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены; Каратаевский участок: надворная часть, западный склон, часто.

5 (31). *Potentilla argentea* L. – Лапчатка серебристая. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, кустарниково-луговой, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть, редко.

6 (32). *P. recta* L. [incl. *P. leucotricha* (Borbás) Borbás, *P. obscura* Willd.] – Л. прямая. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: на остатках крепостного вала, рассеяно.

7 (33). *Prunus spinosa* L. [incl. *Prunus stepposa* Kotov] – Слива колючая, терн обыкновенный. Кустарник, фанерофит, ксеромезофит, кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7, 26]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены; Каратаевский участок: западные склоны; рассеяно.

8 (34). *Rosa corymbifera* Borkh. – Шиповник щитконосный. Кустарник, фанерофит, ксеромезофит, кустарниково-лесной, южнопалеарктический [2, 26]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены, надворная часть вблизи кургана, единично.

Сем. 11. Ulmaceae Mirb. – Вязовые

1 (35). *Celtis occidentalis* L. – Каркас западный. Дерево, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (североамериканский) [2]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

2 (36). *Ulmus pumila* L. [*U. pinnato-ramosa* Dieck ex Koehne] – Вяз низкий, приземистый. Дерево, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (восточносибирский) [2; 7]. По всей территории Ливенцовской крепости, рассеяно.

Сем. 12. Moraceae Link – Тувовые

1 (37). *Morus alba* L. – Шелковица белая. Дерево, фанерофит, ксеромезофит, синантропный культигенный, адвентивный (восточноазиатский) [2; 7]. Ливенцовский участок, рассеяно, повсеместно.

Пор. Fagales – Букоцветные

Сем. 13. Juglandaceae A. Rich. ex Kunth – Ореховые

1 (38). *Juglans regia* L. – Орех грецкий. Дерево, фанерофит, мезоксерофит, синантропный культигенный, адвентивный (малоазиатский) [2]. Каратаевский участок, единично.

Пор. Malpighiales – Мальпигиецветные

Сем 14. Euphorbiaceae Juss. – Молочайные

1 (39). *Euphorbia seguieriana* Neck. – Молочай Сегье. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, солончаково-луговой, причерноморско-казахстанский [7, 17]. Ливенцовский участок, повсеместно, рассеяно, местами массово.

2 (40). *E. virgata* Waldst. et Kit. – М. лозовидный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 25]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, ров вдоль восточного края крепостной стены, рассеяно.

Сем 15. Hypericaceae Juss. – Зверобойные

1 (41). *Hypericum perforatum* L. – Зверобой продырявленный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, кустарниково-петрофильно-степной, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок, Каратаевский участок, рассеяно.

Пор. Capparales – Каперсоцветные

Сем. 16. Resedaceae S. F. Gray – Резедовые

1 (42). *Reseda lutea* L. – Резеда желтая. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-петрофильно-степной, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана; Каратаевский участок: надворная часть; редко.

Сем 17. Brassicaceae Burnett (Cruciferae B. Juss.) – Капустные (Крестоцветные, Брассиковые)

1 (43). *Alyssum parviflorum* Fisch. ex M. Bieb. – Бурачок мелкоцветковый. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-степной, западно-средиземноморский [2, 24]. Ливенцовский участок: надворная часть, редко.

2 (44). *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. – Пастушья сумка обыкновенная. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, мультирегиональный [2, 7]. Каратаевский участок: надворная часть, рассеянно.

3 (45). *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl – Дескурения Софы, Кудрявец Софии. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, ксеромезофит, синантропный сорный, палеарктический [2]. Каратаевский участок: надворная часть, редко.

4 (46). *Erysimum canescens* Roth [*E. diffusum* Ehrh.] – Желтушник сероватый. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, мезоксерфит, петрофильно-степной, причерноморско-казахстанский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, редко.

5 (47). *Sisymbrium loeselii* L. – Гулявник Лёзеля. Однолетник, терофит, ксеромезофит, сорно-лугово-степной, палеарктический [2, 7]. Повсеместно, часто.

6 (48). *S. volgense* Bieb. ex Fourn. – Г. волжский. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-петрофильно-степной, южнопричерноморско-заволжский [7]. Ливенцовский участок: на остатках крепостного вала; Каратаевский участок: надворная часть, редко.

7 (49). *Thlaspi perfoliatum* L. – Ярутка пронзеннолистная. Однолетник, терофит, мезофит, сорно-петрофильно-кустарниковый, голарктический [2, 24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Пор. Malvales – Мальвоцветные

Сем. 18. Malvaceae Juss. – Мальвовые

1 (50). *Alcea rugosa* Alef. – Шток-роза морщинистая. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-кустарниково-степной, причерноморско-средиземноморский [2, 7, 17]. Ливенцовский участок: на остатках крепостного вала, редко.

Пор. Sapindales – Сапиндоцветные

Сем. 19. Aceraceae Juss. – Клёновые

1 (51). *Acer tataricum* L. – Клён татарский. Дерево, кустарник, фанерофит, мезофит, кустарниково-лесной, западно-средиземноморский [7]. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены, редко.

П/Кл. Asteridae – Астериды

Пор. Cornales – Кизилоцветные

Сем. 20. Cornaceae (Bercht. et J. Presl) Dumort. – Кизилы

1 (52). *Cornus sanguinea* L. [*Swida sanguinea* (L.) Opiz.] – Кизил кроваво-красный, свидина кроваво-красная. Кустарник, фанерофит, мезофит, кустарниково-лесной, западно-средиземноморский. Ливенцовский участок: ров вдоль восточного края крепостной стены, редко [2, 27].

Пор. Apiales – Зонтикоцветные

Сем. 21. Apiaceae Juss. – Сельдерейные, или Зонтичные

1 (53). *Eryngium campestre* L. – Синеголовник полевой. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, сорно-степной, балкано-восточноевропейский [2, 7]. Повсеместно, рассеянно.

2 (54). *Falcaria vulgaris* Bernh. – Резак обыкновенный. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, сорно-кустарниково-степной, западно-средиземноморский [2, 7]. Каратаевский участок, рассеянно.

3 (55). *Seseli tortuosum* L. – Жабрица извилистая. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, кустарниково-степной, балкано-восточноевропейский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, единично.

Пор. Dipsacales – Ворсянкоцветные

Сем. 22. Dipsacaceae Juss. – Ворсянковые

1 (56). *Cephalaria uralensis* (Murr.) Roem. et Schult. – Головчатка уральская. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, петрофильно-степной, причерноморско-казахстанский [2, 7]. Повсеместно, рассеянно.

Пор. Asterales – Астроцветные

Сем. 23. Asteraceae Dumort. – Астровые

1 (57). *Achillea nobilis* L. – Тысячелистник благородный. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, сорно-кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, единично.

2 (58). *A. setacea* Waldst. et Kit. – Т. щетинистый. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

3 (59). *Ambrosia artemisiifolia* L. – Амброзия полыннолистная. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, адвентивный (североамериканский) [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

4 (60). *Anthemis ruthenica* Vieb. – Пупавка русская. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-псаммофильно-степной, причерноморский [2, 7]. Ливенцовский участок, редко.

5 (61). *Artemisia absinthium* L. – Полынь горькая. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, синантропный сорный, палеактический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, редко.

6 (62). *A. austriaca* Jacq. – П. австрийская. Многолетник, Полукустарничек, гемикриптофит-хамефит, ксерофит, сорно-солонцевато-степной, западнопалеарктический [2, 7, 17]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, надворная часть вблизи кургана; Каратаевский участок; рассеянно.

7 (63). *A. campestris* L. – Полынь полевая. Полукустарничек, хамефит, мезофит, псаммо-петрофильно-степной, западнопалеарктический [24]. Повсеместно, рассеянно.

8 (64). *Carduus acanthoides* L. – Чертополох шиповатый, или колючий. Двулетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-кустарниковый, западно-средиземноморский [2, 7]. Каратаевский участок: надворная часть, единично.

9 (65). *Centaurea diffusa* Lam. – Василек раскидистый. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, мезоксерофит, сорно-петрофильный, балкано-восточноевропейский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

10 (66). *C. salnitana* Vis. – В. салоникский. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, петрофильно-степной, причерноморско-средиземноморский [24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости; Каратаевский участок: надворная часть; рассеяно.

11 (67). *Cichorium intybus* L. – Цикорий обыкновенный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-луговой, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, рассеянно.

12 (68). *Chondrilla juncea* L. – Хондрилла ситниковая. Двулетник, многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, сорно-псаммофильно-степной, западно-средиземноморский [2, 7]. Каратаевский участок, редко.

13 (69). *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen – Циклахена дурнишниковлистная. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, адвентивный (североамериканский) [2, 7]. Каратаевский участок: надворная часть, рассеяно.

14 (70). *Erigeron canadensis* L. [*Conyza canadensis* (L.) Cronq.] – Мелколепестник канадский, кониза канадская. Однолетник, терофит, мезофит, синантропный сорный, адвентивный (североамериканский) [2, 7]. Каратаевский участок: надворная часть, рассеяно.

15 (71). *Helichrysum arenarium* (L.) Moench – Цмин песчаный. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, петрофильно-псаммофильно-степной, западнопалеарктический [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, рассеяно.

16 (72). *Lactuca serriola* L. – Латук компасный. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, ксеромезофит, синантропный сорный, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

17 (73). *Senecio vernalis* Waldst. et Kit. – Крестовник весенний. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, мезофит, сорно-петрофильно-луговой, западно-средиземноморский [2, 7]. Каратаевский участок, редко.

18 (74). *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev – Пижма тысячелистная. Полукустарничек, хамефит, гемикриптофит, ксерофит, петрофильно-степной, причерноморско-казахстанский [7]. Ливенцовский участок: на склонах кургана, рассеяно.

19 (75). *T. vulgare* L. – П. обыкновенная. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, кустарниково-луговой, голарктический [2, 17]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, редко.

20 (76). *Tragopogon dasyrhynchus* Artemcz. – Козлобородник шиповатоносыков. Двулетник, гемикриптофит, мезоксерофит, кустарниково-псаммофильно-степной, восточнопричерноморско-заволжский [2, 7, 17]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, единично.

21 (77). *T. dubius* Scop. – К. сомнительный. Двулетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7, 17]. Ливенцовский участок, редко.

22 (78). *Xeranthemum annuum* L. – Сухоцвет однолетний. Однолетник, терофит, ксерофит, псаммофильно-петрофильно-степной, балкано-восточноевропейский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, рассеяно.

Пор. Lamiales – Ясноткоцветные

Сем. 24. Boraginaceae Juss. – Бурачниковые

1 (79). *Lithospermum arvense* L. [*Buglossoides arvensis* (L.) Johnst.] – Воробейник полевой. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Сем. 25. Convolvulaceae Juss. – Вьюнковые

1 (80). *Convolvulus arvensis* L. – Вьюнок полевой. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-степной, мультирегиональный [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана; Каратаевский участок; часто.

Сем. 26. Scrophulariaceae Juss. – Норичниковые

1 (81). *Linaria vulgaris* Mill. – Льянка обыкновенная. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, лугово-степной, палеарктический [7]. Каратаевский участок: надворная часть, рассеяно.

2 (82). *Odontites vulgaris* Moench – Зубчатка обыкновенная. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-степной, палеарктический [2, 24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, рассеяно.

3 (83). *Verbascum ovalifolium* Donn ex Sims – Коровяк овальнолистный. Однолетник, двулетник, терофит-гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-псаммофильно-степной, причерноморский [2, 24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

4 (84). *V. lychnitis* L. – К. мучнистый, метельчатый. Двулетник, гемикриптофит, мезоксерофит, степной, западно-средиземноморский [2, 24]. Ливенцовский участок: на склонах кургана; Каратаевский участок; редко.

5 (85). *Veronica spicata* L. – Вероника колосистая. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, кустарниково-степной, евросибирский [2, 17]. Ливенцовский участок: на остатках крепостного вала, редко.

Сем. 27. Plantaginaceae Juss. – Подорожниковые

1 (86). *Plantago lanceolata* L. – Подорожник ланцетный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, сорно-степной, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Сем. 28. Lamiaceae Juss. – Яснотковые

1 (87). *Ajuga chamaepitys* L. [*A. chia* Schreb.] – Живучка низенькая. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, сорно-степной, западно-средиземноморский [2, 24]. Каратаевский участок: надворная часть, южный склон, часто.

2 (88). *Ballota nigra* L. – Белокудренник черный. Многолетник, гемикриптофит, мезофит, сорно-кустарниковый, западнопалеарктический [2, 7]. Каратаевский участок, редко.

3 (89). *Lamium amplexicaule* L. – Яснотка стеблеобъемлющая. Однолетник, терофит, мезофит, сорно-степной, голарктический [2, 7]. Ливенцовский участок, редко.

4 (90). *Marrubium praecox* Janka – Шандра ранняя. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, сорно-петрофильно-степной, причерноморско-средиземноморский [2, 7, 17]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, редко.

5 (91). *Salvia nemorosa* L. [incl. *S. tesquicola* Klokov et Pobed.] – Шалфей дубравный. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, псаммофильно-петрофильно-степной, западнопалеарктический [2, 24]. Повсеместно, часто.

6 (92). *Stachys recta* L. [incl. *S. atherocalyx* C. Koch] – Чистец прямой. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, петрофильно-степной, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, редко.

7 (93). *Teucrium polium* L. – Дубровник белойочный. Полукустарничек, хамефит, ксерофит, петрофильно-степной, западно-средиземноморский [2, 24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

8 (94). *Thymus marschallianus* Willd. – Тимьян Маршалла. Полукустарничек, хамефит, ксерофит, степной, евросибирский [2, 24]. Повсеместно, редко.

Пор. Gentianales – Горечавкоцветные

Сем. 29. Rubiaceae Juss. – Мареновые

1 (95). *Galium humifusum* Vieb. – Подмаренник распростертый. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, псаммофильно-петрофильный, западно-средиземноморский [2, 7, 17]. Повсеместно, рассеянно.

2 (96). *G. octonarium* (Klokov) Soó – П. восьмилистный. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, балкано-восточноевропейский [2, 24]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Monocotyledones – Однодольные

П/Кл. Liliidae – Лилииды

Пор. Asparagales – Спаржецветные

Сем. 30. Alliaceae Agardh – Луковые

1 (97). *Allium podolicum* Blocki ex Racib. et Szafer – Лук подольский. Многолетник, криптофит (геофит), мезоксерофит, степной, причерноморский [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, по обочинам дороги, единично.

2 (98). *A. rotundum* L. – Л. округлый. Многолетник, криптофит (геофит), мезоксерофит, степной, западно-средиземноморский [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Сем. 31. Asparagaceae Juss. – Спаржевые

1 (99). *Asparagus officinalis* L. – Спаржа лекарственная. Многолетник, криптофит (геофит), ксерофит, лугово-степной, западнопалеарктический [7]. Ливенцовский участок: на остатках крепостного вала, единично.

Пор. Poales – Злакоцветные**Сем. 32. Cyperaceae Juss. – Осоковые**

1 (100). *Carex melanostachya* Bieb. ex Willd. – Осока чёрноколосая. Многолетник, криптофит (гелофит), ксеромезофит, луговой, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

Сем. 33. Poaceae Barnhart – Мятликовые, Злаки

1 (101). *Aegilops cylindrica* Host – Эгилопс цилиндрический. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-степной, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, по обочинам грунтовых дорог, рассеяно.

2 (102). *Agropyron pectinatum* (Vieb.) Beauv. – Житняк гребневидный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, петрофильно-степной, западно-средиземноморский [2, 17]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, рассеяно.

3 (103). *Anisantha sterilis* (L.) Nevski – Неравноцветник бесплодный. Однолетник, терофит, мезоксерофит, сорно-петрофильный, западно-средиземноморский [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, надворная часть, рассеяно, местами массово.

4 (104). *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub – Кострец безостый. Многолетник, криптофит (геофит), ксеромезофит, сорно-кустарниково-луговой, палеарктический [2, 17]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, обычно, местами массово; Каратаевский участок, рассеяно.

5 (105). *Bromus squarrosus* L. – Костёр растопыренный. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, западно-средиземноморский [2, 17]. Повсеместно, часто, местами массово.

6 (106). *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth – Вейник наземный. Многолетник, криптофит (геофит), мезоксерофит, псаммофильно-луговой, палеарктический [2, 17]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

7 (107). *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng – Змеёвка растопыренная. Многолетник, гемикриптофит, мезоксерофит, псаммофильно-степной, причерноморско-казахстанский [7]. Ливенцовский участок: на залежных участках надворной части крепости вблизи кургана, единично.

8 (108). *Elytrigia repens* (L.) Nevski – Пырей ползучий. Многолетник, криптофит (геофит), мезофит, луговой, палеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, склоны восточного края крепостной стены, рассеяно.

9 (109). *Festuca valesiaca* Gaud. – Овсяница валлисская, типчак. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, западнопалеарктический [7, 17]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, часто, местами массово.

10 (110). *Hordeum murinum* L. [incl. *H. leporinum* Link] – Ячмень мышиный. Однолетник, терофит, ксеромезофит, синантропный сорный, восточноевропейский [2, 7]. Ливенцовский участок: надворная часть вблизи кургана, по обочинам дороги, редко.

11 (111). *Koeleria cristata* (L.) Pers. – Тонконог гребенчатый. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, голарктический [7, 17]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, рассеяно, местами массово.

12 (112). *Melica transsilvanica* Schur. – Перловник трансильванский. Многолетник, криптофит (геофит), мезоксерофит, кустарниково-петрофильно-степной, западнопалеарктический [2, 17]. Каратаевский участок: южный край крепости, склон южной экспозиции, редко.

13 (113). *Poa angustifolia* L. – Мятлик узколистный. Многолетник, гемикриптофит, ксеромезофит, лугово-степной, голарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, на остатках крепостного вала, часто, местами массово.

14 (114). *P. bulbosa* L. [*P. crispa* Thuil.] – М. живородящий. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, западно-средиземноморский [7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

15 (115). *P. compressa* L. – М. сплюснутый. Многолетник, криптофит (геофит), мезоксерофит, кустарниково-степной, западнопалеарктический [2, 7]. Ливенцовский участок: восточная часть крепости, редко.

16 (116). *Stipa capillata* L. – Ковыль волосовидный. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, южнопалеарктический [7, 17]. Каратаевский участок: южный край крепости, склон южной экспозиции, рассеяно.

17 (117). *S. lessingiana* Trin. et Rupr. – К. Лессинга. Многолетник, гемикриптофит, ксерофит, степной, причерноморско-казахстанский [7, 17]. Каратаевский участок: южный край крепости, склон южной экспозиции, рассеяно.

Систематическая структура флоры памятника археологии «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» близка к таковой для Ростовской области в целом [21]. Лидирующими семействами являются Asteraceae – 22 вида, Poaceae – 17 видов. При этом во флоре археологического комплекса отмечена достаточно высокая представленность семейства Rosaceae, делящего третью – четвертую позицию с семейством Lamiaceae. Сравнительная характеристика с составом флоры Ростовской области представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Состав ведущих семейств флоры памятника археологии
«Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы»**

№ п/п	Название семейства	Во флоре памятника археологии		Во флоре Ростовской области	
		Число видов	Доля видов, %	Доля, %	Место
1	Астровые (Asteraceae)	22	18,8	13,6	1
2	Мятликовые (Poaceae)	17	14,5	9,0	2
3	Губоцветные (Lamiaceae)	8	6,8	4,3	6
4	Розовые (Rosaceae)	8	6,8	–	–
5	Капустные (Brassicaceae)	7	6,0	6,2	3
6	Бобовые (Fabaceae)	6	5,1	6,0	4
7	Норичниковые (Scrophulariaceae)	5	4,3	4,2	7
8	Гвоздичные (Caryophyllaceae)	4	3,4	4,4	5
9	Маревые (Chenopodiaceae)	4	3,4	–	–

Сравнительный анализ распределения ведущих семейств в составе изучаемой флоры и во флоре Ростовской области в целом показывает, что состав восьмерки ведущих семейств обеих флор в целом сходен, при этом их распределение в головной части списка несколько различается. Наблюдаемое сходство свидетельствует о том, что за 50-летний период, прошедший со времени окончания археологических изысканий, сопровождавшихся вскрытием погребенных культурных слоев и значительным нарушением растительного покрова, видовое богатство территории в значительной мере восстановилось, и в настоящее время сложившееся разнообразие биотопов изученной части археологического комплекса в общих чертах отражает ландшафтные и эдафические условия водоразделов юго-запада Ростовской области.

Отмеченная выше высокая позиция семейства Rosaceae объясняется тем, что во флоре археологического памятника розоцветные представлены преимущественно древесными формами, произрастающими на склонах и по рву вдоль крепостной стены, включая заносные виды *Armeniaca vulgaris* и *Padellus mahaleb*.

В состав лидирующих семейств вошли также семейства Brassicaceae, Fabaceae, Scrophulariaceae. Существенную долю семейства Chenopodiaceae в составе флоры памятника археологии можно объяснить продолжающимся антропогенным воздействием, прежде всего в форме рекреационной нагрузки, что способствует поддержанию сорных видов.

Суммарная доля видов десяти ведущих семейств составляет 71,8 % от общего числа видов, отмеченных на территории объекта.

Наиболее крупными родами в составе флоры объекта культурного наследия «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» являются: *Artemisia* L., *Poa* L., *Silene* L. (в широком понимании), насчитывающие по 3 вида каждый, 12 родов содержат по 2 вида.

Среднее число видов в роде составляет 1,19; родов в семействе – 2,97; видов в семействе – 3,55. Эти значения закономерно ниже приводимых для области в целом (3,0 вида на род и 14,3 вида на семейство), что обусловлено более низким флористическим богатством и относительным однообразием ландшафтных и эдафических условий в пределах объекта, в первую очередь – отсутствием болотных и прибрежно-водных биотопов, а также высокой степенью антропогенной нагрузки на территорию, ввиду соседства с частными домовладениями, железнодорожными путями и, в целом, расположением в черте крупного города.

В составе флоры отмечено 16 семейств, насчитывающих по одному виду (48,5 % от общего числа), и 19 семейств, представленных единственным родом (57,6 %).

К однодольным растениям относится 21 вид из 17 родов 4 семейств, что составляет 17,9 % от общего числа видов. К числу двудольных принадлежит 95 видов из 80 родов 28 семейств, что составляет 81,2 % от общего числа видов.

Таким образом, изучаемая флора представлена голосеменными и покрытосеменными видами растений, среди которых преобладают двудольные (табл. 2).

Таблица 2

**Систематический состав флоры объекта культурного наследия
«Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы»**

Систематические группы	Число видов	В % от общего числа видов	Число родов	В % от общего числа родов
<i>Gnetopsida</i>	1	0,9	1	1,0
<i>Dicotyledones</i>	95	81,2	80	81,6
<i>Monocotyledones</i>	21	17,9	17	17,4
Всего:	117	100	98	100

Отношение однодольных и двудольных видов растений составляет 1:4,5, что свидетельствует о сравнительно малом участии однодольных в сложении флоры [20]. Это может объясняться тем фактом, что в числе ведущих семейств флоры однодольные представлены только крупным семейством Poaceae.

В биоморфологическом спектре флоры объекта культурного наследия ожидаемо лидирует группа многолетних поликарпических трав – 56 видов (47,9 %). За ними следует группа травянистых однолетников – 26 видов (22,2 %) (рис. 2, 3). Суммарное число монокарпических трав составляет 39 видов (33,3 %), древесных растений – 13 видов (11,1 %). Таким образом, в общих чертах биоморфологический спектр флоры Ливенцовского археологического комплекса близок к таковому для некоторых других регионов степной зоны юга России [4], отличаясь несколько меньшим содержанием травянистых монокарпиков и более высокой представленностью древесных форм.



Рис. 2. Разнотравно-неравноцветниково-кострцовое сообщество в надворной части крепости



Рис. 3. Коровяк метельчатый (*Verbascum lychnitis* L.) в несомкнутом сообществе на древних антропогенных отложениях

Гидроморфологическая структура анализируемой флоры отличается резко выраженной ксероморфностью: суммарная доля видов мезоморфной группы (52,1 %) незначительно превышает суммарную долю видов ксероморфной группы (47,9 %). Гигрофиты в составе флоры отсутствуют, гигромезофиты представлены единственным видом – *Rumex crispus*. Наблюдаемое распределение гидроморф обусловлено отсутствием в границах объекта местообитаний, пригодных для произрастания видов гигроморфной группы.

Адвентивная фракция флоры объекта культурного наследия «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» представлена 11 видами более или менее устойчиво колонизировавшихся либо натурализовавшихся сосудистых растений, что составляет 9,4 % от общего видового разнообразия. Таким образом, индекс адвентизации флоры археологического комплекса соответствует приводимому для региона в целом – около 10 % [22].

Ведущие показатели адвентивного компонента в значительной степени отличаются от присущих флоре изучаемой территории в целом. Так, в систематическом отношении более половины от общего числа адвентивных видов составляют представители четырех семейств: Asteraceae (3 вида), Rosaceae, Fabaceae и Ulmaceae (по 2 вида), причем семейство Ulmaceae в изучаемой флоре представлено исключительно заносными видами. В биоморфологическом спектре лидируют древесные растения (8 видов, или 63,6 %), включая 1 кустарник – *Padellus mahaleb* – и 7 видов деревьев (рис. 4). На втором месте (3 вида, или 27,3 %) – травянистые однолетники. В распределении по первичным ареалам преобладает группа североамериканских видов – 5 видов, или 45,5 % (*Gleditsia triacanthos*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Erigeron canadensis* и др.); за ними следуют восточноазиатские виды – 2 вида, или 18,2 % (*Morus alba* и *Armeniaca vulgaris*).



Рис. 4. Дрестовый с преобладанием *Padellus mahaleb* (L.) Vass. на днище рва у остатков крепостной стены

Наблюдаемый характер адвентивной фракции флоры объясняется ее происхождением. Абсолютное большинство выявленных чужеродных видов растений принадлежит к числу древесных эргазиофитов, проникших на территорию археологического комплекса с окружающих его приусадебных участков (*Morus alba*, *Armeniaca vulgaris*, *Juglans regia* и др.) и из состава уличных насаждений (*Gleditsia triacanthos*, *Celtis occidentalis*, *Ulmus pumila*). В границах изучаемого объекта эти виды формируют дрестовый смешанного состава вдоль крепостной стены и рва по восточному краю Ливенцовского участка крепости, а также заселяют склоны и незначительные понижения рельефа (рис. 5). Группа ксенофитов представлена немногочисленными синантропными сорными видами североамериканского происхождения (*Ambrosia artemisiifolia*, *Cyclachaena xanthiifolia* и *Erigeron canadensis*), которые приурочены к участкам с несформированным и отчасти вторично нарушенным растительным покровом и характеризуются сравнительно невысокими показателями встречаемости и обилия.



Рис. 5. Возобновление *Padellus mahaleb* и *Ulmus pumila* L. на древних антропогенных отложениях

В составе флоры археологического комплекса не выявлено охраняемых видов растений. Перечень видов растений, нуждающихся в особом внимании к их состоянию и мониторинге на территории Ростовской области, представлен одним видом – васильком салоницким (*Centaurea salonitana* Vis.) [4]. Это петрофильно-степной травянистый стержнекорневой поликарпик, находящийся в Ростовской области у северной границы распространения. На территории Ливенцовского археологического комплекса василёк салоницкий отмечен на открытых участках с несформированным или нарушенным почвенным покровом и несомкнутым травостоем, что соответствует экологическим потребностям вида. Вид встречается рассеянно, с невысокими показателями обилия. Общая численность и состояние ценопопуляций данного вида на территории комплекса требуют целенаправленного изучения.

Выводы

Таким образом, в результате первичной инвентаризации объекта культурного наследия «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» установлено, что флора изучаемой территории включает 117 видов высших сосудистых растений, относящихся к 98 родам 33 семейств.

Систематическая и биоморфологическая структура флоры археологического комплекса сохраняют общие особенности, характеризующие флоры степной зоны юга России.

Степень адвентизации флоры территории археологического комплекса – 9,4 %, что соответствует общему значению для флоры Ростовской области в целом. В составе флоры обнаружен один регионально редкий вид – *C. salonitana*.

В дальнейшем планируется провести повторное обследование территории для уточнения видового состава и экотопической приуроченности видов сосудистых растений, а также выявить фитоценоотическое разнообразие растительного покрова археологического комплекса.

Список литературы

1. Братченко С. Н. Левенцовская крепость. Памятник культуры бронзового века // Материалы и исследования по археологии Восточной Украины. Луганск, 2006. С. 32–307.
2. Вахненко Д. В. Антропогенная трансформация флоры Северо-Восточного Приазовья в пределах Ростовской городской агломерации: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Ростов н/Д., 2000. 326 с.

3. Жмылёв П. Ю., Уланова Н. Г., Чередниченко О. В. Биоразнообразие флористического состава фитоценозов. Подходы и методы: Учеб. пособие. М.: МАКС Пресс, 2021. 112 с.
4. Ильюков Л. С. Кто осаждал Ливенцовско-Каратаевскую крепость в низовьях Дона? // Краткие сообщения Института археологии. 2013. Вып. 231. С. 21–28.
5. Красная книга Ростовской области. Т. 2. Растения и грибы / Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. Издание 3-е. Ростов н/Д.; Белгород: КОНСТАНТА, 2024. 472 с.
6. Лактионов А. П. Отчет о ботанических работах, выполненных в заповеднике под руководством д. б. н., профессора А. П. Лактионова // Слежение за ходом естественных процессов в эталонных экосистемах заповедника «Ростовский», 2021 год (Летопись природы. Кн. 20). Пос. Орловский, 2022. С. 161–214 [рукопись].
7. Лактионов А. П. Флора Астраханской области. Астрахань: Издат. дом «Астраханский университет», 2009. 296 с.
8. Ларенок О. П. Относительная хронология Ливенцовско-Каратаевской крепости: от северокавказских истоков до военного столкновения // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 153–156.
9. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2014. 635 с.
10. Миллер А. А. Краткий отчет о работах Северо-Кавказской экспедиции ГАИМК в 1924 и 1925 гг. // Сообщения Государственной академии истории материальной культуры. Ч. 1. Л., 1926. С. 71–142.
11. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с.
12. Паспорт объекта культурного наследия «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы». Составитель Кузьмин В. Н. Министерство культуры Российской Федерации. 2004 г. 10 с.
13. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн-атлас и определитель растений. 2007–2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 27.07.2025).
14. Полевые методы исследований растений: учеб. пособие по проведению полевых практик / А. С. Лукаткин, В. К. Левин, В. В. Лещанкина [и др.]; под общ. ред. проф. А. С. Лукаткина. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2004. 160 с.
15. Портал открытых данных Министерства культуры Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn/63/438794> (дата обращения: 20.10.2025).
16. Сагалаев В. А. Флора степей и пустынь Юго-Востока Европейской России, ее генезис и современное состояние: дис. ... д-ра биол. наук: спец. 03.00.05. М., 2000. 1005 с.
17. Сагалаев В. А. Географический анализ аридной флоры степей и пустынь юго-востока европейской части России // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Сер. Естественные и физико-математические науки. 2004. № 4 (09). С. 27–43.
18. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 146–205.
19. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
20. Степанова Н. Ю. Флора Кумо-Манычской впадины: автореф. дис. ... канд. биол. наук спец. 03.02.01. М., 2012. 23 с.
21. Степанова Н. Ю. Флористические находки на юге европейской части России (Кумо-Манычская впадина и Прикаспийская низменность) // Ботанический журнал. 2014. Т. 99, № 12. С. 1387–1396.
22. Толмачёв А. И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.

23. Федяева В. В. Растительный покров // Природные условия и естественные ресурсы Ростовской области / под ред. Ю. П. Хрусталева [и др.]. Ростов-на-Дону; Батайск: Батайское кн. изд-во, 2002. С. 226–282.
24. Флора европейской части СССР. Т. 1–8. Л.: Наука, 1974–1994. 403 с.
25. Флора Восточной Европы. Т. 9 / под ред. Н. Н. Цвелева. СПб.: Мир и семья-95, 1996. 451 с.
26. Флора Восточной Европы. Т. 10 / под ред. Н. Н. Цвелева. СПб.: Мир и семья; Изд-во СПХВА, 2001. 670 с.
27. Флора Восточной Европы. Т. 11 / под ред. Н. Н. Цвелева. М.; СПб.: Т-во науч. изданий КМК, 2004. 536 с.
28. Флора Нижнего Дона / ред. Г. М. Зозулин, В. В. Федяева. Т. 1–2. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1984–1985. 518 с.
29. Флора Нижнего Поволжья. Т. 1 / отв. ред. А. К. Скворцов. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. 435 с.
30. Флора Нижнего Поволжья. Т. 2, ч. 1. Раздельнолепестные двудольные цветковые растения (Salicaceae – Droseraceae) / отв. ред. Н. М. Решетникова; Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2018. 497 с.
31. Флора Нижнего Поволжья. Т. 2, ч. 2. Раздельнолепестные двудольные цветковые растения (Crassulaceae – Cornaceae) / отв. ред. Н. М. Решетникова; Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2018. 519 с.
32. Цвелев Н. Н., Пробатова Н. С. Злаки России. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2019. 646 с.
33. Raunkiaer C. Life forms of plants and Statistical plant geography. Oxford: The Clarendon Press, 1934. 632 p.

Поступила в редакцию 24.10.2025 г.

Gudzenko E. O., Karasyova T. A. Summary of the flora of the Liventsovsky archaeological complex of the Bronze Age. – The article provides the results of the primary inventory of the flora of the archeological monument "Liventsovsky archaeological complex of the Bronze Age." On the territory of the cultural heritage site, 117 species of vascular plants from 98 genera and 33 families were identified. The systematic structure of the analyzed flora is close to the structure of the flora of the Rostov region as a whole. The adventitious component of the flora is represented by 11 species, the basis of which are woody ergasiophytes. Among the found regionally rare species that require special attention to the state of populations is *Centaurea salonitana* Vis.

Keywords: flora, archeological monument, systematic composition, adventitious component.

Гудзенко Евгения Олеговна

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.

E-mail: egudzenko@sfsedu.ru

ORCID: 0009-0006-6463-4004

AuthorID: 1140149

Карасёва Татьяна Александровна

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.

E-mail: takaras@yandex.ru

ORCID 0000-0003-4170-9123

Author ID: 787372

Gudzenko Evgeniya Olegovna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Botany, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Karasyova Tatyana Aleksandrovna

Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Botany, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

© Н. А. Дьякова

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ
АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1*

Дьякова Н. А. Аналитическая оценка эколого-гигиенического состояния почв антропогенно нарушенных территорий Воронежской области. – В статье приведены результаты изучения качества почв агро-, урбоценозов Воронежской области. Показано относительное экологическое благополучие почв по содержанию конкретных токсичных элементов. При этом анализ суммарных показателей загрязнения показал, что допустимую степень имеют лишь 10 проб. К наиболее опасным отнесены территории на удалении 0–100 м от автотрасс, железной дороги, вблизи аэропорта, предприятий, улиц городов.

Ключевые слова: почва, урбоценозы, агроценозы, тяжелые металлы, мышьяк, суммарный показатель загрязнения.

Введение

Одной из глобальных проблем современности является загрязнение окружающей среды [4, 21]. Увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду обуславливает необходимость постоянного мониторинга эколого-гигиенического состояния как естественных экосистем, так и искусственно созданных человеком [5, 8]. В данных условиях почва, а особенно верхние ее слои, является ключевым депонирующим компонентом антропогенной экосистемы [1, 6].

Воронежская область является одним из крупнейших промышленных и растениеводческих субъектов Центрального федерального округа. Регион обладает ежегодным приростом индекса промышленного производства, составляющим на 2023 год 107 %) и отличается наличием крупных промышленных предприятий химической индустрии, электроэнергетики, машиностроения, активным развитием сельского хозяйства, высокой плотностью различных транспортных магистралей [4, 7, 12, 18].

Одними из наиболее опасных экотоксикантов, отличающихся высокой устойчивостью, широким распространением, способностью к биогенным миграциям и кумуляции в живых организмах, являются тяжелые металлы и мышьяк [6, 8, 13]. Основными источниками загрязнения окружающей среды данными экотоксикантами являются автотранспорт, применение ядохимикатов и удобрений, выбросы промышленных предприятий [18, 19]. Выбросы автотранспорта происходят непосредственно над поверхностью почвы, однако, концентрация токсичных элементов и расстояние, на которое осуществляется их рассеивание значительно варьируют [2, 3, 20]. Распространение тяжелых металлов и мышьяка от промышленных предприятий зависит от розы ветров, климатических и погодных условий, особенностей очистных и выхлопных сооружений [11, 15].

Высокая антропогенная нагрузка на окружающую среду диктует необходимость постоянного мониторинга экологического состояния и основных тенденций развития существующих агро- и урбоценозов. Эколого-гигиеническая оценка качества почв различных субъектов нашей страны и ближнего зарубежья подтверждает необходимость проведения таких региональных исследований [2, 3, 9, 10, 15, 17, 19–21].

В настоящее время большинство научных исследований по изучению качества почв преимущественно сводится к определению содержания различных экотоксикантов и индивидуальному анализу по каждому компоненту. Однако, необходимо учитывать, что вредное воздействие загрязняющие вещества оказывают при совместном присутствии,

зачастую усиливая токсическое действие друг друга. А потому необходимо анализировать содержание различных экотоксикантов комплексно, принимая во внимание относительный уровень загрязнения сразу несколькими токсичными веществами.

Принимая во внимание ежегодно возрастающее воздействие на флору и фауну тяжелых металлов, как наиболее приоритетных экотоксикантов в силу их распространенности, токсического эффекта и способности к кумуляции, а также потенцирующее токсическое действие при совместном присутствии [2, 4, 17], необходимо аналитическое изучение эколого-гигиенического состояния почв агро- и урбоценозов Воронежской области.

Цель исследования – представить результаты аналитического изучения эколого-гигиенического состояния верхних слоев почв агро- и урбоценозов Воронежской области.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2018–2022 гг. на примере учетных площадок, заложенных в Воронежской области на территории сельскохозяйственных полей наиболее важных районов растениеводства, а также вблизи наиболее значимых объектов хозяйственного пользования особенностями воздействия человека [8, 11, 18]. Для контроля закладывали несколько учетных площадок в естественных биоценозах на территориях, лишенных антропогенного воздействия (табл. 1).

Пробы почв отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019 методом конверта. Исследовали верхние слои почв (0–20 см), так как именно они подвергаются наибольшему антропогенному воздействию.

Определяли содержание элементов 1 класса опасности – мышьяка, кадмия, ртути, свинца, цинка, никеля, а также некоторых токсичных металлов 2 класса опасности – меди, хрома и кобальта [16]. Определение содержания в почвах токсичных элементов проводили в соответствии с «МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД. Для количественного определения ртути и мышьяка использовали ртутно-гидридную приставку РГП-915. Анализ осуществлялся с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения определения определяли при доверительной вероятности 95 %.

Для комплексной оценки загрязнения почв антропогенно нарушенных территорий анализируемыми экотоксикантами использовали суммарный показатель загрязнения, позволяющий использовать уровень количественного содержания загрязняющих веществ в качестве индикатора вредного воздействия на качество жизни и здоровья населения. Суммарный показатель загрязнения (Z_c) рассчитывали в соответствии с нормативными требованиями [14] по формулам:

$$Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1) \quad (1)$$

$$K_{ci} = \frac{c_i}{c_{\phi}} \quad (2)$$

где n – число определяемых экотоксикантов;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го экотоксиканта;

c_i – реальное содержание экотоксиканта;

c_{ϕ} – фоновое содержание экотоксиканта.

В качестве фоновых значений принимали среднее содержание экотоксикантов в контрольных пробах. Интерпретация степени опасности загрязнения почв осуществлялась по шкале, в которой соответствие величины Z_c определяется следующим образом:

<16: допустимая степень опасности;

16–32: умеренно опасная степень загрязнения;

32–128: опасная степень загрязнения;

>128: чрезвычайно опасная степень загрязнения.

Результаты и обсуждение

По содержанию ртути все пробы почв региона можно признать удовлетворительными (табл. 1), а содержание элемента невысоким (не превышало 50 % от ОДК [16]). Относительно более высокие значения концентрации элемента отмечены в пробах, отобранных на улице г. Воронежа, ТЭЦ «ВОГРЭС», вблизи железной дороги, что можно объяснить хроническим загрязнением промышленными и транспортными выбросами [6, 17].

Таблица 1

Содержание токсичных элементов в пробах почв и суммарный показатель загрязнения

№ п/п	Территория отбора проб	Тип почвы	Элемент, мг/ кг									Z _c
			Hg	Cd	Pb	As	Co	Cr	Ni	Zn	Cu	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контрольные площадки												
1	Воронежский заповедник (Верхнехавский р-н)	дерновые лесные	0,04	0,02	4,1	0,9	3,0	3,9	2,2	11,5	3,3	-
2	Теллермановский лес (Борисоглебский р-н)	темно-серые лесные	0,01	0,03	4,7	0,6	1,8	2,9	2,9	25,6	6,8	-
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	пойменно-лесные серые глееватые	0,02	0,07	4,3	0,6	2,2	4,6	5,8	17,3	7,4	-
Агроценоотические площадки												
4	Агроценоз Верхнехавского р-на	черноземы обыкновенные	0,09	0,30	11,5	1,3	6,4	10,5	4,9	29,1	26,8	21
5	Агроценоз Воробьевского р-на	черноземы обыкновенные	0,06	0,10	2,8	0,7	5,1	4,0	7,3	14,8	23,4	9
6	Агроценоз Грибановского р-на	черноземы солонцеватые	0,02	0,07	6,2	1,3	4,0	4,2	11,8	35,7	18,0	9
7	Агроценоз Лискинского р-на	черноземы обыкновенные	0,05	0,34	7,8	0,7	9,3	9,6	1,5	9,6	17,9	16
8	Агроценоз Нижнедевицкого р-на	черноземы обыкновенные	0,06	0,16	9,0	0,6	6,3	17,5	1,5	17,0	13,9	13
9	Агроценоз Новохоперского р-на	черноземы обыкновенные	0,01	0,21	4,4	1,1	4,0	2,5	4,8	17,9	10,6	7
10	Агроценоз Ольховатского р-на	черноземы обыкновенные	0,07	0,25	1,7	1,0	5,5	12,7	9,0	30,2	9,3	14
11	Агроценоз Панинского р-на	черноземы обыкновенные	0,10	0,24	6,9	1,3	8,6	12,9	10,9	47,9	10,3	20
12	Агроценоз Петропавловского р-на	черноземы обыкновенные	0,07	0,26	4,6	0,7	10,0	8,4	1,4	28,9	29,6	17
13	Агроценоз Подгоренского р-на	черноземы обыкновенные	0,03	0,24	3,2	0,9	7,4	4,5	13,8	26,6	26,9	16
14	Агроценоз Репьевского р-на	черноземы обыкновенные	0,09	0,17	3,2	1,2	9,9	7,3	6,2	21,1	9,4	13
15	Агроценоз Россошанского р-на	черноземы обыкновенные	0,13	0,24	6,8	1,2	8,3	8,5	14,6	25,0	28,8	23
16	Агроценоз Хохольского р-на	черноземы обыкновенные	0,03	0,18	3,5	0,8	7,0	6,6	12,1	41,8	15,5	13
17	Агроценоз Эртильского р-на	черноземы обыкновенные	0,11	0,32	13,1	0,7	4,6	4,7	13,0	46,7	15,0	21
Урбоценоотические площадки												
18	Вблизи международного аэропорта Воронеж	аллювиальные засоленные	0,12	0,21	33,8	1,6	6,3	24,6	15,5	25,9	28,1	32
19	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж)	аллювиальные луговые оглеенные суглинистые	0,15	0,12	17,4	1,6	11,3	43,5	4,2	132,1	28,7	37
20	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский р-н)	черноземы обыкновенные	0,12	0,52	10,1	2,8	18,9	45,2	28,5	154,5	51,6	62

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский р-н)	черноземы обыкновенные	0,06	0,71	34,6	3,1	16,7	37,7	98,3	128,7	62,4	87
22	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	аллювиальные луговые оглеенные суглинистые	0,16	0,09	7,3	3,8	12,1	36,7	5,4	94,3	37,9	36
23	На удалении 0–100 м от низовья Воронежского водохранилища	серые лесостепные среднесуглин истые	0,14	0,16	11,9	1,5	7,3	18,1	8,5	37,1	7,9	20
24	Улица г. Борисоглебск	черноземы типичные	0,05	0,47	12,4	1,1	10,5	25,3	14,9	95,5	24,6	35
25	Улица г. Воронеж	урбано- дерново- лесные песчаные	0,16	0,19	15,8	1,7	21,8	35,5	6,2	123,3	38,3	43
26	Улица г. Калач	черноземы обыкновенные	0,02	0,13	14,0	1,1	9,1	42,8	29,9	81,5	39,2	36
27	Улица г. Нововоронеж	черноземы выщелочные	0,09	0,02	4,5	0,8	4,4	8,3	2,2	13,9	4,7	5
28	Улица г. Острогожск	черноземы солонцеватые	0,03	0,19	7,7	0,9	7,3	23,4	10,8	42,7	16,5	19
29	Улица г. Семилуки	черноземы солонцеватые	0,02	0,10	9,9	1,1	10,6	26,4	8,3	50,8	27,7	21
30	0 м от железнодорожных путей (Верхнехавский р-н)	серые лесные суглинистые	0,24	0,30	20,2	0,9	12,8	18,3	28,0	90,9	65,4	50
31	100 м от железнодорожных путей (Верхнехавский р-н)	серые лесные суглинистые	0,06	0,22	6,2	0,8	9,6	14,2	15,6	83,7	58,0	29
32	200 м от железнодорожных путей (Верхнехавский р-н)	серые лесные суглинистые	0,07	0,45	3,9	0,4	4,1	10,5	10,2	74,4	42,8	27
33	300 м от железнодорожных путей (Верхнехавский р-н)	серые лесные суглинистые	0,02	0,40	3,0	0,1	2,2	9,4	6,3	64,8	31,4	18
34	0 м от дороги обычного типа (Богучарский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,13	10,7	1,1	7,9	16,6	4,8	54,8	27,9	17
35	100 м от дороги обычного типа (Богучарский р-н)	черноземы обыкновенные	0,01	0,09	4,1	1,0	6,2	12,5	3,9	50,7	26,8	11
35	200 м от дороги обычного типа (Богучарский р-н)	черноземы обыкновенные	0,01	0,04	3,7	0,9	6,4	15,0	3,4	51,5	29,5	11
37	300 м от дороги обычного типа (Богучарский р-н)	черноземы обыкновенные	0,01	0,04	3,3	0,7	6,3	11,1	3,0	36,8	21,5	7
38	0 м от автомагистрали А144 (Аннинский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,34	24,8	1,3	10,5	26,9	39,4	105,6	42,7	45
39	100 м от автомагистрали А144 (Аннинский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,29	17,7	1,1	11,2	28,4	31,3	98,5	36,2	38
40	200 м от автомагистрали А144 (Аннинский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,13	13,8	0,8	10,2	23,4	22,4	86,2	31,6	27
41	300 м от автомагистрали А144 (Аннинский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,09	10,4	0,8	8,2	20,7	12,1	78,6	32,1	21
42	0 м от автомагистрали М4 «Дон» (Павловский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,27	26,8	1,0	15,7	22,9	36,7	116,9	46,5	44

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
43	100 м от автомагистрали М4 «Дон» (Павловский р-н)	черноземы обыкновенные	0,02	0,24	19,1	0,9	14,1	20,4	25,9	105,8	41,8	36
44	200 м от автомагистрали М4 «Дон» (Павловский р-н)	черноземы обыкновенные	0,01	0,19	12,6	0,6	13,1	18,6	17,8	92,7	35,7	28
45	300 м от автомагистрали М4 «Дон» (Павловский р-н)	черноземы обыкновенные	0,01	0,17	10,8	0,5	12,8	19,6	5,8	74,9	27,5	21
46	0 м от автомагистрали М4 «Дон» (Рамонский р-н)	серые лесостепные среднесуглинистые	0,09	0,68	26,6	1,9	15,0	25,3	37,3	94,1	59,0	60
47	100 м от автомагистрали М4 «Дон» (Рамонский р-н)	серые лесостепные среднесуглинистые	0,08	0,58	12,6	1,7	13,2	32,1	26,9	87,4	30,6	47
48	200 м от автомагистрали М4 «Дон» (Рамонский р-н)	серые лесостепные среднесуглинистые	0,02	0,21	10,1	1,2	8,2	18,4	11,2	46,3	19,6	19
49	300 м от автомагистрали М4 «Дон» (Рамонский р-н)	серые лесостепные среднесуглинистые	0,02	0,20	8,0	1,1	5,1	19,4	8,2	30,4	19,5	16
ОДК [16]			2,1	2,0	130,0	10,0	-	-	80,0	220,0	132,0	

Концентрация кадмия в почвах региона также не превышала ОДК [16], а наиболее высокие ее значения отмечены в пробах, отобранных вблизи промышленных предприятий, на удалении 0–100 м от трассы М4.

Соответствовало требованиям ОДК [16] и содержание свинца в изучаемых пробах почв Воронежской области. Более высокими значениями содержания металла выделяются почвы ряда урбоценозов: вблизи аэропорта, вдоль магистралей, на улицах городов области. Это может быть объяснено хроническим загрязнением выбросами транспорта, так как большинство видов топлива до 2002 года содержало тетраэтилсвинец. Загрязнение почв вблизи предприятия машиностроения ООО «Бормаш», связано, вероятно, с недостаточной очисткой выбросов [7, 12].

Более низкое содержание мышьяка отмечено в почвах контрольных зон и ряда агроценозов. Более высокая концентрация элемента, достигающая значений, превышающих ОДК [16], выявлена в пробах, отобранных вблизи промышленных предприятий (что связано, вероятно, с недостаточностью очистки их выбросов), вблизи ТЭЦ, которая порядка семи десятилетий работала на каменном угле, значительной примесью в котором выступают соединения мышьяка [5, 8].

Превышение допустимых норм содержания никеля отмечено в пробах, заготовленных вблизи ООО «Бормаш», вдоль трассы М4 «Дон» и вдоль железнодорожных магистралей. Более низкое содержание металла отмечено в почвах контрольных площадок (до 5,8 мг/кг), чуть выше в агроценотических почвах – до 14,6 мг/кг, а наиболее высокий диапазон варьирования выявлен для почв урбанизированных площадок (преимущественно до 39,4 мг/кг, с превышением ОДК (более 80,0 мг/кг [16]) в почвах, отобранных вблизи ООО «Бормаш».

Для хрома и кобальта ОДК валовых форм содержания в почвах не установлены [16]. Аналогичным образом, низкий уровень концентраций хрома и кобальта выявлен в почвах

контрольных зон, несколько выше – в почвах сельскохозяйственных полей, а для урбанизированных территорий он характеризовался более высокими числовыми значениями. Наиболее высокое содержание хрома и кобальта отмечено в пробах, заготовленных на улице г. Воронежа, вблизи ТЭЦ, ОАО «Воронежсинтезкаучук», вдоль трассы М4.

Содержание цинка и меди в изучаемых пробах почв агро- и урбоценозов Воронежской области соответствовало требованиям ОДК [16]. Наиболее высокие концентрации цинка выявлены в почвах вблизи промышленных предприятий, на улицах городов, вдоль трассы М4 и железной дороги. Результаты объяснить недостаточностью очистки выбросов предприятий, где цинк может использоваться в качестве катализатора и компонента удобрений (ОАО «Минудобрения»), для повышения антикоррозийных свойств сплавов (на ООО «Бормаш»), при производстве каучуков (ОАО «Воронежсинтезкаучук»). На придорожную территорию цинк попадает в результате истирания и эрозии оцинкованных деталей, износа шин, а также при применении в маслах цинковых присадок [7, 10, 13, 15]. Наиболее высокие концентрации меди в почвах вблизи ООО «Бормаш», автотрассы М4 «Дон», железной дороги, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов промышленных предприятий и транспорта [4, 7].

Таким образом, наибольшее негативное влияние на состояние почв региона оказывают промышленные предприятия (такие, как ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения»), ТЭЦ «ВОГРЭС», автомобильные и железнодорожные магистрали.

При относительном экологическом благополучии большего числа проб почв Воронежской области по содержанию тяжелых металлов и мышьяка, при анализе рассчитанных суммарных показателей загрязнения почв антропогенно нарушенных территорий относительно контрольных зон выявлено, что допустимую степень загрязнения [14] имеют лишь 10 проб – отобранные на улице г. Нововоронеж, на удалении более 100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе, а также почвы ряда агроценозов: в Воробьевском, Грибановском, Нижнедевицком, Новохоперском, Ольховатском, Репьевском, Хохольском районах.

Умеренно опасную степень загрязнения почв [14] удалось выявить на улицах г. Острогожск, г. Семилуки, вблизи водохранилища, на удалении 200 м от автотрасс М4 «Дон» и А144, вдоль нескоростной автодороги, на расстоянии 0–300 м от железной дороги и в оставшихся исследуемых агроценозах (в Верхнехавском, Лискинском, Панинском, Петропавловском, Подгоренском, Россошанском, Эртильском районах).

В соответствии с расчетами суммарного показателя загрязнения почв [14] к опасным территориям относятся улица г. Борисоглебск, Калач, Воронеж, территории вблизи аэропорта, предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук», а также зоны на удалении 0–100 м от автотрасс М4 «Дон» и А144, вдоль железнодорожной магистрали.

Выводы

Выявлено, что наибольшее негативное влияние на состояние почв региона оказывают промышленные предприятия (такие, как ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения»), ТЭЦ «ВОГРЭС», автомобильные и железнодорожные магистрали. При относительном экологическом благополучии большего числа проб почв Воронежской области по содержанию тяжелых металлов и мышьяка, при анализе рассчитанных суммарных показателей загрязнения почв антропогенно нарушенных территорий относительно контрольных зон выявлено, что допустимую степень загрязнения имеют лишь 10 проб – отобранные на улице г. Нововоронеж, на удалении более 100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе, а также почвы ряда агроценозов: в Воробьевском, Грибановском, Нижнедевицком, Новохоперском, Ольховатском, Репьевском, Хохольском районах. В соответствии с расчетами суммарного показателя загрязнения почв к опасным территориям относятся улица г. Борисоглебск, Калач, Воронеж, территории вблизи аэропорта, предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук», а также

зоны на удалении 0–100 м от автотрасс М4 «Дон» и А144, вдоль железнодорожной магистрали.

Список литературы

1. *Алексеев В. А., Алексеев А. В.* Химические элементы в городских почвах. М.: Логос. 2014. 312 с.
2. *Аристархов А., Лунев М., Павлихина А.* Эколого-агрохимическая оценка состояния пахотных почв России по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 6. С. 42–47.
3. *Девятова Т. А., Гафар Г. Х. Г.* Сорбционная способность почв Ирака к поглощению нефтепродуктов и тяжелых металлов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22. № 3. С. 327–334. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9339.
4. *Девятова Т. А., Яблонских Л. А., Белик А. В., Румянцев И. В.* Эколого-геохимическое состояние аллювиальных почв пойменных ландшафтов реки Елань в пределах южного Битюго-Хоперского эколого-географического района лесостепной провинции Окско-Донской равнины // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2 (34). С. 32–40. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/4.
5. *Дьякова Н. А.* Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2019. № 95. С. 19–30. EDN: PHZWCV.
6. *Дьякова Н. А., Епринцев С. А., Клепиков О. В., Виноградов П. М.* Эколого-гигиеническая оценка верхних слоев почв антропогенно нарушенных территорий средней полосы России по содержанию подвижных форм тяжелых металлов // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2024. Т. 9, № 2 (36). С. 19–26. DOI: 10.25744/genb.2024.10.32.003.
7. *Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П.* Эколого-гигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области // Известия Калининградского государственного технического университета. 2020. № 59. С. 61–72. DOI 10.46845/1997-3071-2020-59-61-72.
8. *Епринцев С. А., Клепиков О. В.* Исследование экологической безопасности городской среды по данным дистанционного мониторинга // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 102–110. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/102-110
9. *Копчик С. В., Копчик Г. Н.* Оценка современных рисков избыточного накопления тяжелых металлов в почвах на основе концепции критических нагрузок (обзор) // Почвоведение. 2022. № 5. С. 615–630. DOI: 10.31857/S0032180X22050033.
10. *Курбаков Д. Н., Кузнецов В. К., Сидорова Е. В., Новикова Н. В., Саруханов А. В., Дементьева Н. В.* Содержание тяжелых металлов в почвах агроэкосистем зоны воздействия предприятий Липецкой промышленной агломерации // Экология промышленного производства. 2023. № 2 (122). С. 59–63. DOI: 10.52190/2073-2589_2023_2_59.
11. *Куролан С. А., Мамчик Н. П., Клепиков О. В.* Медико-экологический атлас Воронежской области: монография. Воронеж: ГУП ВО «Воронежская областная типография – издательство им. Е. А. Болховитинова», 2010. 167 с.
12. *Лукин С. В.* Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в почвах и сельскохозяйственных растениях Центрального Черноземья // Почвоведение. 2024. № 10. С. 1414–1423. DOI: 10.31857/S0032180X24100101.
13. *Лукин С. В., Жуйков Д. В.* Мониторинг содержания марганца, цинка и меди в почвах и растениях Центрально-Черноземного района России // Почвоведение. 2021. № 1. С. 60–69. DOI: 10.31857/S0032180X21010093.
14. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка

качества почвы населенных мест». М., 1999. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 17.03.2025).

15. Парамонова Т. А., Черногаева Г. М., Лукьянова Н. Н., Парамонов М. С. Тяжелые металлы в городских почвах Приволжского федерального округа: сопряженный анализ официальных данных // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1472–1488. DOI: 10.31857/S0032180X23600300.

16. Постановление от 28.01.2021 г. № 2 об утверждении СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 08.12.2024).

17. Седых В. А. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове города Липецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 126–130. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/126-130.

18. Управление Роспотребнадзора по Воронежской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://36.rosпотребнадзор.ru/key-areas/sanitary/14645> (дата обращения: 26.11.2024).

19. Чаплыгин В. А., Бурачевская М. В., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Сиромля Т. И., Черникова Н. П., Дудникова Т. С. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах и лекарственных растениях импактной зоны Новочеркасской ГРЭС // Почвоведение. 2024. № 10. С. 1424–1438. DOI: 10.31857/S0032180X24100116.

20. Dziubanek C., Baranowska R., Cwieliag-Drabek M., Sychala A., Piekut A., Rusin M., Hajok I. Cadmium in edible plants from Silesia, Poland, and its implications for health risk in populations // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 142. P. 8–13.

21. Dziubanek C., Piekut A., Rusin M., Baranowska R., Hajok I. Contamination of food crops grown on soils with elevated heavy metals content // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. Vol. 118. P. 183–189.

Поступила в редакцию 29.05.2025 г.

Dyakova N. A. Analytical assessment of the ecological and hygienic state of soils of anthropologically disturbed territories of the Voronezh region. – The article presents the results of studying the quality of soils of agro- and urbocenoses of the Voronezh region. The relative ecological well-being of soils by the content of specific toxic elements is shown. At the same time, the analysis of the total pollution indicators showed that only 10 samples have an acceptable degree. The most dangerous areas are at a distance of 0–100 m from highways, railways, near the airport, enterprises, city streets.

Keywords: soil, urbocenoses, agrocenoses, heavy metals, arsenic, total pollution index.

Дьякова Нина Алексеевна

доктор фармацевтических наук, доцент,
доцент кафедры фармацевтической технологии
фармацевтического факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет», г. Воронеж, РФ.
E-mail: ninotchka_v89@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0766-3881
AuthorID: 684554

Dyakova Nina Alekseevna

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Docent, Associate
Professor of Department of Pharmaceutical Technology,
Faculty of Pharmacy,
Voronezh State University,
Voronezh, Russian Federation.

© В. В. Козуб-Птица, А. З. Глухов, О. К. Кустова

**КИТАЙБЕЛИЯ ВИНОГРАДОЛИСТНАЯ – ПЕРСПЕКТИВНАЯ
ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА В УСЛОВИЯХ
ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ ДОНБАССА***ФГБНУ Донецкий ботанический сад
Россия, 283023, г. Донецк, пр. Ильича, 110*

Козуб-Птица В. В., Глухов А. З., Кустова О. К. Китайбелия виноградолистная – перспективная полифункциональная культура в условиях засушливой степи Донбасса. – В статье представлены результаты исследований кандидата в сорта *Kitaibelia vitifolia* Willd в условиях Донецкого ботанического сада за период 2020–2024 гг. Установлено, что вид характеризуется высокой адаптивностью (оценка успешности интродукции 10 баллов), засухо- и зимостойкостью. Вегетационный период составляет 130–145 дней. Дана оценка декоративных качеств. Показана перспективность использования *K. vitifolia* в ландшафтном дизайне степной зоны для создания устойчивых малоуходных посадок.

Ключевые слова: китайбелия виноградолистная, декоративные качества, фитодизайн, Донбасс, засухоустойчивость.

Введение

Климат Донбасса умеренно-континентальный с заметными сезонными перепадами температур, теплым летом с недостаточным увлажнением и частыми засухами. В последние десятилетия наблюдается тенденция к удлинению засушливых периодов (с 20–30 дней в 1990-х годах до 50–70 дней в 2020-х) и повышению экстремальных температур (летние максимумы могут достигать +40 °C) [1, 2, 8]. Эти изменения негативно влияют на традиционные декоративные растения: многие из них теряют листву во время засух, страдают от поздних заморозков и снижают выживаемость в степных условиях, что диктует необходимость поиска устойчивых альтернатив. Климатические флуктуации обуславливают переход от использования в фитодизайне интродуцированных экзотов к акклиматизированным культурам, что снижает затраты на уход и повышает устойчивость созданных модулей. Одним из решений является расширение ассортимента для озеленения за счет аборигенных и интродуцированных видов, хорошо адаптированных к местным условиям. Особый акцент рекомендуется сделать на полифункциональных растениях – видах с множественным хозяйственным значением, таким как декоративное, кормовое, медоносное или фитомелиоративное. Коллекция новых и малораспространенных растений Донецкого ботанического сада (ДБС) насчитывает около 60 видов из 40 родов и 9 семейств. Видовой и формовой состав коллекции ориентирован на выживание растений в условиях засухи и промышленного загрязнения, характерных для Донбасса. Все виды коллекции прошли многолетние интродукционные испытания, продемонстрировав высокую адаптивность к условиям засушливой степи. В результате интродукционных испытаний установлено, что более 20 % видов коллекции могут быть использованы для создания вариантов модулей засухоустойчивых экспозиций [10]. Многие кормовые растения, представленные в коллекции, обладают не только декоративными качествами, но характеризуются другими хозяйственными значениями. Одним из таких видов является *Kitaibelia vitifolia* Willd, характеризующая полифункциональностью, что позволяет применять ее не только в фитодизайне, но и в различных сферах экономики. *K. vitifolia* является ценным медоносом и привлекает опылителей. Проявляет толерантность к низкому плодородию почвы. Ее глубокая корневая система способствует эрозионной защите склонов, что особенно актуально для Донбасса с его рельефом. Формирует большую биомассу и дает два укоса за

вегетационный период. Может успешно выращиваться как кормовая, силосная, фитомелиоративная и энергетическая культура, пригодная для производства твердого биотоплива. Многолетние посевы делают в чистом посеве, для создания травостоев, в том числе, с целью восстановления низкопродуктивных кормовых угодий и эродированных почв, в том числе, засоленных. Продуктивное выращивание на одном месте может достигать 30 лет. Полноценный урожай надземной массы формируется уже на второй год выращивания и прибавляется в последующие годы, что способствует созданию энергетических плантаций длительного использования. Срок использования производственного участка 5–7 лет, для фиторекультивации – до 20 лет. Далее снижается его продуктивность, появляются выпадения растений. Необходима закладка нового участка. *K. vitifolia* представляет интерес для использования ее в озеленении в условиях Донбасса. Однако проведенный анализ литературных данных показал фрагментарность сведений о результатах интродукционных исследований этой культуры, а также о ее декоративных характеристиках.

Целью данной работы является оценка потенциала *K. vitifolia* как декоративного растения для фитодизайна в условиях засушливой степи Донбасса. Исследование направлено на выявление адаптационных способностей растения к экстремальным климатическим условиям и его перспектив использования для озеленения урбанизированных территорий региона.

Материал и методы исследования

В ДБС *K. vitifolia* (китайбелия виноградолистная) изучается с 1976 года как перспективная кормовая культура. В условиях культивирования в Донбассе, вид обладает высокой продуктивностью надземной кормовой массы и семян [4, 6]. В результате селекционной работы выделен кандидат в сорта *K. vitifolia*, который был получен при применении массового и индивидуального отборов в интродукционной популяции селекционного питомника ДБС.

K. vitifolia – растение семейства Malvaceae. В естественных условиях произрастает в Центральной и Южной Европе (Венгрия, Румыния, Сербия, Македония и Хорватия). Это многолетнее травянистое растение с деревянистыми у основания побегами высотой до 2–3 м, диаметром в основании 1,5–3 см. Корневая система стержневая, с многочисленными боковыми корнями (до 45 шт.), основная масса которых находится в слое до 50 см, глубоко проникающая в почву – до 1 м, благодаря чему растение хорошо закрепляется в почве. Побеги мягко бело-опушенные, прямые. Листья с 5-ти лопастным расщеплением, жестко-зубчатые, длиной 10–11 см, шириной 11–12 см, с черешками длиной 8–9 см. Цветки махлообразные 2,5–5 см в диаметре, одиночные или по 3–4 в пазушных полусонтиках на длинных цветоножках 3–4 см. Венчики белые или бело-розовые [7, 13].

В течение ряда лет (с 2020 по 2024 гг.) на территории ДБС нами проводились исследования кандидата в сорта *K. vitifolia*. Были использованы методы полевых наблюдений и экспериментальных посадок. Методы включали фенологические наблюдения [9], морфометрический анализ растений, оценку устойчивости и успешности интродукции по шкалам от 1 до 10 [5]. В работе приводятся оригинальные данные по декоративности *K. vitifolia*, полученные в результате визуальной оценки и полевых измерений (табл. 3).

Результаты и обсуждение

В условиях культуры в Донецком ботаническом саду *K. vitifolia* – это длительно вегетирующее летне-зеленое с зимним покоем растение ярового типа. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что наступление фенологических фаз варьирует в различные вегетационные периоды в зависимости от погодных условий (табл. 1).

Отрастание начинается в середине марта – начале апреля, фаза бутонизации наступает в начале июня. Цветение со середины июня и продолжается месяц-полтора. Созревание растянутое, полное созревание семян отмечается в сентябре. Плоды темно-коричневые 3 см в

диаметре. Семена мелкие неправильно-округлой формы, почковидно-овальные, серо-коричневые. Вегетационный период составляет 130–145 дней.

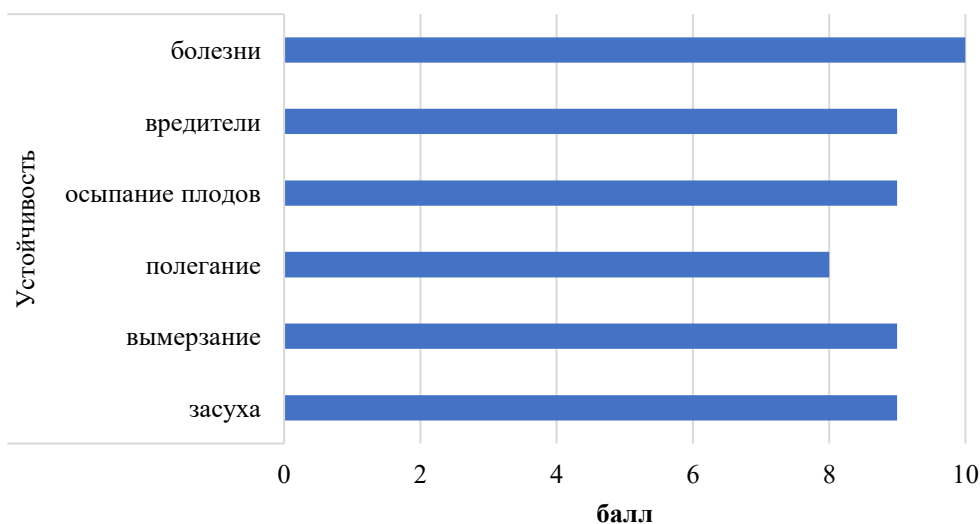
Таблица 1

**Сроки наступления фенологических фаз *Kitaibelia vitifolia* Willd
в Донецком ботаническом саду**

Фенологические фазы	Год исследований				
	2020	2021	2022	2023	2024
Отрастание	20.03 – 27.03	25.03 – 30.03	11.03 – 16.03	13.03 – 18.03	12.03 – 17.03
Бутонизация	28.05 – 04.06	25.05 – 30.05	20.05 – 26.05	13.05 – 19.05	10.05 – 16.05
Цветение	18.06 – 26.06	11.06 – 17.06	05.06 – 11.06	30.05 – 07.06	27.05 – 04.06
Созревание семян	13.07 – 15.08	08.07 – 14.08	06.07 – 10.08	29.06 – 03.08	25.06 – 02.08

Размножается *K. vitifolia* семенами или путем деления корневых отпрысков. Всхожесть семян невысокая: лабораторная всхожесть – 58,0 %, полевая – 37,5 %. Установлено, что более эффективными являются осенние сроки посева. При размножении семенным способом в первый год жизни растения достигают высоты 60–80 см. При культивировании в богарных условиях степной зоны растения проходят полный цикл развития, цветут и плодоносят. Оценка успешности интродукции составляет 10 баллов (по 10-балльной шкале).

По отношению к увлажнению вид является ксеромезофитом, солевому богатству почв – мезотроф, к свету – гелиофит. Проведенные исследования по устойчивости культуры к засухе, вымерзанию, полеганию, осыпанию плодов, а также вредителям и болезням показали, что вид характеризуется высокой зимо- и засухоустойчивостью, а также устойчивостью к болезням и вредителям (рис. 1).

Рис. 1. Хозяйственные показатели *Kitaibelia vitifolia* Willd

Сравнительное исследование морфометрических показателей *K. vitifolia* показало, что за время выращивания культуры на одном месте увеличивается количество боковых побегов в 1,5 раза. Уменьшение таких морфометрических показателей как высота, диаметр стебля, количество плодов с одного побега и масса семян в 2023–2024 гг. связано с погодными условиями в эти вегетационные периоды, которые характеризовались продолжительными высокими летними температурами и отсутствием осадков в период роста растений. По количеству семян в 1 плоде и диаметре цветка существенных изменений не отмечено (табл. 2).

Таблица 2

Биоморфологические особенности *Kitaibelia vitifolia* Willd

Параметры	Год исследований				
	2020	2021	2022	2023	2024
Высота растения, м	2,35±0,79	2,37±0,62	1,92±0,65	1,80±0,42	1,56±0,52
Диаметр стебля (у основания), см	2,21±0,15	1,79±0,23	0,89±0,33	0,59±0,51	0,55±0,67
Диаметр цветка, см	4,8±0,03	4,5±0,02	3,9±0,22	4,1±0,05	3,8±0,12
Генеративных побегов на 1 м ² , шт.	32,1±5,24	32,1±5,24	50,8±2,19	50,6±3,73	50,1±1,77
Плодов с 1 побега, шт.	74,4±1,83	42,1±0,98	37,2±7,71	35,2±5,69	23,3±1,78
Семян в 1 плоде, шт.	7,6±0,03	7,9±0,02	7,2±0,11	7,3±0,09	7,1±0,04
Масса семян (1000 шт.)	3,8±5,75	3,5±0,07	3,3±0,11	3,01±0,31	2,8±0,11

При оценке декоративности растений основными критериями являются форма, окраска и фактура листьев, форма, размер и окраска цветков, форма побегов и др. [11, 12]. Нами были описаны декоративные качества *K. vitifolia* по основным признакам (табл. 3). Облиственность составляет около 70 %. Форма листьев, напоминающая виноградные, добавляет текстуры и объема, особенно в осенний период, когда листья сохраняют зеленый цвет до середины ноября.

Таблица 3

Анализ декоративных качеств *Kitaibelia vitifolia* Willd

Параметры	Декоративные признаки	Характеристика	Примечание
побег	форма	побеги слегка изогнутые	в засушливых условиях сохраняет форму без обрезки
листья	форма	пятилопастные, рассеченные	листья устойчивы к выгоранию и сохраняют привлекательность до ноября
	окраска	зеленые с глянцевым блеском	
	фактура	гладкая	
	размер	средние	
цветки	форма	мальвообразные	цветки ароматные, привлекают пчел и бабочек
	размер	средние до 5 см в диаметре, собранные в небольшие соцветия	
	окраска	белый, бело-розовый	
плоды	размер	около 3 см в диаметре	в засушливых условиях плоды сохраняются дольше, чем у других растений, висят на ветвях всю осень и зиму, добавляя декоративности даже в безлиственный период; привлекательны для птиц
	форма	оригинальные «фонарики» (капсулы), собранные в гроздь	
	окраска	розовые или розово-коричневые летом; темно-коричневые осенью	
сезонные изменения и общая привлекательность	весна	яркий цвет листвы	габитус растения – прямостоячий, компактный, с мягким опушением побегов, что придает ему элегантный вид и устойчивость к визуальному «провисанию» в засуху
	лето	зеленая листва и обильное цветение создает эффект легкости	
	осень	зеленая листва и оригинальные плоды	
	зима	создает зимний акцент в ландшафте	

Цветки белые или бело-розовые (рис. 2), привлекающие внимание в композициях. Цветение особенно эффектно на фоне зеленой листвы. Это дает возможность использовать китайбелию в фитодизайне при создании цветочных клумб или миксбордеров.



Рис. 2. Цветение *Kitaibelia vitifolia* Willd в коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада

Правильно выбранное место посадки и подобранные по высоте и цветовым сочетаниям растения обуславливают декоративность композиций [3]. *K. vitifolia* хорошо сочетается с другими растениями: красивоцветущими кустарниками среднего размера, растениями мелкой текстуры, хвойными – такое сочетание создает визуальный контраст. Образует плотную зеленую массу, с помощью которой можно создать однотонный фон и «разбавить» яркий цветник или другую ландшафтную композицию.

Декоративная ценность вида, устойчивость к высоким температурам, низкая требовательность к агротехническому уходу обеспечивает его фенотипическую пластичность и универсальность в фитодизайне, включая оптимизацию композиционных структур и биоценотической стабильности. Подходит для одиночных посадок как акцентный элемент, групповых композиций в парках, скверах, для создания теневых зон, а также бордюрных посадок вдоль дорожек. Китайбелию также можно использовать для защиты почвы от эрозии и озеленения промышленных территорий [6]. Эти качества обуславливают использование китайбелии как перспективной декоративной культуры для создания устойчивых ландшафтов, особенно в контексте меняющегося климата, где традиционные культуры уступают место адаптивным видам.

Выводы

В условиях культуры в Донецком ботаническом саду *K. vitifolia* является длительно вегетирующим летне-зеленым растением ярового типа с вегетационным периодом 130–145 дней. Вид проходит полный цикл сезонного развития, характеризуется высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды (засухе, зимним температурам, болезням и вредителям), что подтверждается максимальной оценкой успешности интродукции (10 баллов).

Выявлено, что полевая всхожесть семян не высокая (37,5 %). Осенний посев является более предпочтительным. Морфометрический анализ подтвердил фенотипическую пластичность вида. Колебания таких показателей, как высота растения и масса семян, в

засушливые периоды свидетельствуют о зависимости развития от погодных условий, но не снижают общей жизнеспособности и декоративности.

Комплексная оценка декоративных качеств выявила высокий потенциал *K. vitifolia* для ландшафтного дизайна. Ключевыми достоинствами являются: архитектурная форма виноградоподобных листьев, обеспечивающая текстуру и объем; продолжительное (до 1,5 месяцев) цветение бело-розовыми цветками; сохранение зеленой листвы до середины ноября; способность формировать плотную облиственность (около 70 %).

Результаты исследования подтверждают высокую адаптивность *K. vitifolia* к условиям Донбасса, а также перспективность как декоративной культуры для создания засухоустойчивых модулей, что особенно важно в контексте климатических изменений. Универсальность применения вида в фитодизайне обусловлена его высокой адаптивностью, низкой требовательностью к уходу и пластичностью в композициях. Рекомендуются как для одиночных посадок, так и для групповых композиций.

Список литературы

1. Архив погоды. [Электронный ресурс]. URL: https://prostopogoda.ru/ukr/doneckaya_oblast/donetsk/oktyabr-2024/?ysclid=m38ef6lugi273053186 (дата обращения 05.11.2024.).
2. Архив погоды. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weatherarchive.ru/> (дата обращения 03.12.2023).
3. Бочкова И. Ю., Бобылева О. Н. К вопросу об использовании нетрадиционного ассортимента цветочных растений в озеленении Москвы // Лесной вестник. 2018. Т. 22. № 3. С. 128–132.
4. Жаворонкова Т. Ю. Оцінка перспективності деяких багаторічних трав для виробництва біопалива // Промышленная ботаника. 2010. Вып. 10. С. 197–201.
5. Карписонова Р. А. Перспективность интродукции многолетников разных жизненных форм // Дендрология, цветоводство и садово-парковое строительство: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 200-летию Никитского ботанического сада (Ялта, 5–8 июня 2012 г.), Ялта, 2012. Т. 1. С. 52.
6. Кормовые растения для улучшения низкопродуктивных естественных угодий юго-востока Украины: Справочник / [Л. Р. Азарх, А. З. Глухов, Е. Н. Кондратюк и др.]. Донецк, 1991. 205 с.
7. Конспект флоры Восточной Европы. Т. 1. / Под ред. Н. Н. Цвелева. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 630 с.
8. Кустова О. К., Глухов А. З. Погодные флуктуации в Донбассе в аспекте интродукции и культивирования хозяйственно-ценных растений // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: материалы международ. научно-практ. конф. (Воронеж, 3–5 окт. 2019 г.), Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. Т. 1. С. 211–215.
9. Методика ведения фенологических наблюдений / [Д. Р. Владимиров, А. А. Гладили, А. Е. Гнеденко и др.]. М.: Альпина ПРО, 2023. 208 с.
10. Приходько С. А., Козуб-Птица В. В., Глухов А. З. Потенциально декоративные растения в коллекции нетрадиционных кормовых культур Донецкого ботанического сада // Ботанические сады и озеленение населенных мест: материалы Всеросс. научно-практ. конф. (Симферополь, Ботанический сад им. Н. В. Багрова, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», 20–24 мая 2024 г.), Симферополь, КФУ им. В. И. Вернадского, 2024. С. 55–57.
11. Соколова Т. А., Бочкова И. Ю. Декоративное растениеводство: Цветоводство: учебник для студ. вузов. 3-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 432 с.
12. Шентерова Е. М., Мазиров М. А., Зинченко С. И. Цветоводство с элементами ландшафтного дизайна [Электронный ресурс]: учеб.-практ. пособие. Владимир: Изд-во

ВлГУ, 2021. 355 с. URL: <https://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/8892?mode=full> (дата обращения 30.10.2025).

13. Plants of the World Online. [Электронный ресурс]. URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения 15.10.2025).

Поступила в редакцию 01.11.2025 г.

Kozub-Ptitsa V. V., Glukhov A. Z., Kustova O. K. *Kitaibelia vitifolia* is a promising multifunctional crop in the arid steppe of Donbass. — This paper presents the research results on a potential cultivar of *Kitaibelia vitifolia* Willd in the conditions of Donetsk Botanical Garden from 2020 to 2024. The species was found to be highly adaptable (with an introduction success score of 10) and drought- and winter-hardy. Its growing season lasts for 130-145 days. Its ornamental qualities are assessed. The prospects for using *K. vitifolia* for landscape design in steppe to create sustainable, low-maintenance plantings is demonstrated.

Keywords: *Kitaibelia vitifolia* Willd, ornamental properties, phytodesign, Donbass region, drought resistance.

Козуб-Птица Виктория Викторовна

кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
культурных растений ФГБНУ Донецкий
ботанический сад, г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: kozub-ptitsa@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3927-5514
AuthorID: 852901

Kozub-Ptitsa Viktoria Viktorovna

Candidate of Biological Sciences,
Leading Researcher of the Laboratory of Cultivated
Plants,
Donetsk Botanical Garden, Donetsk, DPR, Russian
Federation.

Глухов Александр Захарович

доктор биологических наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории
культурных растений ФГБНУ Донецкий
ботанический сад
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: glukhov.az@mail.ru
Author ID: 1034119
ORCID: 0000-0001-9675-7611

Glukhov Alexander Zakharovich

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Chief Researcher of the Laboratory of Cultivated Plants
Donetsk Botanical Garden,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

Кустова Ольга Константиновна

кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
культурных растений ФГБНУ Донецкий
ботанический сад, г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: lavanda_dbg@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1102-9397
AuthorID: 1053996

Kustova Olga Konstantinovna

candidat of biological sciences,
Leading Researcher of the Cultivated Plants Laboratory,
Donetsk Botanical Garden,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© Ю. А. Павлова, Н. А. Дьякова

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НАИБОЛЕЕ ПЕРСИСТЕНТНЫМИ ЯДОХИМИКАТАМИ

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1*

Павлова Ю. А., Дьякова Н. А. Загрязнение почв агроценозов ростовской области наиболее персистентными ядохимикатами. – В статье приведены результаты изучения загрязнения почв некоторых агроценозов Ростовской области наиболее персистентными пестицидами. Подтверждена экологическая безопасность исследуемых почв в отношении хлорорганических, сим-триазиновых пестицидов, производных 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты. Полученные результаты создают предпосылки для развития органического растениеводства и сертификации продукции как экологически чистой, что позволяет позиционировать регион как благоприятную сельскохозяйственную зону.

Ключевые слова: почвы, Ростовская область, хлорорганические пестициды, сим-триазиновые пестициды, производные 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты.

Введение

Загрязнение почв ядохимикатами представляет собой одну из наиболее серьезных экологических проблем современности, оказывающую многогранное негативное воздействие на экосистемы и здоровье человека [1]. Пестициды сыграли ключевую роль в интенсификации сельского хозяйства и увеличении продовольственной продуктивности. Однако их бесконтрольное и чрезмерное применение привело к накоплению токсичных веществ в почвенном покрове. Это загрязнение характеризуется высокой устойчивостью к разложению многих ядохимикатов, способностью к биоаккумуляции и дальнейшей миграцией по пищевым цепям [5, 6, 16]. Данная проблема требует постоянного мониторинга содержания пестицидов и их метаболитов в различных объектах окружающей среды, в частности, в почвах [3].

Пестициды представляют собой химические или биологические средства, используемые для борьбы с вредителями, сорняками и болезнями растений. К ним относятся инсектициды (для уничтожения насекомых), гербициды (для борьбы с сорняками), фунгициды (против грибов) и другие категории [5]. Основными источниками загрязнения почв пестицидами являются внесение в почву для борьбы с почвенными вредителями, стекание с обработанных растений во время осадков или полива, неправильная утилизация остатков пестицидов и тары, а также атмосферный перенос при распылении [4, 20].

После попадания в почву пестициды подвергаются сложным процессам трансформации, включая адсорбцию, миграцию и разложение [8, 26]. Эти процессы определяются физико-химическими свойствами веществ и характеристиками самой почвы [4, 7]. Скорость разложения пестицидов зависит от множества факторов: температуры, влажности, pH почвы, содержания органического вещества и активности почвенных микроорганизмов [16, 23, 26]. Наиболее медленно разлагаются пестициды в почвах с высоким содержанием глины и органических веществ, где они образуют устойчивые комплексы с ионами железа, алюминия и марганца [3, 11].

Широкое применение пестицидов приводит к нарушению структуры почвенных сообществ и снижению их устойчивости к внешним воздействиям. Это проявляется в снижении способности почв к самоочищению, ухудшении водно-физических свойств, снижении биологической продуктивности экосистем [2, 7, 8].

Пестициды оказывают негативное воздействие на почвенные экосистемы, нарушая естественный баланс и снижая биоразнообразие [3, 8, 16]. Наиболее уязвимыми являются

почвенные микроорганизмы, играющие ключевую роль в процессах круговорота питательных веществ и поддержания плодородия [27]. Так, применение пестицидов приводит к сокращению популяций бактерий, отвечающих за фиксацию азота [16]. Это нарушает естественный азотный цикл и снижает плодородие почв [24, 27]. Дождевые черви, играющие ключевую роль в аэрации почвы и разложении органического вещества, особенно чувствительны к воздействию пестицидов [28].

Для повышения производственного потенциала растениеводческой отрасли количество химических удобрений и пестицидов увеличивается ежегодно в геометрической прогрессии [4, 20]. Их применение стало неотъемлемой частью современного агропромышленного комплекса, позволяя сохранять до 20–30 % урожая [17]. Известно, что в 2015 г. использование минеральных удобрений в России достигало 2 млн. т в год, в 2020 г. – 4 млн. т, а к концу 2025 г. планируется достичь уровня применения минеральных удобрений в 8 млн. т [16].

Ростовская область, как один из крупнейших аграрных регионов России [14, 15], ежегодно обрабатывает пестицидами около 5 млн га земель. По площади сельскохозяйственных угодий (8,5 млн. га) Ростовская область занимает второе место среди субъектов Российской Федерации [25], при этом по плодородию почв – лишь десятое. При общей площади пахотных земель более 5,9 млн. га (данные на 2022 г.) регион является одним из лидеров по приросту применения минеральных удобрений, который составляет 10 % в год (по данным на 2023 г.), а в период за 2020–2023 гг. их использование возросло на 60 % [19, 21].

По данным территориального управления Россельхознадзора на 2023 г. после проведения внеплановых выездных проверок, в регионе выявлено нарушение применения пестицидных и других агрохимических веществ. За 2023 г. региональным управлением Россельхознадзора по Ростовской области было вынесено более 2 тысяч предостережений о недопустимости нарушения обязательных требований и составили 14 протоколов об административных правонарушениях и аннулировано более 900 деклараций о соответствии растениеводческой продукции [21]. В частности, в Цимлянском районе выявлено применение инсектицидов 1 и 2 класса опасности с превышением нормы расхода. Также неоднократно появлялись сообщения о проблемах применения пестицидов и агрохимикатов в Чертковском районе, которые, по данным УФС Россельхознадзора региона, приводили не только загрязнению растительной продукции, но и к массовой гибели пчел. Проблемы возникали при обработке сельскохозяйственных угодий пестицидами без соблюдения требований их безопасного применения (не в вечерние, а в утренние часы) [18, 19].

Таким образом, современные агроэкосистемы Ростовской области характеризуются устойчивым загрязнением пестицидами различных химических классов. Уступая по токсичности современным фосфорорганическим пестицидам, хлорорганические ядохимикаты способны длительное время находиться и циркулировать в неизменном виде в почве, растениях, живых организмах. Относительно персистентными являются и сим-триазиновые пестициды [10].

Особо актуальной является проблема загрязнения почв и растительной продукции Ростовской области хлорорганическими пестицидами (группа изомеров ГХЦГ, ДДТ и их метаболиты, алдрин, гептахлор), а также гербицидами (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) и сим-триазиновыми (атразин, прометрин и симазин)) [19, 21]. Их особая экологическая значимость объясняется устойчивостью к влиянию факторов окружающей среды (период полураспада в естественных условиях составляет порядка 15–20 лет), высокими коэффициентами биоаккумуляции (до 10^3 – 10^5), а также глобальной циркуляцией в биосфере [2, 10]. Анализ общемировых мониторинговых данных показал обнаружение ДДТ в 92 % проб почв, ГХЦГ – в 65 % растительных образцов, а превышение ПДК – в 28 % исследуемых образцов, что указывает на необходимость систематического экологического мониторинга [23, 26].

Несмотря на глобальные ограничения, проблема ДДТ остается актуальной из-за его персистентности. Использовался для борьбы с комарами в очагах малярии, саранчой, вредителями сельскохозяйственных культур. Полный запрет на использование ДДТ на территории в нынешних границах РФ – с 1980-х гг. Период полураспада в почве – 2–15 лет. Характеризуется высокой летучестью, что объясняет атмосферный перенос на большие расстояния и обнаружение на территориях, где никогда не проводились химические обработки (в частности, в Арктике и Антарктиде). Аккумулируется в пищевых цепях, основные депо – жировая ткань организмов, донные отложения. Канцероген (группа 2В по классификации IARC). Под действием ультрафиолета превращается в токсичный и биоаккумулируемый полихлорированный бифенил [5, 10, 11, 22].

Период активного использования ГХЦГ в сельском хозяйстве пришелся на 1940–1990 гг. Ядохимикат применяли для обработки овощных и плодово-ягодных культур, в лесном хозяйстве, семеноводстве. Запрет на использование в РФ вступил в силу с 1990-х годов, однако, ограниченное применение γ -изомера (линдана) имеет место в санитарной обработке помещений и обработке древесины с соблюдением буферных зон (2 км от водоемов). Наиболее широко распространен в северных широтах. α - и γ -изомеры ГХЦГ характеризуются коэффициентом биоаккумуляции менее 100, β -изомер – 500–1 500. Канцероген (группа 2В IARC) [5, 10, 22, 26].

Алдрин – запрещенный к использованию персистентный хлорорганический ядохимикат. Период активного применения пришелся на 1950–1970 гг. Обладает высоким коэффициентом биоконцентрации и длительным периодом полураспада (до 7 лет), мигрирует по биологическим цепям. Накапливается в жирах, легко проникает через кожу, высокоопасен при ингаляционном пути попадания. Под воздействием солнечного излучения способен превращаться в более токсичную форму – диэлдрин [11, 22].

Гептахлор – высокотоксичный хлорорганический несистемный пестицид, используемый в США с 1953 г. На территории РФ запрещен с 1986 г. Липофилен, легко проникает через кожу. Способен в почве, а также организме животных и человека превращаться в гептахлорэпоксид, токсичность которого в 3–5 раз выше, чем у гептахлора [5, 11, 22].

Многолетнее использование сим-триазиновых гербицидов также ведет к кумуляции их и их метаболитов в почве. Хлорсодержащие сим-триазиновые ядохимикаты (атразин, симазин и прометрин), широко применяемые для борьбы с сорной растительностью, в почве сохраняются длительное время (периоды полураспада соответственно составляют 100, 90 и 60 суток). Имеют выраженную устойчивость к биodeградации и способность к кумуляции в организмах животных и человека. Запрещены к использованию в ЕС с 2004 г. в силу способности к загрязнению грунтовых вод. Однако из-за высокой эффективности используются в более, чем 80 странах мира, в том числе в РФ [10, 11, 17, 22].

Наиболее активным гербицидом является аминная соль 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д), персистентность которой варьирует от 180 до 360 суток. Используется с 1945 г. Липофильна, легко проникает через кожу, в организме человека не метаболизируется, выводится в неизменном виде с мочой, вызывает бесплодие у мужчин, эмбриотоксична, нейротоксична, канцероген (группа 2В) [11, 17, 22].

Таким образом, актуальным является проведение мониторинга загрязнения почв пестицидами в сельскохозяйственных районах Ростовской области.

Цель исследования – провести изучение почвенного загрязнения наиболее персистентными ядохимикатами агроценозов ведущих сельскохозяйственных районов Ростовской области – Чертковского и Цимлянского.

Материалы и методы исследования

Пробы почвы отбирали в агроценозах Чертковского (49.40629 с. ш., 40.16045 в. д.) и Цимлянского (47.61434 с. ш., 41.82359 в. д.) районов Ростовской области с учетом горизонтальной неоднородности (методом конверта) глубиной 0–20 см от поверхности [12].

Каждая объединенная проба состояла из 5 точечных проб (не менее 200 г каждая). Исследования проводили на аналитическом хроматографе многократноциклического действия «Хроматэк-Кристалл-5000» с детектированием и обработкой хроматографических сигналов с помощью программного обеспечения «Хроматэк Аналитик». Способ определения липофильных ядохимикатов в почве основан на извлечении определяемых соединений н-гексаном в соотношении 1 : 10 с последующей очисткой концентрированной серной кислотой и нейтрализацией раствором натрия гидрокарбоната, упаривании извлечения, растворении сухого остатка в ацетоне с последующим и количественным определением пестицидов в ацетоновом растворе [9]. Определение проводилось методом внутреннего стандарта, в качестве которых использовали растворы стандартных образцов соответствующих ядохимикатов. Контроль качества обеспечивали с помощью проведения для каждой серии определений холостого опыта, а также контрольного стандарта (каждые 10 проб). Использовали следующие критерии приемлемости: восстановление 80–120 %, совпадение времен удерживания $\pm 0,1$ мин, соответствие ионных соотношений ± 15 %.

Анализ осуществлялся с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения определения определяли при доверительной вероятности 95 %.

Результаты и обсуждение

На территории обследуемых агроценозов Чертовского и Цимлянского районов Ростовской области (табл. 1) содержание остаточных пестицидов в образцах почв не превышают предельно допустимых норм [13].

Результаты исследований образцов почв показали отсутствие хлорорганических пестицидов в анализируемом материале: содержание ГХЦГ и его изомеров, а также ДДТ и его метаболитов составляло для всех образцов менее 0,005 мг/кг, алдрин и гептахлор – менее 0,001 мг/кг, что соответствует порогу чувствительности рекомендованной МУ [12] методики.

Исследования подтвердили отсутствие в исследуемых образцах почв сим-триазиновых ядохимикатов: концентрация атразина, симазина, прометрина составила менее 0,001 мг/кг, что также является порогом чувствительности методики.

Экспериментально подтверждено и отсутствие в почвах изучаемых агроценозов Чертовского и Цимлянского районов Ростовской области производных 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты. Содержание 2,4-Д составило менее 0,001 мг/кг.

Полученные результаты коррелируют с данными аналогичных исследований почв агроценозов Воронежской области [5, 6] и создают предпосылки для развития органического растениеводства и сертификации продукции как экологически чистой, что позволяет позиционировать Ростовскую и Воронежскую области как благоприятные зоны для сельскохозяйственного производства.

Для поддержания экологической безопасности необходимо работать над внедрением системы постоянного экологического мониторинга, разработкой региональных программ по защите почв, созданием банка данных по остаточным пестицидам. Актуальной задачей следует считать внедрение ГИС-технологии для картирования загрязненных территорий и оптимизации производства растительной продукции. Ключевым направлением работы должно стать ужесточение регулирования оборота наиболее опасных персистентных пестицидов. Также современные технологии позволяют значительно сократить объемы применяемых пестицидов за счет дифференцированного внесения средств защиты с учетом реальных потребностей, мониторинга состояния посевов с помощью дистанционного зондирования и дронов, прогнозирования вспышек численности вредителей с использованием искусственного интеллекта.

Таблица 1

Содержание ядохимикатов в почвах агроценозов Ростовской области, мг/кг

Пробная площадка	Тип почв	Группа пестицида	Ядохимикат	Почва
Чертковский район	Черноземы южные	Хлорорганические	ГХЦГ и его изомеры	<0,005
			ДДТ и его метаболиты	<0,005
			Алдрин	<0,001
			Гептахлор	<0,001
		Сим-триазиновые	Атразин	<0,001
			Симазин	<0,001
			Прометрин	<0,001
Цимлянский район	Черноземы солонцеватые	Хлорорганические	ГХЦГ и его изомеры	<0,005
			ДДТ и его метаболиты	<0,005
			Алдрин	<0,001
			Гептахлор	<0,001
		Сим-триазиновые	Атразин	<0,001
			Симазин	<0,001
			Прометрин	<0,001
ПДК [13]		Хлорорганические	ГХЦГ и его изомеры	0,1
			ДДТ и его метаболиты	0,1
			Алдрин	Не нормируется
			Гептахлор	0,05
		Сим-триазиновые	Атразин	0,5 (транслокационный)
			Симазин	0,2 (транслокационный) 0,01 (фитосанитарный)
			Прометрин	0,5 (транслокационный)
		Производные 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты	2,4-Д	Не нормируется

Выводы

Загрязнение почв пестицидами представляет собой многоаспектную проблему, требующую комплексного подхода к решению. Ростовская область в условиях интенсивного сельского хозяйства требует усиленного контроля за пестицидным загрязнением почв. Проведенные исследования подтверждают экологическую безопасность почв агроценозов Чертковского и Цимлянского районов Ростовской области в отношении хлорорганических, сим-триазиновых пестицидов, а также производных 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты. Полученные результаты создают предпосылки для развития органического растениеводства и сертификации продукции как экологически чистой, что позволяет позиционировать регион как благоприятную зону для растительного производства.

Список литературы

1. Аристархов А., Лунев М., Павлихина А. Эколого-агрохимическая оценка состояния пахотных почв России по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. №6. С. 42–47.

2. Ашихмина Т. Я., Колупаев А. В., Широких А. А. Биотрансформация пестицидов в наземных экосистемах (обзор литературы) // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 2. С. 4–12.
3. Громова В. С., Пчеленок О. А., Шушпанов А. Г. Изучение влияния современных видов пестицидов на биологическую активность почвы // Экология ЦЧО РФ. 2012. № 2 (29). С. 128–130.
4. Делова О. В., Денисенко В. И. Гигиеническая оценка факторов окружающей среды и риска для здоровья населения // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. № 4. С. 810–813.
5. Дьякова Н. А. Особенности накопления хлорорганических пестицидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области // Ульяновский медико-биологический журнал. 2024. № 1. С. 115–129. DOI 10.34014/2227-1848-2024-1-115-129.
6. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Кукуева Л. Л., Мындра А. А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 3. С. 112–115.
7. Заряева Е. В. Анализ данных регионального мониторинга содержания пестицидов в объектах окружающей среды Воронежской области // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 2. С. 476–478.
8. Ижевский С. С. Негативные последствия применения пестицидов // Защита и карантин растений. 2006. № 5. С. 16–19.
9. Клисенко М. А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. М.: Колос, 1983. 123 с.
10. Лазарев Н. В., Левина Э. Н. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Органические вещества. Л.: Химия, 1976. 592 с.
11. Мельников Н. Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. 712 с.
12. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». М., 1999. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852> (Дата обращения: 25.08.2025).
13. СанПиН 1.2.3.685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 25.08.2025).
14. Селиванова Ю. А., Дьякова Н. А., Вервикина А. А., Сливкин А. И. Изучение содержания посторонних минеральных примесей в лекарственном растительном сырье синантропной флоры Ростовской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2022. №2. С. 90–95.
15. Селиванова Ю. А., Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Вервикина А. А. Исследование общего минерального комплекса лекарственного растительного сырья синантропной флоры Ростовской области // Вестник Смоленской медицинской академии. 2022. № 21(4). С. 205–210. DOI: 10.37903/vsgma.2022.4.28.
16. Семеренко С. А., Бушнева Н. А. Влияние пестицидов на почвенную микрофлору (обзор) // Масличные культуры. 2024. № 4 (200). С. 132-140. DOI: 10.25230/2412-608X-2024-4-200-132-140.
17. Тулакин А. В., Механтьева Л. Е., Куропан С. А. Гигиена окружающей и производственной среды предприятий минеральных удобрений. М.: Истоки, 2007. 220 с.
18. Управление Роспотребнадзора по Ростовской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://61.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 26.08.2025).

19. Федеральное государственное бюджетное учреждение государственный центр агрохимической службы «Ростовский». [Электронный ресурс]. URL: <https://gcas-rostovskiy.orgs.biz/> (дата обращения: 26.08.2025).
20. Чубирко М. И., Мамчик Н. П., Механтьев Л. Е. Гигиенические проблемы применения пестицидов // Гигиена: прошлое, настоящее, будущее. 2001. № 1. С. 239–240.
21. Экологический Вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2023 году». Под общ. ред. М. В. Фишкина. Ростов-На-Дону: ООО «Принт», 2024. 372 с.
22. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Электронный ресурс] URL: <https://www.atsdr.cdc.gov> (дата обращения: 26.08.2025).
23. Gevaio B., Semple K. T., Jones K. C. Bound pesticide residues in soils: a review // Environmental Pollution. 2000. Vol. 108. P. 3–14.
24. Islam W., Noman A., Naveed H., Huang, Z., Chen H. Y. H. Role of environmental factors in shaping the soil microbiome // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27 (33). P. 41225–41247.
25. Pavlova Yu. A., Slivkin A. I., Dyakova N. A., Vervikina A. A. Study of Flavonoid Accumulation Patterns in Common Yarrow Herb of Synanthropic Flora in Rostov Oblast // Russian Agricultural Sciences. 2024. № 50(4). P. 418–422. DOI: 10.3103/S1068367424700460.
26. Ponneelan K. T. P. B., Subramanian C., Suchitra R., Canech K. C. Studies on the pesticide (Lindane) utilizing in the paddy field // Journal of ecotoxicology & environmental monitoring. 2006. Vol. 16. No. 3. P. 211–214.
27. Sokol N. W., Slessarev E., Marschmann G. L., Nicolas A., Blazewicz S. J., Brodie E. L. Life and death in the soil microbiome: how ecological processes influence biogeochemistry // Nature Reviews Microbiology. 2020. Vol. 20. P. 415–430.
28. Strickland M. S., Rousk J. Considering fungal: bacterial dominance in soils – methods, controls, and ecosystem implications // Soil Biology and Biochemistry. 2010. Vol. 42. P. 1385–1395.

Поступила в редакцию 01.09.2025 г.

Pavlova Yu. A., Dyakova N. A. Soil pollution of agrocenoses of Rostov region with the most persistent pesticides. – The article presents the results of the study of soil pollution of some agrocenoses of the Rostov region with the most persistent pesticides. The ecological safety of the studied soils with respect to organochlorine, sim-triazine pesticides derived from 2,4-dichlorophenoxyacetic acid has been confirmed. The obtained results create prerequisites for the development of organic crop production and certification of products as environmentally friendly, which makes it possible to position the region as a favorable agricultural zone.

Keywords: soils, Rostov region, organochlorine pesticides, sim-triazine pesticides, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid derivatives.

Павлова Юлия Александровна

доцент кафедры фармацевтической технологии
фармацевтического факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет», г. Воронеж, РФ.
E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-1204-927X
AuthorID: 1108905

Pavlova Yulia Aleksandrovna

Associate Professor of Department of Pharmaceutical
Technology, Faculty of Pharmacy,
Voronezh State University,
Voronezh, Russian Federation.

Дьякова Нина Алексеевна

доктор фармацевтических наук, доцент,
доцент кафедры фармацевтической технологии
фармацевтического факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет», г. Воронеж, РФ.
E-mail: ninotchka_v89@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0766-3881
AuthorID: 684554

Dyakova Nina Alekseevna

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Docent, Associate
Professor of Department of Pharmaceutical Technology,
Faculty of Pharmacy,
Voronezh State University,
Voronezh, Russian Federation.

© Н. В. Алексеева¹, П. Б. Должанов¹, Ю. В. Косенко², В. О. Корниенко³**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**¹ *ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»**Россия, 286157, ДНР, г. Макеевка, ул. Островского, 16*² *Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)**Россия, 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 В*³ *ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»**Россия, 283001, ДНР, г. Донецк, ул. Университетская, 24*

Алексеева Н. В., Должанов П. Б., Косенко Ю. В., Корниенко В. О. Экологическое состояние водных объектов Донецкой Народной Республики. – В статье рассмотрено экологическое состояние водных объектов Донецкой Народной Республики (водохранилища и реки) на основе комплексного анализа гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей. В результате проведенного анализа поверхностных вод установлено загрязнение органическими веществами, спровоцированное антропогенной эвтрофикацией. Отмечено превышение предельно допустимых концентраций ртути, марганца и железа. В фитопланктоне отмечено высокое содержание цианобактерий.

Ключевые слова: водные объекты, Донецкая Народная республика, экологическое состояние, загрязнение, эвтрофикация, гидрохимия, гидробиология.

Введение

Экологическое состояние внутренних водоемов является одной из ключевых проблем современности, приобретающей особую актуальность в условиях возрастающего антропогенного воздействия и истощения природных ресурсов [1–12, 15, 18–19, 22, 26–30, 32, 36–38]. Водные экосистемы, выполняя важнейшие функции поддержания биоразнообразия, обеспечения питьевой водой и регулирования климата, испытывают значительное негативное влияние со стороны промышленных предприятий, сельского хозяйства и коммунального хозяйства, что приводит к их деградации и нарушению устойчивости [4–7, 9, 11, 16, 18–19, 26, 30, 32, 36].

В контексте глобальных экологических вызовов, проблема сохранения и восстановления водных ресурсов приобретает особую значимость для Донецкой Народной Республики, региона с ограниченными водными ресурсами и сложной экологической обстановкой [8, 13, 14, 21, 29, 30, 33–38, 40]. Внутренние водоемы ДНР, представленные реками и водохранилищами, играют важную роль в обеспечении водоснабжения населения и промышленности, а также поддержании экологического баланса территории [1, 9, 26]. Однако, длительное воздействие антропогенных факторов, усугубленное последствиями военных действий, привело к ухудшению экологического состояния природных сред [1–2, 7, 13–14, 16, 18–19, 21, 27, 33–37, 40], в том числе и водных объектов региона, в связи с чем требуется проведение комплексных исследований и разработки эффективных мер по их охране и восстановлению [8–9, 11, 26].

Изучение экологического состояния водных объектов ДНР актуально как с научной точки зрения, так и имеет важное социальное значение. Полученные данные позволяют оценить степень антропогенного воздействия на водные экосистемы и разработать научно обоснованные рекомендации по улучшению качества воды и сохранению водных биоресурсов Республики. Решение данной проблемы является важной задачей для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития региона.

Анализ современных источников информации и научных проектов по изучению природных сред на территории ДНР показывает, что решением экологических проблем региона заняты многие вузы и научно-исследовательские институты Донецкого научного центра. В частности, изучение проблем экологического состояния водных объектов ДНР затрагивалась в 4 научных государственных проектах и публикациях ряда ученых и специалистов Донецка и Макеевки [1–3, 8, 32, 36–38]. Проводились исследования гидрохимического состава воды, оценка загрязнения тяжелыми металлами и органическими веществами, оценка качества поверхностных вод методами флуориметрии и биотестирования, а также изучение структуры и функционирования водных биоценозов [1–3, 7, 8, 18, 19, 30, 32, 36–38]. Коллегами из соседних регионов проводились исследования по оценке роли паразитов рыб в функционировании водных экосистем, а также влияния экологических факторов на структуру их сообществ [17, 20, 22–25, 31, 39]. Был актуализирован состав паразитофауны рыб в хозяйствах аквакультуры Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна [22]. Однако, несмотря на имеющиеся научные данные, комплексная оценка экологического состояния поверхностных вод, включающая анализ гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и токсикологических показателей водных объектов ДНР, до настоящего времени не проводилась.

В связи с этим, целью данной статьи является комплексная оценка экологического состояния водных объектов ДНР, включающая анализ гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и токсикологических показателей для выявления факторов антропогенного воздействия и степени загрязнения водных ресурсов.

Материал и методы исследования

Методика эксперимента в исследовании экологического состояния водных объектов состояла из следующих этапов: отбора проб, гидролого-гидрохимических (определение уровня загрязнения органическими веществами, выявление признаков эвтрофикации) исследований, гидробиологического анализа (оценка структуры и количественных характеристик фито-, зоопланктонных и зообентосных сообществ), токсикологических исследований (оценка содержания тяжелых металлов и радионуклидов).

Территория исследований представлена на рисунке 1: водохранилища (Зуевское, Николаевское, Павлопольское, Старобешевское) и реки (Кальчик, Крынка). Исследования водных объектов проводились в 2024 году. На исследуемых водных объектах отбирали пробы воды, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и водных биоресурсов.

В ходе гидролого-гидрохимических исследований определялись запах, цветность, температура (воздуха и воды), прозрачность, скорость течения, мутность и pH воды. Запах оценивался органолептически при 20 °С и 60 °С (РД 52.24.496-2018), цветность – фотометрически (РД 52.24.497-2019). Температура воздуха определялась по данным гидрометеостанций, воды – термометром ТМ-10 (РД 52.24.496-2018). Прозрачность измерялась цилиндром Снеллена (РД 52.24.496-2018), скорость течения – ИСП-1М (РД 52.18.761-2012), мутность – турбидиметрически (ПНД Ф 14.1:2.4.2013-05), pH – потенциометрически (РД 52.24.495-2017). Растворенный кислород определялся йодометрически (РД 52.24.419-2019), соленость – аргентометрически (РД 52.10.243-92). Концентрации азота (аммонийного, нитритного, нитратного) и фосфатов измерялись фотометрически (РД 52.24.383-2018, РД 52.24.518-2008, РД 52.24.523-2009, РД 52.24.382-2019). Содержание свинца, марганца, мышьяка, кадмия определялось атомно-абсорбционным методом (НДИ 05.01-2004, РД 52.24.377-2021), ртути – анализатором РА-915М (М 01-55-2016), общего железа – спектрофотометрически (РД 52.24.358-2019). В тканях водных биоресурсов определяли содержание свинца, кадмия, мышьяка, ртути (НДИ 05.14-2007, НДИ 05.35-2021, НДИ 05.26-2014) атомно-абсорбционным методом, цезия-137 и стронция-90 – на спектрометрической установке (ФР.1.40.2017.25774, ФР 1.40.2014.18552). Гидробиологические пробы фито- и зоопланктона обрабатывались счетно-весовым методом с использованием микроскопов и определителей, зообентоса –

счетно-весовым методом с последующей идентификацией и взвешиванием организмов. Все вышеуказанные исследования выполнены в аккредитованной лаборатории на базе Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

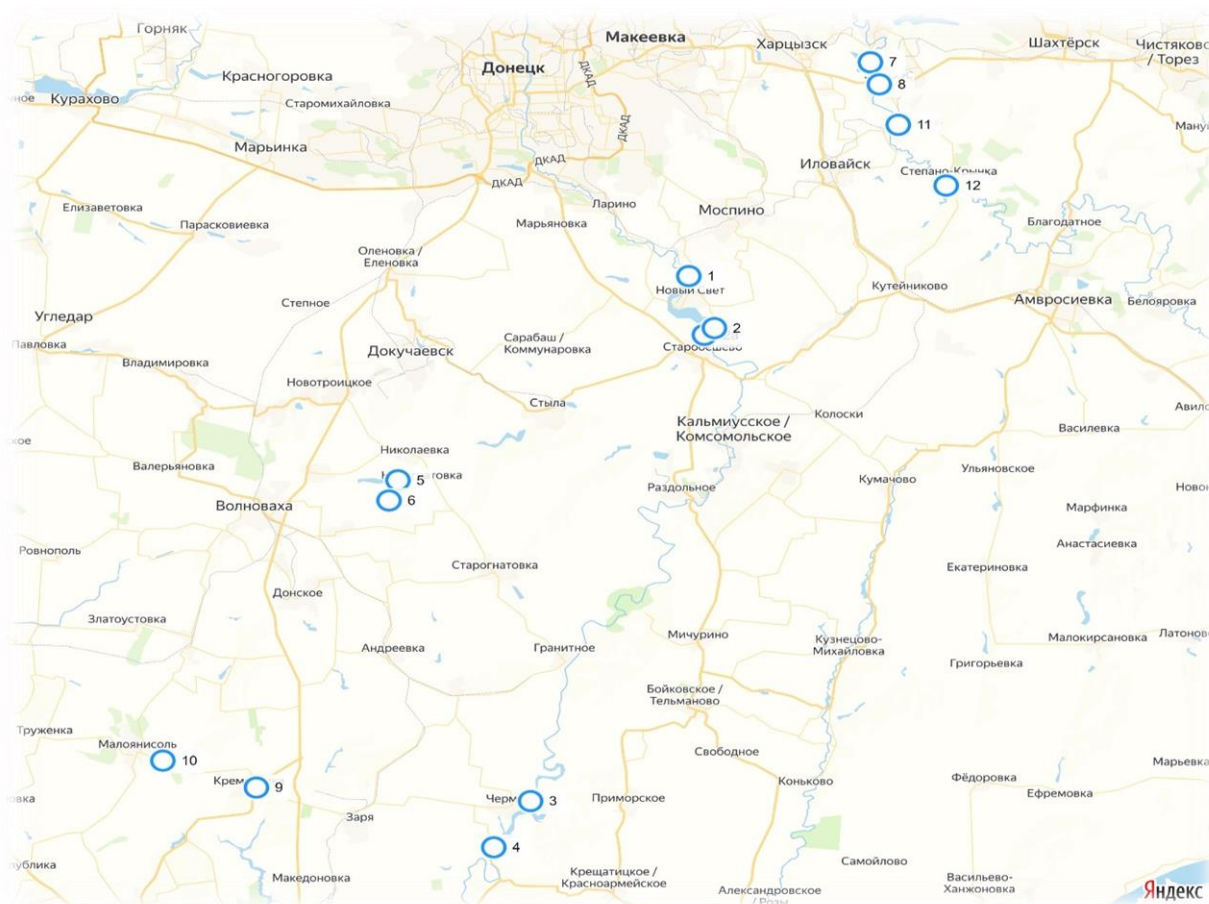


Рис. 1. Обзорная схема размещения гидрологических станций выполнения измерений и отбора проб:

1, 2 – Старобешевское водохранилище; 3, 4 – Павлопольское водохранилище; 5, 6 – Николаевское водохранилище; 7, 8 – Зуевское водохранилище; 9, 10 – р. Кальчик; 11, 12 – р. Крынка

Микробиологические и бактериологические исследования водных биологических ресурсов (карась, карп, толстолобик) шести объединенных проб массой 3 кг с каждого исследуемого водного объекта проведены в государственном бюджетном учреждении «Донецкая государственная лаборатория ветеринарной медицины» (ГБУ «Донецкая ГЛВМ») согласно следующих документов: КМАФАНМ (ГОСТ 10444.15-94), БГКП (ГОСТ 31747-2012), *Staphylococcus aureus*, Rosenbach, 1884 (ГОСТ 31746-2012), патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы (ГОСТ 31659-2012), *Listeria monocytogenes*, Pirie, 1940 (ГОСТ 32031-2012), инструкции «О мероприятиях по борьбе с аэромонозом карповых рыб» от 17.08.1998 г, методическим указаниям по лабораторной диагностике псевдомоноза рыб № 13-4-2/1403 от 22.09.1998 г). Использовались стандартные питательные среды, принятые в микробиологии.

Для паразитологического анализа, проводимого в лаборатории водных биологических ресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия» в рамках исследования, практиковался любительский вылов разновозрастной рыбы (по 15 экземпляров с различных участков исследуемых водных объектов). Паразитологическое исследование проводилось с сентября по декабрь 2024 года с применением комплекса общепринятых паразитологических методов, разработанных и описанных в трудах И. Е. Быховской-Павловской, включающие визуальный осмотр (оценка наличия паразитов на поверхности тела, жабрах и плавниках), полное паразитологическое вскрытие (основной метод диагностики, включающий исследование внутренних органов и тканей для

обнаружения эндопаразитов), микроскопическое исследование (видовая идентификация паразитов на основании морфологических признаков с использованием световой микроскопии). В работе использовали цифровой тринокулярный микроскоп Levenhuk MED D10T и стереоскопический бинокулярный микроскоп МБС-10.

Для статистической обработки данных экспериментальных и контрольных проб использовали программу «Excel 2010» (Microsoft Corporation) и Statistica 7.

Результаты и обсуждение

Температура воды на водных объектах варьировала от 5,4 °С до 10,4 °С, что соответствовало сезонным изменениям (табл. 1).

Таблица 1

Основные гидрологические показатели воды исследуемых водных объектов Донецкой Народной Республики

Водный объект	Гидрологическая станция	Температура воздуха, °С	Температура воды, °С	Прозрачность, см	Скорость водного потока, м/с
Старобешевское водохранилище	1 – с. Везамское/Кирово	5,4	7,8	23,4	0,018
	2 – с. Вознесенка	6,1	10,4	>30,0	0,028
Павлопольское водохранилище	3 – с. Чермалык	4,1	8,1	>30,0	0,022
	4 – с. Павлополь	4,1	8,1	>30,0	0,068
Николаевское водохранилище	5 – с. Новогнатовка	5,0	7,4	>30,0	0,014
	6 – пгт Ольгинка	5,0	7,4	>30,0	0,018
Зуевское водохранилище	7 – г. Зугрес (верхний бьеф)	5,4	5,4	22,6	0,000
	8 – г. Зугрес (нижний бьеф)	5,4	5,4	19,1	0,000
Река Кальчик	9 – с. Кременевка	3,8	5,4	>30,0	0,541
	10 – с. Малоянисоль	3,8	5,4	>30,0	0,451
Река Крынка	11 – пгт. Троицко-Харцызск	5,7	5,4	29,0	0,135
	12 – с. Степано-Крынка	6,0	5,4	>30,0	0,051

На пяти водных объектах вода была прозрачная, за исключением Зуевского водохранилища. Скорость водного потока значительно различалась, достигая максимальных значений на реках Кальчик и Крынка, что может сказываться на процессах самоочищения и перемешивания воды. В норме для равнинных рек этот показатель составляет 0,1–0,8 м/с.

Анализ представленных гидрохимических показателей воды (табл. 2) в различных водных объектах ДНР указывает на потенциальное загрязнение, источниками которого могут быть как естественные процессы, так и антропогенное воздействие. Повышенные концентрации иона аммония, особенно в Старобешевском и Зуевском водохранилищах, могут быть связаны с поступлением органических веществ, разложением биомассы, а также с сельскохозяйственными стоками, содержащими удобрения и отходы животноводства. Значительную роль в качестве загрязнителя принадлежит зоопарку, расположенному в селе Подгорном (Старобешевский район). Интенсивное земледелие в регионе, использование удобрений и навозных стоков без надлежащей очистки могут приводить к увеличению содержания аммонийного азота в воде. Кроме того, утечки из канализационных систем и промышленные сбросы также могут вносить вклад в загрязнение аммонием.

Присутствие нитрит-ионов в анализируемых пробах свидетельствует о продолжающихся процессах нитрификации, когда аммоний окисляется до нитритов, что также может указывать на загрязнение органическими веществами и фекальными стоками. В свою очередь, нитраты, обнаруживаемые во всех исследованных водных объектах, могут поступать из тех же источников, что и аммоний, а также из атмосферных осадков, содержащих азотные соединения.

Таблица 2

**Гидрохимические показатели воды исследуемых водных объектов
Донецкой Народной Республики**

ГС		pH, усл.ед.	БПК ₅ , мг/дм ³	Растворенный кислород, мг/дм ³	Ион аммония (азот аммонийный), мг/дм ³	Нитрит-ион (нитритный азот), мг/дм ³	Нитрат-ион (нитратный азот), мг/дм ³	Фосфат-ион (фосфаты по фосфору), мг/дм ³
СВ	1	7,90	3,4	9,3	0,575 (0,447)	0,9545 (0,2905)	0,634 (0,143)	2,900 (0,946)
	2	8,15	2,4	11,0	0,043 (0,033)	0,2849 (0,0867)	0,625 (0,141)	1,907 (0,622)
ПВ	3	8,14	<1,0	10,3	0,063 (0,049)	0,0554 (0,0169)	0,098 (0,022)	0,913 (0,298)
	4	8,12	2,5	10,5	0,048 (0,037)	0,0894 (0,0272)	0,438 (0,099)	0,747 (0,244)
НВ	5	7,91	1,7	10,4	0,285 (0,222)	0,0640 (0,0195)	0,312 (0,070)	0,078 (0,025)
	6	7,94	1,1	10,5	0,306 (0,238)	0,0695 (0,0211)	0,271 (0,061)	0,102 (0,033)
ЗВ	7	8,12	1,5	9,4	0,478 (0,372)	0,0497 (0,0151)	0,171 (0,039)	0,092 (0,030)
	8	8,24	1,9	9,9	0,169 (0,131)	0,0263 (0,0080)	0,057 (0,013)	0,095 (0,031)
РКЛ	9	7,90	<1,0	10,8	0,226 (0,176)	0,0601 (0,0183)	0,565 (0,128)	0,077 (0,025)
	10	7,79	<1,0	11,6	0,236 (0,184)	0,0456 (0,0139)	0,629 (0,142)	0,099 (0,032)
РКР	11	7,89	2,9	9,4	0,116 (0,090)	0,0841 (0,0256)	0,620 (0,140)	0,534 (0,174)
	12	8,03	4,0	10,5	0,064 (0,050)	0,2139 (0,0651)	0,616 (0,139)	0,632 (0,206)
ПДК*		Соответствие фоновому значению	2,1	6,0 – лето 4,0 – зима	0,5 (0,4)	0,08 (0,02)	40 (9,0)	0,2 – Э 0,15 – М 0,05 – О

Примечания

1 – ГС – гидрологическая станция, СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКЛ – река Кальчик, РКР – река Крынка, Э – эвтрофные, М – мезотрофные, О – олиготрофные,

2 – * – Приказ № 552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т. ч. нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (действовал до 01.09.2025 г.).

Содержание фосфатов, особенно в Старобешевском водохранилище и реке Крынка, может быть связано с поступлением сточных вод, содержащих фосфатные удобрения и моющие средства. Использование фосфатсодержащих удобрений в сельском хозяйстве и их смыв с полей во время дождей также могут быть значимым источником загрязнения. Кроме того, эрозия почв и вымывание фосфатов из донных отложений могут способствовать повышению их концентрации в воде. Превышение значений БПК₅ в ряде точек указывает на наличие в воде значительного количества органических веществ, окисление которых потребляет кислород, что может негативно сказываться на водной экосистеме. Таким образом, комплексный анализ гидрохимических показателей позволяет предположить наличие разнообразных источников загрязнения, включая сельскохозяйственные стоки, промышленные сбросы, утечки из канализационных систем и естественные процессы разложения органических веществ. Установленные повышенные содержания азота и фосфора в указанных водных объектах, может стимулировать рост водорослей и ухудшение качества воды.

Анализируя представленные в таблице 3 данные по содержанию химических элементов в воде, можно предположить несколько источников загрязнения, приводящих к превышению предельно допустимых концентраций для ртути, марганца и железа в различных водных объектах. Важно отметить, что превышение ПДК может свидетельствовать как об антропогенном влиянии, так и о естественных геохимических процессах, характерных для данного региона.

**Содержание химических элементов в воде исследуемых водных объектов
Донецкой Народной Республики**

ГС		Содержание металлов, мкг/дм ³					
		свинец	мышьяк	кадмий	ртуть	марганец	железо общее
СВ	1	0,62	<2,5	<0,10	0,058	65	130
	2	0,46	9,0	<0,10	0,032	6,4	67
ПВ	3	<0,40	4,1	<0,10	0,038	15	67
	4	<0,40	4,2	<0,10	0,013	16	66
НВ	5	0,44	<2,5	<0,10	0,029	7,0	54
	6	0,40	<2,5	<0,10	0,053	8,0	62
ЗВ	7	0,66	<2,5	<0,10	<0,010	18	79
	8	0,57	3,6	<0,10	0,093	38	109
РКЛ	9	<0,40	<2,5	<0,10	<0,010	22	77
	10	0,45	<2,5	<0,10	<0,010	12	75
РКР	11	0,50	42	<0,10	<0,010	59	98
	12	0,72	20	<0,10	0,082	14	79
ПДК*		6	50	5	0,01	10	100

Примечания

1 – ГС – гидрологическая станция, СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКЛ – река Кальчик, РКР – река Крынка, Э – эвтрофные, М – мезотрофные, О – олиготрофные,

2 – * – Приказ №552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т. ч. нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (действовал до 01.09.2025 г.).

В большинстве исследованных проб наблюдается превышение ПДК по ртути. Возможными источниками ртутного загрязнения могут быть промышленные предприятия, использующие ртуть в производственных процессах (химическая промышленность, производство электроники), а также сточные воды горнодобывающих предприятий, разрабатывающих месторождения, содержащие ртутные минералы. Кроме того, ртуть может попадать в водные объекты в результате сжигания ископаемого топлива и утилизации ртутьсодержащих отходов (люминесцентных ламп, батареек). Естественные источники ртути включают выветривание горных пород, содержащих ртутные минералы, и вулканическую деятельность. Главным объектом накопленного вреда в регионе является могильник ГП «Горловского химического завода» (ртутный могильник).

Что касается марганца, превышение ПДК наблюдается в Старобешевском, Зуевском водохранилищах и реке Крынка. Источниками загрязнения марганцем могут быть промышленные стоки, содержащие марганцевые соединения (металлургические предприятия, предприятия химической промышленности, производство удобрений). Также марганец может поступать в водные объекты в результате выщелачивания марганцевых руд и минералов из почв и горных пород под воздействием атмосферных осадков. Вклад в загрязнение марганцем могут вносить сточные воды сельскохозяйственных предприятий, где марганец используется в качестве микроудобрения. Следует отметить, что повышение концентрации марганца может быть связано с изменением окислительно-восстановительных условий в водной среде.

Превышение ПДК по общему железу наблюдается в Старобешевском и Зуевском водохранилищах. Основными источниками железа в водных объектах являются природные геохимические процессы, такие как выветривание железосодержащих минералов из почв и горных пород, растворение железа из донных отложений. Антропогенные источники железа включают сточные воды предприятий металлургической, горнодобывающей, химической и текстильной промышленности. Также железо может попадать в водные объекты с сельскохозяйственных угодий в результате эрозии почв и использования железосодержащих удобрений. Важно учитывать, что повышенное содержание железа может быть связано с

сезонными изменениями гидрологического режима и окислительно-восстановительных условий в водной среде, особенно в периоды паводков и засух. Кроме того, на концентрацию железа могут влиять процессы жизнедеятельности железобактерий.

Анализ полученных данных о состоянии фитопланктонных сообществ водных объектов Донецкой Народной Республики (рис. 2) позволяет выявить определенные закономерности и особенности функционирования водных экосистем региона.

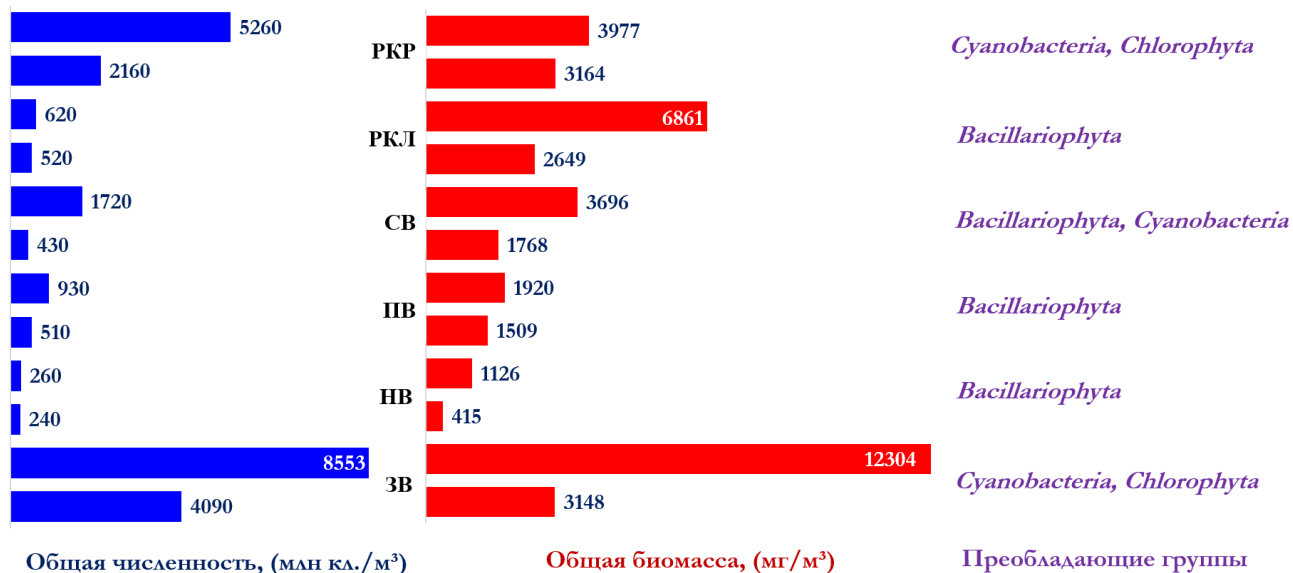


Рис. 2. Численность и биомасса фитопланктона на исследуемых водных объектах Донецкой Народной Республики:

СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКЛ – река Кальчик, РКР – река Крынка

Наибольшие показатели общей численности и биомассы фитопланктона зафиксированы в Зуевском водохранилище, где доминируют цианобактерии и зеленые водоросли. Столь высокие значения могут указывать на прогрессирующую эвтрофикацию водоема, обусловленную повышенным содержанием биогенных элементов. В противоположность этому, Николаевское водохранилище характеризуется наименьшей численностью и биомассой фитопланктона, что, вероятно, связано с особенностями гидрологического режима, недостатком питательных веществ или иными лимитирующими факторами.

В Павлопольском и Старобешевском водохранилищах преобладают диатомовые водоросли, при этом в Старобешевском водохранилище отмечается значительная пространственная изменчивость показателей фитопланктона, что может быть обусловлено неоднородностью условий среды в различных точках водоема. Реки Кальчик и Крынка демонстрируют промежуточные значения численности и биомассы фитопланктона. В реке Кальчик доминируют диатомовые водоросли, а в реке Крынка наблюдается сочетание цианобактерий и диатомовых. Это может отражать разницу в характере водосбора, степени антропогенной нагрузки и других факторах, влияющих на состав фитопланктонного сообщества.

В целом, анализ данных свидетельствует о существенной неоднородности состояния фитопланктона в исследованных водных объектах ДНР. Выявленные различия могут быть обусловлены комплексом факторов, включая гидрологический режим, трофический статус, степень загрязнения и пространственную неоднородность условий среды.

Проведенный анализ численности и биомассы зоопланктона в различных водных объектах Донецкой Народной Республики выявил значительные различия в структуре зоопланктонного сообщества (рис. 3). Зуевское водохранилище демонстрирует максимальные показатели общей численности и биомассы, что, предположительно,

обусловлено особенностями гидрологического режима и трофического статуса водоема, влияющими на развитие зоопланктонных организмов. Доминирующие группы – коловратки рода *Keratella* (численность) и *Daphnia longispina*, O. F. Muller, 1776 (биомасса). В то же время, Николаевское водохранилище, несмотря на сравнительно высокую численность, характеризуется меньшей биомассой, что может указывать на преобладание в составе зоопланктона мелких видов. Доминируют коловратки рода *Keratella* (численность) и *D. longispina* (биомасса).



Рис. 3. Численность и биомасса зоопланктона на исследуемых водных объектах Донецкой Народной Республики:

СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКЛ – река Кальчик, РКР – река Крынка

Павлопольское водохранилище, напротив, при относительно невысокой численности показывает широкий диапазон значений биомассы, варьирующийся в зависимости от периода исследований, что может свидетельствовать о нестабильности экологических условий или о наличии крупных, но малочисленных видов зоопланктона. Основной вклад вносит представитель веслоногих ракообразных *Eurytemora velox velox*, Lilljeborg, 1853.

Старобешевское водохранилище занимает промежуточное положение по численности и биомассе, демонстрируя при этом наименьшее разнообразие таксонов, что может быть связано с факторами антропогенного воздействия или специфическими условиями водоема, ограничивающими видовое богатство. Основной вклад в численность вносят коловратки рода *Synchaeta*, в биомассу – виды семейства Cyclopidae.

Реки Кальчик и Крынка, как типичные лотические экосистемы, характеризуются наименьшими показателями численности и биомассы зоопланктона по сравнению с водохранилищами, что обусловлено течением, меньшим временем удержания воды и другими факторами, влияющими на развитие планктонных организмов. При этом река Крынка отличается более высоким таксономическим разнообразием по сравнению с рекой Кальчик, что может быть связано с различиями в гидрохимическом составе воды, характере донных отложений и степени антропогенной нагрузки. На реке Крынка доминируют коловратки рода *Keratella* (численность) и *D. longispina* (биомасса), реке Кальчик – коловратки рода *Synchaeta*.

В целом, представленные данные указывают на то, что каждый водный объект обладает уникальными характеристиками зоопланктонного сообщества, формирующимися под влиянием комплекса экологических факторов.

Из представленных на рисунке 4 данных отмечена значительная вариабельность численности и биомассы зообентоса, что отражает различия в экологических условиях, трофическом статусе и степени антропогенного воздействия на водные экосистемы.

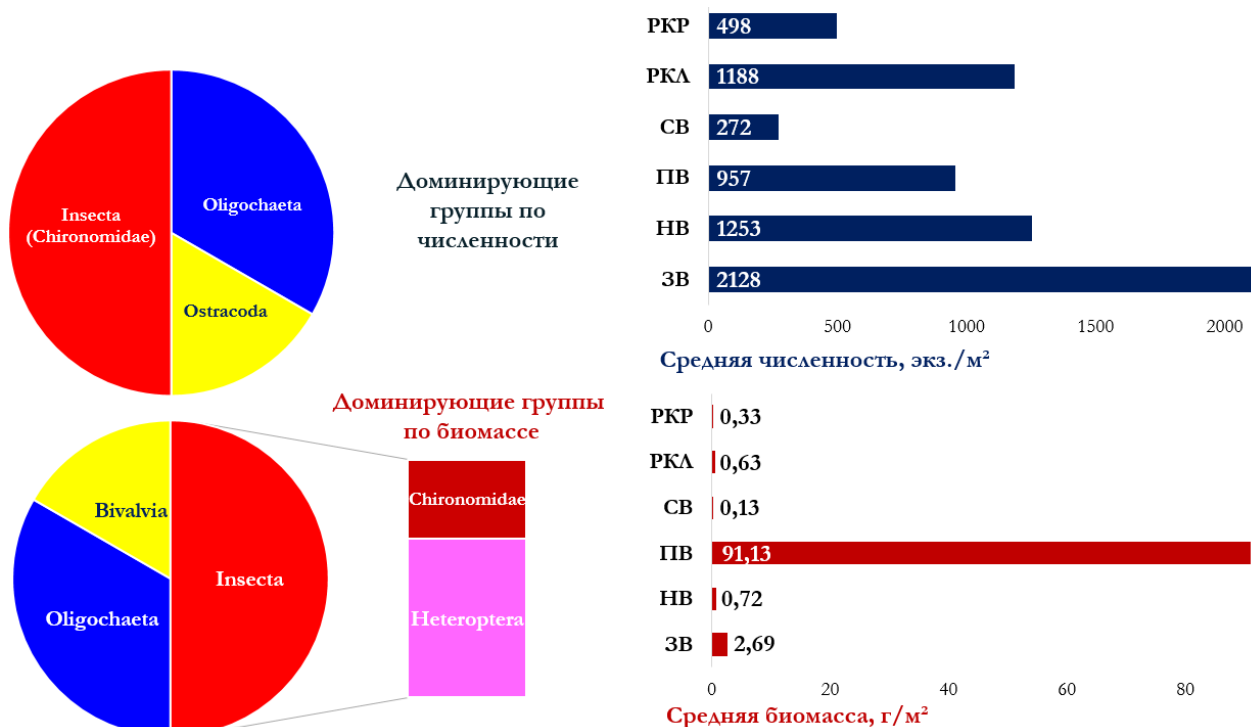


Рис. 4. Численность и биомасса зообентоса на исследуемых водных объектах Донецкой Народной Республики:

СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКА – река Кальчик, РКР – река Крынка

Павлопольское водохранилище выделяется аномально высокой биомассой (91,13 г/м²) по сравнению с другими водоемами, что обусловлено доминированием двустворчатых моллюсков *Dreissena*. Этот факт может указывать на специфические условия, благоприятные для развития данного вида, такие как высокая концентрация взвешенного органического вещества или наличие подходящего субстрата для прикрепления.

С другой стороны, Старобешевское водохранилище характеризуется низкой численностью (272 экз./м²) и биомассой (0,13 г/м²) зообентоса, где доминируют малощетинковые черви. Это может свидетельствовать о менее благоприятных условиях для развития других групп беспозвоночных, возможно, из-за дефицита кислорода в придонных слоях или загрязнения органическими веществами.

Николаевское и Зуевское водохранилища демонстрируют промежуточные значения численности и биомассы, при этом в обоих водоемах доминируют личинки Chironomidae и олигохеты соответственно. Эти группы организмов, как правило, толерантны к различным видам загрязнения и часто преобладают в водоемах с повышенным содержанием органических веществ.

Реки Кальчик и Крынка, как проточные водоемы, характеризуются относительно низкой биомассой зообентоса и доминированием специфических групп организмов. В реке Кальчик преобладают Ostracoda по численности и *Aphelocheirus aestivalis*, Fabricius, 1794 по биомассе, что может быть связано с особенностями гидрологического режима и состава субстрата. В реке Крынка доминируют личинки Chironomidae по численности и *Naucoris*

cimicoides, Leach, 1815 по биомассе, что указывает на наличие укрытий и кормовых ресурсов для этих видов.

При исследовании рыбы, выловленной в этих водоемах на соответствие показателей качества и безопасности, установлено, что все исследованные образцы соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» по микробиологическим, химико-токсикологическим, радиологическим и паразитологическим показателям (табл. 4–6).

Анализ данных, представленных в таблице 4, показывает, что содержание КМАФАнМ во всех исследованных пробах рыбы, выловленной в Зуевском, Николаевском, Павлопольском, Старобешевском водохранилищах, реках Кальчик и Крынка не превышало установленный нормативными документами максимально допустимый уровень (МДУ) в 1×10^5 КОЕ/г. Фактические значения варьировались от $1,7 \times 10^4$ КОЕ/г до $2,4 \times 10^4$ КОЕ/г. Различия в значениях КМАФАнМ между разными водоемами могут быть связаны с различиями в их гидрологическом режиме, антропогенной нагрузке и видовом составе микрофлоры.

Таблица 4

Микробиологические исследования проб рыбы, выловленной на исследуемых водных объектах Донецкой Народной Республики

Наименование показателя и единицы измерения	МДУ по нормативным документам	Результаты исследований проб					
		ЗВ	НВ	ПВ	СВ	РКЛ	РКР
КМАФАнМ, КОЕ/1 г, не более	1×10^5	$2,4 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
БГКП (коли-формы) в 0,01 г	Не допускается	Не выделено					
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не допускается	Не выделено					
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы	Не допускается	Не выделено					
<i>Listeria monocytogenes</i>	Не допускается	Не выделено					
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Не допускается	Не выделено					
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Не допускается	Не выделено					

Примечание: СВ – Старобешевское водохранилище, ПВ – Павлопольское водохранилище, НВ – Николаевское водохранилище, ЗВ – Зуевское водохранилище, РКЛ – река Кальчик, РКР – река Крынка

Что касается БГКП (коли-форм), *Staphylococcus aureus*, патогенных микроорганизмов (в т. ч. сальмонелл), *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Aeromonas hydrophila*, то в исследованных пробах их выделение не было зарегистрировано («Не выделено»). Это свидетельствует об отсутствии непосредственной угрозы пищевой безопасности, связанной с данными микроорганизмами.

Анализ содержания токсичных элементов (свинца, кадмия, ртути, мышьяка) и радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) в теле рыб, выловленных в водных объектах ДНР, демонстрирует вариативность накопления различных веществ, но не превышал максимально допустимые уровни, установленные ТР ЕАЭС 040/2016 (табл. 5).

У карася зафиксировано содержание кадмия на уровне 0,027 мг/кг, в то время как у других видов этот элемент не обнаруживается в концентрациях, превышающих порог определения ($<0,005$ мг/кг). Содержание ртути варьируется в пределах 0,016–0,026 мг/кг, свинец обнаружен только в карасе (0,42 мг/кг), а мышьяк проявляется в следовых количествах, преимущественно ниже порога определения, за исключением отдельных особей карася и толстолобика. Анализ удельной активности радионуклидов указывает на превышение содержания стронция-90 в теле карася (19,1 Бк/кг) по сравнению с другими видами, где этот радионуклид не превышает порог определения.

В целом, наблюдается тенденция к более высокому накоплению токсичных элементов и радионуклидов в карасе по сравнению с другими видами рыб, что может быть обусловлено особенностями его питания, метаболизма и занимаемой экологической нишей.

Таблица 5

Содержание токсичных элементов и радионуклидов в теле рыб выловленных на исследуемых водных объектах Донецкой Народной Республики

Токсический элемент	Карась $n = 6$ $L = 24-30$ $m = 0,237-0,498$	Карась $n = 1$ $L = 24$ $m = 0,217$	Карп $n = 5$ $L = 18-23$ $m = 0,102-0,23$	Карп $n = 2$ $L = 22-25$ $m = 0,232-0,288$	Карп, $n = 1$ $L = 23$ $m = 0,196$	Толстолобик $n = 2$ $L = 60-62$ $m = 2,1-2,23$	ПДК
Токсичные элементы, мг/кг							
Кадмий	0,027	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,2
Ртуть	0,018	0,026	0,018	0,021	0,018	0,016	0,5
Свинец	0,42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,0
Мышьяк	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	5,0
Удельная активность радионуклидов, Бк/кг							
Цезий-137	<2,05	<2,42	<1,98	<2,15	<2,49	<2,82	130
Стронций-90	19,1	<25,0	<16,4	<19,2	<12,1	<20,2	100

Пр и м е ч а н и е: n – количество, экз; L – длина, см; m – масса, кг.

Представленные в таблице 6 и на рисунке 5 данные, демонстрируют видовое разнообразие паразитов, обнаруженных у рыб в исследуемых водоемах Донецкой Народной Республики.

Таблица 6

Видовой состав паразитов рыб в исследуемых водоемах Донецкой Народной Республики

Вид паразита	Количество зараженных рыб	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, %
<i>Ergasilus sieboldi</i>	2	13,3	2
<i>Lernaea cyprinacea</i>	3	20	4
<i>Dactylogyrus extensus</i>	11	73,3	7
<i>Diplozoon paradoxum</i>	3	20	3
<i>Tylodelphys clavata</i> , Дайзинг, 1850	9	60	10
<i>Diplostomum spathaceum</i> , Невидомска, 1984	11	73	4
<i>Ichtyocotylurus sp.</i>	6	40	16
<i>Caryophyllaeus fimbriceps</i> , Гмелин, 1790	1	6,6	1
<i>Khawia sinensis</i>	1	6,6	1

Анализ данных выявляет преобладание *Dactylogyrus extensus* и *Diplostomum spathaceum*, характеризующихся высокой экстенсивностью инвазии (ЭИ) – 73,3 % и 73 % соответственно. Это указывает на широкое распространение данных видов паразитов среди исследованных рыб. *Tylodelphys clavata* также демонстрирует значительную экстенсивностью инвазии (60 %), что свидетельствует о ее заметной роли в паразитарной системе водоемов.

Интенсивность инвазии (ИИ) варьирует в зависимости от вида паразита. *Ichtyocotylurus sp.* характеризуется наиболее высокой интенсивностью инвазии (16 %), что может указывать на значительную нагрузку данным паразитом на отдельных рыб-хозяев. *D. extensus* и *T. clavata* также демонстрируют относительно высокую ИИ (7 и 10 % соответственно), подтверждая их доминирующее положение.

В то же время, *Ergasilus spp.*, *Lernaea cyprinacea*, *Diplozoon paradoxum*, *Caryophyllaeus fimbriceps* и *Khawia sinensis* обладают низкой ЭИ и ИИ, что может быть связано с различными факторами, включая специфичность хозяина, сезонные колебания численности паразитов, а также особенности жизненного цикла. *C. fimbriceps* и *K. sinensis*, в частности, отмечены единичными случаями заражения (ЭИ 6,6 %, ИИ 1 %), что может указывать на их ограниченное распространение в исследуемых водоемах.

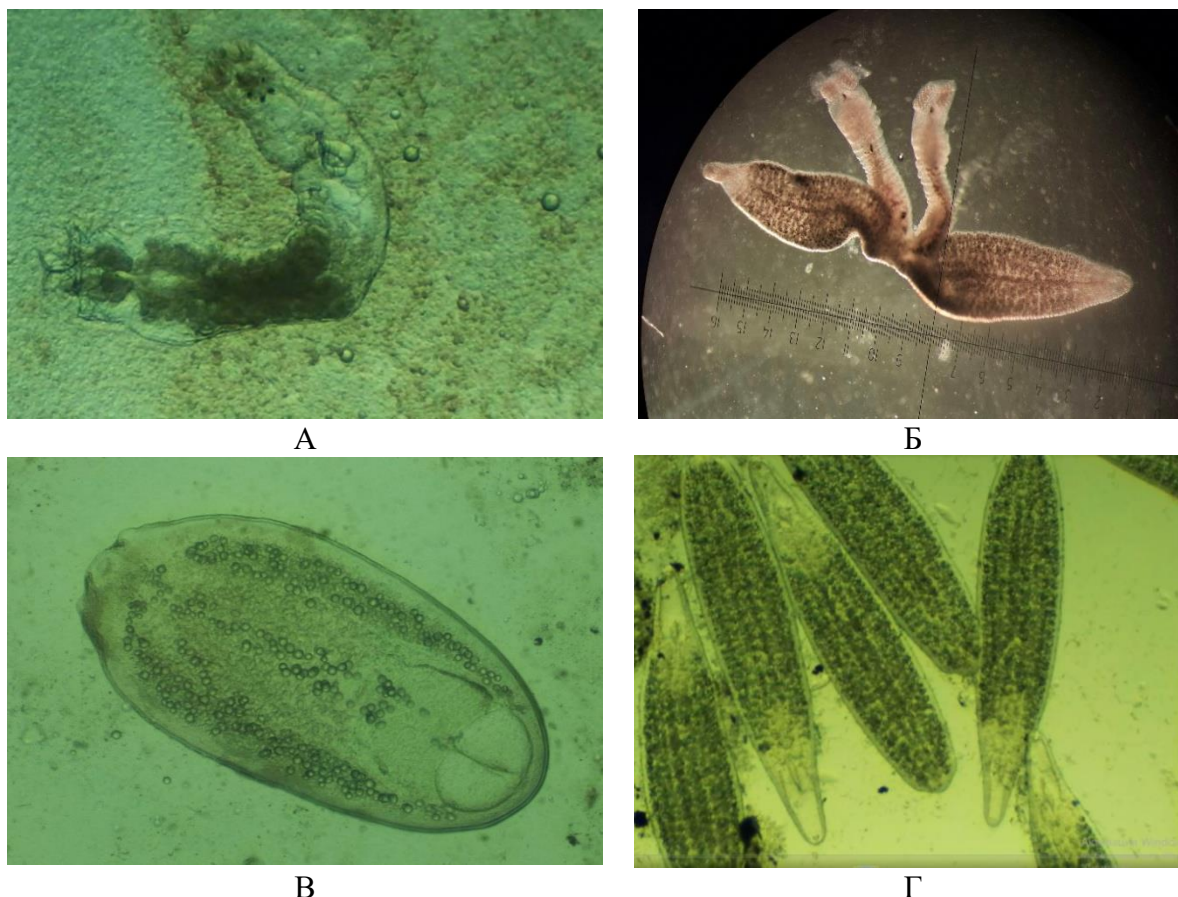


Рис. 5. Выявленные возбудители монегенеидозов и диплостомозов при паразитологическом анализе:
А – *Dactylogirus extensus*; Б – *Diplozoon paradoxum*; В – *Diplostomum spathaceum*; Г – *Tylodelphys clavata*

Сопоставление ЭИ и ИИ позволяет оценить вклад каждого вида паразита, так высокая ЭИ в сочетании с умеренной или высокой ИИ (как в случае с *D. extensus* и *T. clavata*) указывает на значительное влияние этих паразитов на здоровье рыб.

Выделенные возбудители паразитарных болезней рыб не представляют опасность для здоровья человека, но опасны для здоровья рыб.

Выводы

В результате проведения комплексных исследований экологического состояния водных объектов ДНР установлено, что реки Крынка и Кальчик, а также водохранилища Старобешевское и Павлопольское подвержены загрязнению органическими веществами, о чем свидетельствует превышение уровня БПК₅. Антропогенная эвтрофикация, выражающаяся в избыточном насыщении вод биогенными элементами (азотом и фосфором), зафиксирована в ряде водных объектов, в частности в Старобешевском и Павлопольском водохранилищах, а также в р. Крынка.

Особую обеспокоенность вызывает значительное превышение предельно допустимых концентраций ртути в Зуевском, Старобешевском, Николаевском водохранилищах и реке Крынка, а также повышенные концентрации марганца и железа в ряде водоемов.

Фитопланктонные сообщества в Зуевском водохранилище и реке Крынка характеризуются высоким содержанием цианобактерий, что также является индикатором эвтрофикации. Зоопланктонные и зообентосные сообщества демонстрируют различия в структуре и количественных показателях, отражая влияние гидрологического режима и антропогенного воздействия.

Несмотря на выявленные проблемы, проведенные исследования рыбы показали соответствие исследованных образцов требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» по микробиологическим, химико-токсикологическим,

радиологическим и паразитологическим показателям (изолированы паразиты, не опасные для человека).

Полученные результаты могут послужить отправной точкой для дальнейших углубленных изысканий, направленных на разработку научно обоснованных стратегий по оздоровлению и устойчивому управлению водными ресурсами региона. Несмотря на то, что в настоящем исследовании получены ценные данные о текущем состоянии водоемов, необходимо расширить спектр анализируемых параметров и масштабировать географию исследований для формирования целостной картины экологического благополучия водных экосистем ДНР. Перспективным направлением является углубленное изучение механизмов трансформации и аккумуляции загрязняющих веществ в компонентах водных экосистем, включая донные отложения.

Для разработки эффективных стратегий по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты необходимо провести более детальный анализ источников загрязнения. Это включает в себя идентификацию конкретных промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий и коммунальных хозяйств, вносящих наибольший вклад в загрязнение вод тяжелыми металлами, органическими веществами и биогенными элементами.

Реализация указанных направлений позволит получить более полное представление об экологическом состоянии внутренних водоемов ДНР, разработать научно обоснованные меры по их охране, восстановлению и обеспечить устойчивое использование водных ресурсов в интересах населения и экономики региона.

Работа проведена в рамках выполнения проекта «Мониторинг качества и безопасности водных биологических ресурсов и среды их обитания внутренних водоемов ДНР».

Список литературы

1. Алексеева Н. В., Должанов П. Б., Мироненко О. А., Завелицкий А. Б. Экологическое состояние водных объектов недр местного значения Донецкой Народной Республики // Промышленность и сельское хозяйство. 2024. № 5(70). С. 62–68.
2. Аникина Е. А., Чуфицкий С. В., Романчук С. М., Горбунов Р. И., Сергеева Е. С. Мониторинг южной части русла реки Кальмиус с применением метода биотестирования // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 2. С. 57–63.
3. Аникина Е. А., Чуфицкий С. В., Романчук С. М., Горбунов Р. И., Сергеева Е. С. Флуориметрическая оценка фотосинтетической активности клеток микроводорослей при проведении биотестирования // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 4. С. 53–60.
4. Анциферова М. А. Концентрации микропластика в некоторых реках и водохранилищах Юга России // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2025. № 1 (225). С. 51–57.
5. Анциферова М. А., Беспалова Л. А. Микропластик в окружающей среде Таганрога // Наука Юга России. 2022. Т. 18. № 3. С. 29–34.
6. Анциферова М. А., Беспалова Л. А., Клещенко А. В., Данилина Э. М., Юрасов Ю. И. Загрязнение микропластиком вод нижнего дна, цимлянского водохранилища и нижней Волги // Наука Юга России. 2024. Т. 20. № 2. С. 33–43.
7. Беспалова С. В., Чуфицкий С. В., Романчук С. М., Кривякин А. С. Биомониторинг поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки на примере реки Кальмиус // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2018. № 3-4. С. 137–145.
8. Беспалова С. В., Звягинцева А. В., Романчук С. М., Чуфицкий С. В. Комплексные изменения при мониторинге урбанизированных территорий и городских агломераций: монография. Донецк: Изд-во ДонГУ, 2025. 349 с.

9. Гавришин А. И., Кафтанатий Е. Б. Загрязнение поверхностных вод в Восточном Донбассе // Актуальные проблемы недропользования – 2021: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвященной 115-летию со дня рождения А. Г. Кобилева (Новочеркасск, 30 ноября 2021 г.). Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2021. С. 94–99.
10. Гурнак Е. Е., Наливайко М. Н. Качество и безопасность питьевой воды в Ростовской агломерации, обеспечение нормативных показателей водных объектов и рациональное водопользование // Актуальные проблемы экономической науки и практики: Сборник материалов XI Научно-практ. конф. с международ. участием (Тула, 20 апр. 2023 г.). Тула: Тульский государственный университет, 2023. С. 249–251.
11. Дрозд Г. Я., Хвортова М. Ю. Поверхностные водоемы Донбасса: экологические последствия боевых действий // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Дала. 2017. № 3-2(5). С. 77–85.
12. Извекова О. В., Патрушева М. П. Состояние водных ресурсов трансграничных водных объектов бассейна реки Днепр // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: Сборник материалов Всеросс. научно-практ. конф. с международ. участием (Сочи, 20–25 сент. 2021 г.). Новочеркасск: ООО «Лик», 2021. С. 154–160.
13. Корниенко В. О., Кишкань Р. В., Чибилев А. А., Шкиренко А. О., Несова А. В. Современное экологическое состояние Великоанадольского леса в связи с военными действиями // Вопросы степеведения. 2025. № 2. С. 79–90.
14. Корниенко В. О., Кишкань Р. В., Яццкий А. С., Шкиренко А. О. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13. № 4. С. 26–32.
15. Кудряшов А. В., Баканева А. А., Конев С. В. Проблемы экологического состояния Волго-Ахтубинской поймы и ее внутренних водоемов // В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. 2018. С. 17–24. EDN: YWMDSB.
16. Матишов Г. Г., Сушко К. С. Особенности экологического состояния почв прибрежных ландшафтов малых рек Приазовья // Наука Юга России. 2025. Т. 21. № 2. С. 41–46.
17. Мирзоян А. В., Белоусов В. Н., Шевченко В. Н., Полин А. А., Рыбальченко А. Д., Порошина Е. А. Искусственное воспроизводство полупроходных видов рыб при разных сценариях развития гидрологической обстановки в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 4. С. 91–108.
18. Мирненко Э. И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12. № 1. С. 82–86.
19. Мирненко Э. И. Динамика структуры и прогноз трансформации фитопланктонных сообществ в антропогенно нагруженных водоемах Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 2. С. 104–110.
20. Саркисян Д. С., Чолутаева Э. Э., Шевченко В. Н., Старостин Д. В., Мартынюк И. О. Обзор основных паразитарных и вирусных заболеваний в аквакультуре // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 4. С. 138–154.
21. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций: монография. Донецк: Эдит, 2024. 289 с. EDN: QVJSQE.
22. Хорошельцева В. Н. Фауна и экология паразитов рыб в хозяйствах аквакультуры Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна: дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15. Ростов-на-Дону, 2022. 174 с. EDN: DROHWG.
23. Хорошельцева В. Н., Полуян А. Я., Горбенко Е. В., Павлюк А. А., Гринченко М. А. Способы лечения производителей судака обыкновенного *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) после нерестовой кампании в прудовом хозяйстве // Рыбное хозяйство. 2020. № 6. С. 102–107.

24. Хорошельцева В. Н., Стрижакова Т. В., Керимова А. А., Денисова Т. В. Паразитофауна сеголетков карпа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) в выростных прудах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 4. С. 54–64.
25. Хорошельцева В. Н., Стрижакова Т. В., Мосеян Г. В., Керимова А. А., Иванова Е. А., Денисова Т. В. Филометроидоз объектов аквакультуры: биология возбудителя, патогенез, способы лечения (обзор литературы) // Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 66–71.
26. Цибульняк Д. Р., Дариенко О. Л., Мамаев В. В. Оценка экологических рисков на объектах водоснабжения в ходе эскалации боевых действий // Актуальные вопросы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты: материалы VIII Международ. научно-практ. конф. (Горловка, 24 марта 2023 г.). Автомобильно-дорожный институт ГОУ ВПО «ДОННТУ». Том Часть 2. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. С. 195–201.
27. Чуфицкий С. В., Беспалова С. В., Романчук С. М. Биомониторинг состояния поверхностных вод Волынцевского водохранилища с применением метода флуориметрии // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13. № 1. С. 67–74.
28. Чуфицкий С. В., Беспалова С. В., Романчук С. М. Оценка качества поверхностных вод питьевого водохранилища с применением метода биотестирования на клетках фитопланктона // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13. № 3. С. 65–71.
29. Чуфицкий С. В., Горбунов Р. И., Романчук С. М., Аникина Е. А. Апробация методов флуориметрического определения фотосинтетической активности клеток фитопланктона // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 4. С. 119–127.
30. Bepalova S. V., Romanchuk S. M., Chufitskiy S. V., Perebeinos V. V., Gotin B. A. Fluorimetric analysis of the impact of coal sludge pollution on phytoplankton // Biophysics. 2020. Т. 65. № 5. С. 850–857.
31. Borovskaya R., Krivoguz D., Kozhurin E., Khorosheltseva V., Chernyi S., Zinchenko E. Surface water salinity evaluation and identification for using remote sensing data and machine learning approach // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. Т. 10. № 2. P. 257–269.
32. Chufitskiy S., Romanchuk S., Meskhi B., Olshevskaya A., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Vershinina A., Savenkov D. Assessment of surface water quality in the Krynka river basin using fluorescence spectroscopy methods // Plants. 2025. Т. 14. № 13. DOI: 10.3390/plants14132014.
33. Kornienko V., Reuckaya V., Shkirenko A., Meskhi B., Olshevskaya A., Odabashyan M., Shevchenko V., Teplyakova S. Silvicultural and ecological characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a key introduced species in the urban dendroflora of industrial cities // Plants. 2025. Т. 14. № 13. DOI: 10.3390/plants14132052. EDN: DRDBQF.
34. Korniyenko V. O., Kalaev V. N. Impact of natural climate factors on mechanical stability and failure rate in silver birch trees in the city of Donetsk // Contemporary Problems of Ecology. 2022. Т. 15. № 7. С. 806–816.
35. Kornienko V., Pirko I., Meskhi B., Olshevskaya A., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Vershinina A., Eroshenko A. Evaluating the vitality of introduced woody plant species in the Donetsk–Makeyevka urban agglomeration // Plants. 2025. Т. 14. № 20.
36. Mirnenko E. Ecological monitoring of water bodies: bioindication, microalgae biodiversity indices // E3S Web of Conferences. 2024. Т. 555. P. 02008.
37. Mirnenko E. I. Content composition and dynamics of photosynthetic pigments in the reservoirs of the Kalmius river of the Donetsk People’s Republic // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2024. Т. 79. № 4. С. 267–273.
38. Mirnenko E. I. Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius river and its reservoirs // Ecosystem Transformation. 2022. Т. 5. № 2 (16). С. 3–13.

39. Rudoy D., Meskhi B., Olshevskaya A., Kozyrev D., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Rybak A. Analysis of edaphic factors on the role of probiotics in the development of sustainable and productive aquaculture // Fishes. 2025. T. 10. № 9. P. 144–161.

40. Zinicovskaia 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. P. 3472–3482. DOI: 10.1134/S1070363224130048. EDN: QXJUMP.

Поступила в редакцию 30.11.2025 г.

Alekseeva N. V., Dolzhanov P. B., Kosenko Yu. V., Kornienko V. O. Ecological state of the water bodies of the Donetsk People's Republic. – The article examines the ecological state of the water bodies of the Donetsk People's Republic (reservoirs and rivers) based on a comprehensive analysis of hydrological, hydrochemical and hydrobiological indicators. As a result of the analysis of surface waters, organic pollution caused by anthropogenic eutrophication has been established. The maximum permissible concentrations of mercury, manganese and iron were exceeded. The phytoplankton contains a high content of cyanobacteria.

Keywords: water bodies, Donetsk People's Republic, ecological status, pollution, eutrophication, hydrochemistry, hydrobiology.

Алексеева Наталья Викторовна

кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры общей и частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия», г. Макеевка, РФ
E-mail: alekseevadonagra@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-1984-5209
AuthorID: 935364

Alekseeva Natalia Viktorovna

PhD of Veterinary Science, Docent, Associate Professor of the Department of General and Private Animal Science, Donbass Agrarian Academy, Makeyevka, Russian Federation.

Должанов Павел Борисович

кандидат ветеринарных наук, проректор по учебной работе, международным связям и развитию, и. о. заведующего кафедрой общей и частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия», г. Макеевка, РФ
E-mail: pbdol@mail.ru
ORCID: 0009-0001-8961-4871
AuthorID: 313398

Dolzhanov Pavel Borisovich

PhD of Veterinary Science, Vice-Rector for Academic Affairs, International Relations and Development, Acting Head of the Department of General and Private Animal Science, Donbass Agrarian Academy, Makeyevka, Russian Federation.

Косенко Юлия Владимировна

кандидат биологических наук, доцент, начальник аналитического испытательного центра, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Российская Федерация, Ростов-на-Дону
E-mail: kosenkoyv@azniirkh.vniro.ru
AuthorID: 720121

Kosenko Yulia Vladimirovna

PhD of Biological Sciences, Docent, Head of the analytical testing center, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Rostov-on-Don, Russian Federation.

Корниенко Владимир Олегович

кандидат биологических наук, заведующий научно-исследовательской частью, доцент кафедры физиологии и биофизики, 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 of Biological Sciences, Head of the Research Department of Donetsk State University, Associate Professor of the Department of Physiology and Biophysics, Donetsk, DPR, Russian Federation.

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

**ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРКИ ЛИСТОВОГО ОПАДА В БОРЬБЕ С
КАШТАНОВОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МОЛЬЮ
CAMERARIA OHRIDELLA DESCHKA & DIMIC, 1986 В Г. ДОНЕЦКЕ**

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

Прокопенко Е. В., Джантимирова А. А. Об эффективности уборки листового опада в борьбе с каштановой минирующей молью Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986 в г. Донецке. – Анализ сезонной динамики пораженности минами листьев каштана конского на участках с различным фитосанитарным режимом показал неэффективность уборки листового опада, как метода борьбы с каштановой молью в условиях городской среды.

Ключевые слова: *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, *Aesculus hippocastanum* L., фитосанитарные мероприятия, инвазивные виды, городские древесные насаждения, уборка опада.

Введение

Каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae), является инвазивным видом, включенным в базу данных DAISIE (Delivering Alien Invasive Species of Europe) как один из наиболее опасных в Европе [1]. Этот вредитель, наносящий значительный экономический ущерб, является одним из ключевых факторов ухудшения состояния конского каштана (*Aesculus hippocastanum* L., 1753), занимающего значительную долю в зеленых насаждениях городов Донбасса [2]. *C. ohridella* впервые была зарегистрирована в Донецкой области в 2006 г., а к 2008 г. отмечалась повсеместно в пределах г. Донецка, приводя к преждевременному усыханию листьев и дефолиации деревьев [4].

Уборка опавшей листвы с последующим ее уничтожением до настоящего времени рассматривался как один из наиболее экологически безопасных методов борьбы с *C. ohridella*, поскольку он направлен на уничтожение зимующих куколок вредителя и разрыв его жизненного цикла [3, 5].

Однако эффективность этого фитосанитарного мероприятия для снижения популяционной плотности и вредоносности каштановой моли в городских древесных насаждениях была дискуссионной. Проведенные ранее исследования показали противоречивые результаты: имеются данные, подтверждающие как эффективность уборки опада [3, 5], так и свидетельствующие о его ограниченной результативности [2]. В отличие от предшествующих работ, сфокусированных на небольших по площади участках [2], настоящее исследование впервые оценивает эффективность данного метода в различных типах городских древесных насаждений в трех крупных административных районах г. Донецка. Такой подход позволил провести более репрезентативный анализ и выявить сезонную динамику эффективности уборки опада.

Цель работы – оценить эффективность уборки и уничтожения опада как фитосанитарного метода борьбы с каштановой минирующей молью путем сравнения степени поражения минами *C. ohridella* листьев конского каштана на участках с различным фитосанитарным режимом.

Материал и методы

Листья *A. hippocastanum* были собраны в Ворошиловском, Кировском и Ленинском районах г. Донецка (табл. 1). Эти районы выбраны как модельные территории, поскольку

включают основные типы городских древесных насаждений. В последней декаде мая, июня, июля и сентября 2024 г. на указанных участках отбирали по 10–20 сложных листьев из нижней части кроны, согласно общепринятой методике [5, 6]. Определялась общая площадь листа, площадь мин и относительная площадь поврежденной листовой поверхности. Эти параметры оценивали по изображениям, полученным с помощью сканера средствами программы ImageJ в соответствии с методикой кафедры зоологии БГУ [6].

Таблица 1

Пункты сбора материала в г. Донецке и их характеристики

№	Пункт	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Одиночное дерево/группа	Уборка опада
1	бульв. Пушкина, 30а	48°00'34"	37°48'09"	группа	не убран
2	ул. Артема, 82	48°00'21"	37°48'10"	группа	убран
3	ул. Щорса, 17а	48°00'17"	37°47'45"	группа	убран
4	ул. Артема, 145а	48°01'03"	37°48'11"	группа	убран
5	ул. Университетская, пункт А	47°59'54"	37°47'56"	группа	убран
6	ул. Университетская, пункт В	47°59'53"	37°47'56"	группа	убран
7	ул. Университетская, пункт С	47°59'48"	37°47'56"	группа	не убран
8	ЦПКиО им. Щербакова, аллея	47°59'45"	37°47'51"	группа	убран
9	ЦПКиО им. Щербакова, веревочный парк	47°59'44"	37°47'54"	группа	не убран
10	ул. Шелгунова, 24	47°57'58"	37°47'4"	группа	не убран
11	ул. Радостная, 64	47°57'45"	37°45'51"	одиночное	не убран
12	ул. Туполева, 18	47°57'19"	37°46'24"	группа	убран
13	ул. Туполева, молокозавод № 2	47°57'16"	37°46'30"	группа	не убран
14	ул. Мечникова, 11	47°57'13"	37°47'39"	одиночное	не убран
15	ул. Садоводческая, 29в	47°57'5"	37°47'53"	одиночное	не убран
16	ул. Садоводческая, 31а	47°57'4"	37°47'54"	одиночное	не убран
17	ул. Шутова	47°56'40"	37°46'08"	одиночное	не убран
18	кладбище «Донецкое море», дерево № 1	47°56'18"	37°47'14"	одиночное	не убран
19	кладбище «Донецкое море», дерево № 2	47°56'18"	37°47'14"	одиночное	не убран

Деревья в пунктах 1–7 растут в центральных районах города рядом с автодорогами и многоэтажной застройкой. Деревья в п. 8, 9 находятся в парковой зоне, в п. 8 – в аллее, ограниченной пешеходными дорожками, в п. 9 – на участке парка, примыкающем к берегу р. Кальмиус, без соблюдения строгого линейного порядка. Деревья в п. 10, 11, 14–16 растут в одноэтажной застройке, в палисадниках домов, деревья в п. 12, 13 и 17 – во дворах многоэтажной застройки. Деревья п. 18 и 19 – на кладбище на южной окраине города, рядом с древесными насаждениями и полями сельскохозяйственных культур. В данной работе мы не ставили задачу детально анализировать влияние абиотических факторов (затененность, влажность, запыленность) на заселенность каштановой молью.

Результаты и обсуждение

Средняя за сезон площадь мин варьировала от 6,9 до 37,7 % листовой поверхности (табл. 2). В период с мая по июнь на участках, где осенью или весной, перед началом активной вегетации, проходила уборка опада, площадь мин была меньше, чем на участках, где листья не были убраны. В первой группе в мае площадь мин варьировала от 0,4 до 3,9 %, во второй группе – от 1,2 до 16,1 %. Тест Манна-Уитни показал статистически значимую

разницу в степени повреждения листьев минами между этими группами ($U = 5$, $Z = 2,58$, $p = 0,010$). В июне на участках, где опад подвергался уборке, площадь мин варьировала от 0,9 до 14,9 %, на участках, где опад не убирали – от 3,3 до 36,4 %. Различия в степени повреждения листьев минами по результатам теста Манна-Уитни оставались значимыми ($U = 14$, $Z = 2,44$, $p = 0,001$).

Таблица 2

Средняя площадь мин каштановой минирующей моли (%) на листьях каштана конского в 2024 г.

№	Пункт	Срок сбора материала			
		май	июнь	июль	сентябрь
1	бульв. Пушкина, 30а	н/о	н/о	35,1 ± 4,49	н/о
2	ул. Артема, 82	н/о	0,4 ± 0,02	н/о	н/о
3	ул. Щорса, 17а	0,7 ± 0,23	2,6 ± 0,38	49,5 ± 10,48	83,5 ± 2,98
4	ул. Артема 145а	0,4 ± 0,14	0,9 ± 0,22	10,5 ± 1,80	н/о
5	ул. Университетская, пункт А	н/о	1,1 ± 0,19	31,4 ± 3,00	н/о
6	ул. Университетская, пункт В	н/о	н/о	25,1 ± 3,41	н/о
7	ул. Университетская, пункт С	н/о	10,3 ± 1,76	40,7 ± 4,82	н/о
8	ЦПКиО им. Щербакова, аллея	1,3 ± 0,24	1,9 ± 0,89	32,6 ± 4,69	43,4 ± 5,34
9	ЦПКиО им. Щербакова, веревочный парк	12,9 ± 1,42	25,9 ± 4,35	34,8 ± 6,37	28,4 ± 3,41
10	ул. Шелгунова, 24	10,7 ± 0,93	20,8 ± 2,82	30,5 ± 4,43	61,6 ± 10,46
11	ул. Радостная, 64	4,6 ± 0,59	15,3 ± 3,25	70,5 ± 5,66	н/о
12	ул. Туполева, 18	2,5 ± 0,64	3,3 ± 0,48	3,5 ± 0,56	18,3 ± 5,73
13	ул. Туполева, молокозавод № 2	11,2 ± 1,03	30,7 ± 5,14	74,8 ± 5,45	н/о
14	ул. Мечникова, 11	3,7 ± 1,12	1,6 ± 0,33	26,7 ± 7,04	32,2 ± 4,58
15	ул. Садоводческая, 29в	3,8 ± 0,53	6,7 ± 0,99	71,2 ± 4,02	69 ± 2,83
16	ул. Садоводческая, 31а	4,5 ± 0,73	6,3 ± 0,82	40,4 ± 5,42	81,5 ± 2,83
17	ул. Шутова	н/о	1,7 ± 0,26	н/о	н/о
18	«Донецкое море» кладбище, дерево № 1	16,1 ± 1,26	н/о	н/о	н/о
19	«Донецкое море» кладбище, дерево № 2	4,7 ± 0,72	н/о	н/о	н/о

Примечание: н/о – материал не был собран

Однако уже в июле наблюдалась тенденция к выравниванию степени повреждения листьев минами между группами: в первой площадь мин изменялась от 10,5 до 49,5 %, во второй – от 3,5 до 74,8 %. Тест Манна-Уитни показал отсутствие статистически значимых различий степени повреждения ($U = 26$, $Z = 1,10$, $p = 0,273$). В сентябре тенденция сохранялась – значимые отличия между пунктами отсутствовали ($U = 12$, $Z = 0,59$, $p = 0,552$), мины занимали от 18,3 до 83,5 % площади листа.

В августе и сентябре у наиболее заселенных каштановой минирующей молью деревьев наблюдались признаки стресса: преждевременное опадение листвы, появление новых листьев (рис. 1) и осеннее цветение. Пораженное вредителем дерево дополнительно расходует ресурсы на бесполезные осенью листья и цветы. Таким образом, каштановая моль не просто снижает декоративные свойства каштанов, но приводит к глубоким физиологическим нарушениям, существенно ослабляя деревья в городских насаждениях.

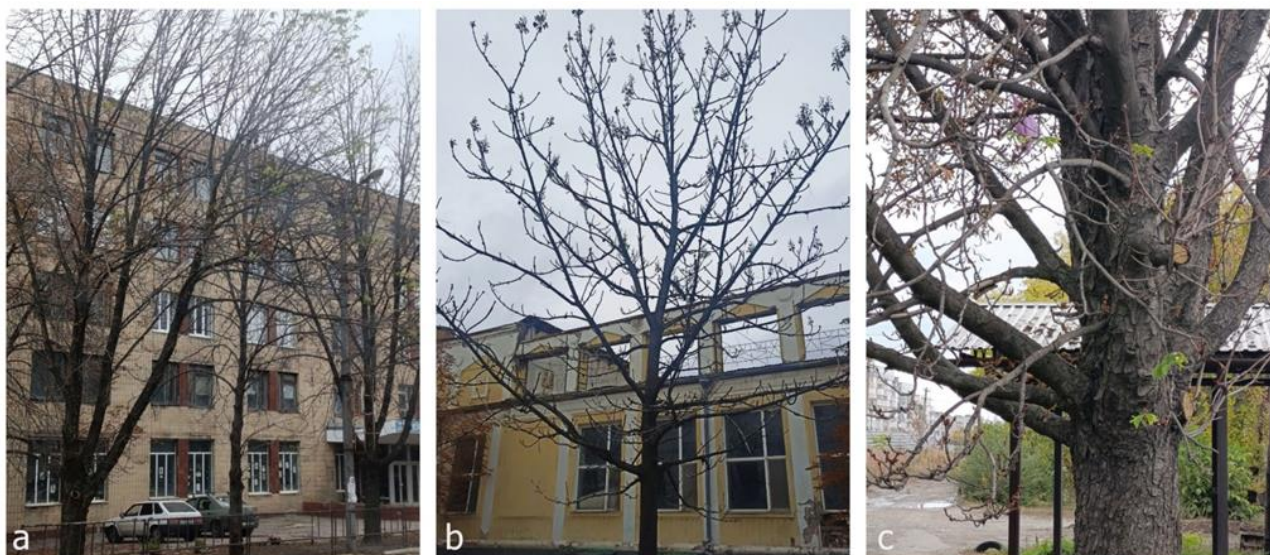


Рис. 1. Молодые листья на каштане конском, снимки сделаны 12–14.10.25 г. в Кировском (а), Ворошиловском (б) и Ленинском (с) районах

Аналогичные результаты были получены при сравнении степени повреждения листьев минами на трех участках на ул. Университетской (А, Б, С), расположенных линейно. На участках А и В опад был убран, на участке С уборка не производилась. Таким образом, участок В находился на границе между участком, на территории которого были проведены фитосанитарные мероприятия (А), и участком, на территории которого они проведены не были (С).

В июле медианное значение площади мин на участке А составляло 27,9 %, на участке В – 20,5 %, на участке С – 30,1 % листовой поверхности. Анализ полученных данных показал, что существует статистически значимая разница площади мин на участках А и С, участках В и С (рис. 2). Статистически значимые различия на участках А и В отсутствовали. Таким образом, площадь мин на участке С, где опад не убрали, и каштановая моль сразу после выхода весной из зимовавших куколок имела возможность заселить листья, в июле была наибольшей и значимо отличалась от площади мин на участках, где листья были убраны. Однако в августе и сентябре различия степени повреждения минами листьев на этих участках уже были незначимыми.

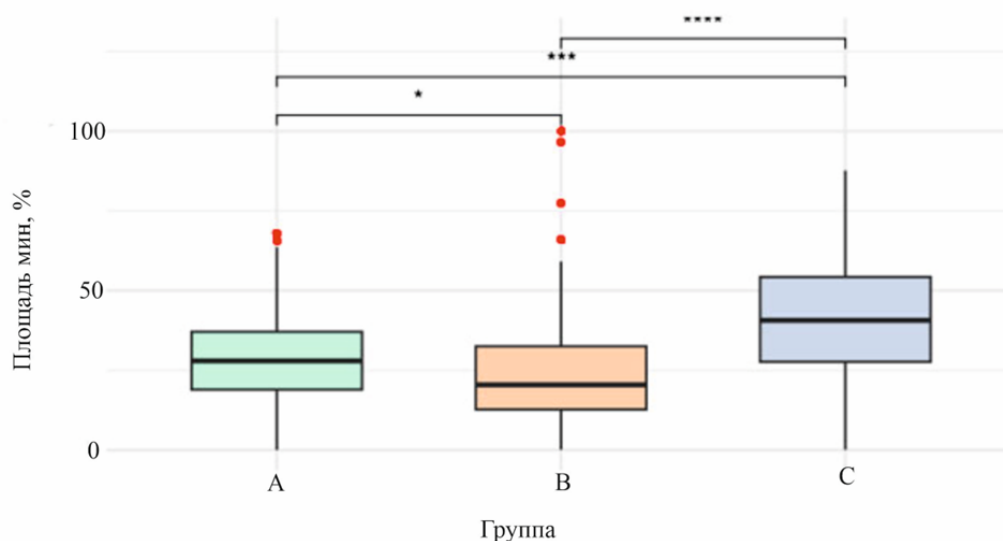


Рис. 2. Медиана и процентиля площади мин каштановой моли (А – опад убран, В – опад убран, пограничный участок, С – опад не убран), звездочками показаны результаты post-hoc теста (Tukey post h): * – p-value < 0.05, *** – p-value < 0.001, **** – p-value < 0.0001.

Поскольку деревья отличались по условиям произрастания, в частности, часть из них находились в составе групповых насаждений, часть – одиночные, была проверена гипотеза о влиянии характера размещения на поврежденность листьев минами каштановой моли. Анализ по критерию Манна-Уитни показал отсутствие статистически значимых различий степени повреждения (июнь: $U = 9$, $Z = 1,90$, $p = 0,06$; сентябрь: $U = 5$, $Z = 0,72$, $p = 0,47$), что позволило в ходе анализа поврежденности листьев минами объединить данные с одиночных и групповых деревьев.

На участках с различным фитосанитарным режимом установлены различия в динамике увеличения площади мин на протяжении вегетационного сезона (рис. 3). На участках, где убирали опад (ул. Щорса и аллея ЦПКиО им. Щербакова), площадь мин в мае и июне была незначительной, однако затем произошел резкий скачок, и к сентябрю она достигла более высоких показателей, чем на участках без уборки опада (ул. Щелгунова и веревочный парк ЦПКиО им. Щербакова). В последнем случае динамика увеличения площади мин была более плавной. Резкое нарастание поврежденности листьев во второй половине вегетационного сезона на участках с убраным опадом связано с массовым расселением бабочек моли с соседних необработанных территорий, где сохранился зимующий запас вредителя, что нивелирует эффект от локальной уборки опада.

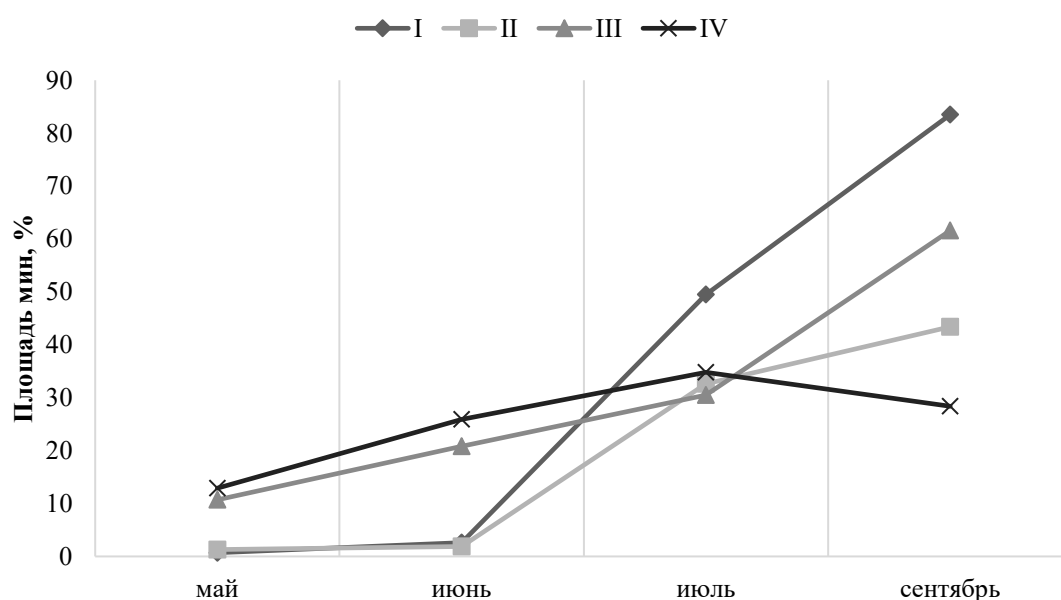


Рис. 3. Увеличение площади мин (%) на участках с разным фитосанитарным режимом: I – ул. Щорса, 17а, II – ЦПКиО, аллея, III – ул. Щелгунова, 24, IV – ЦПКиО, веревочный парк

Статистический анализ с использованием критерия λ Колмогорова-Смирнова (табл. 3) выявил, что для участков I и II его значение было ниже критического при всех уровнях значимости, что свидетельствует об отсутствии статистически значимых различий между сезонным изменением сравниваемых данных. Динамика нарастания площади мин между другими сравниваемыми участками была статистически значимой.

Таблица 3

Значения критерия λ Колмогорова-Смирнова для площади мин (%) с мая по сентябрь 2024 г. на участках с разным фитосанитарным режимом

Пункт	I	II	III	IV
I		0,45	1,85	2,75
II	<0,01		1,46	2,20
III	0,01	0,05		1,60
IV	0,001	0,001	0,01	

Примечание: справа-вверху – значение λ Колмогорова-Смирнова, слева-внизу – значение p-value

Выводы

Уборка листового опада как самостоятельная фитосанитарная мера показала лишь кратковременный, локальный эффект и не позволяет существенно снизить численность каштановой минирующей моли к концу вегетационного сезона на территории всего города. Установлено, что в первой половине вегетационного сезона (май–июнь) площадь мин на участках с уборкой опада была достоверно меньше, чем на участках, где опад сохранялся. Однако уже во второй половине лета различия нивелировались, и к сентябрю мины занимали от 18,3 до 83,5 % площади листа, вызывая преждевременный листопад, вторичный рост листьев и осеннее цветение каштанов. На участках с уборкой опада наблюдался резкий скачок поврежденности в июле–сентябре, тогда как на участках без уборки нарастание площади мин шло постепенно. Таким образом, уборка опавших листьев может быть рассмотрена только как элемент комплексной защиты каштанов при условии ее проведения в масштабах всего города с полным уничтожением зараженного опада.

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

Список литературы

1. Беднова О. В. Охридский минер *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić: особенности инвазионных очагов и перспективы биологического контроля численности // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 1. С. 5–16. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-5-16.
2. Губин А. И., Мартынов В. В. Особенности биологии каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) в Донбассе // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 254. С. 125–141.
3. Зерова М. Д., Никитенко Г. Н., Нарольский Н. Б., Гершензон З. С., Свиридов С. В., Лукаш О. В., Бабидорич М. М. Каштановая минирующая моль в Украине. К.: ТОВ «Велес», 2007. 88 с.
4. Мартынов В. В., Никулина Т. В. Новые инвазивные насекомые-фитофаги в лесах и искусственных лесонасаждениях Донбасса // Кавказский энтомологический бюллетень. 2016. 12(1). С. 41–51.
5. Рогинский А. С. Влияние изъятия зимующего запаса каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) на повреждаемость каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в зеленых насаждениях г. Минска // Труды БГУ. 2016. Т. 11, ч. 2. С. 299–304.
6. Синчук О. В., Рогинский А. С., Данилёнок В. В., Гончаров Д. А., Трещева А. Б. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений: учеб. материалы. Минск: БГУ, 2016. 30 с.

Поступила в редакцию 19.10.2025 г.

Prokopenko E. V., Dzhantimirova A. A. On The Effectiveness of leaf litter removal in controlling the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 in Donetsk. – Analysis of the seasonal dynamics of horse chestnut leaf mine damage in areas with different phytosanitary regimes showed the ineffectiveness of leaf litter removal as a method for controlling the horse chestnut leaf miner in an urban environment.

Keywords: *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, *Aesculus hippocastanum* L., pest control, urban plantations, Donetsk, leaf litter removal, invasive species.

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

Prokopenko Elena Vasilyevna

Candidate of Biological Sciences, Docent,
Head of the Department of Zoology and Ecology,
Donetsk State University;
Senior Research Officer at the Research Laboratory for
Ecosystem Monitoring and Forecasting of Donbass,
based at Donetsk State University,

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

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.

© Ю. П. Загнитко

**МАСШТАБИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА
ЭКЗОПОЛИГАЛАКТУРОНАЗЫ КУЛЬТУРЫ
ГРИБА *LENTINUS EDODES* (BERK.) SINGER 480***ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Загнитко Ю. П. Масштабирование процесса получения ферментного препарата экзопалигалактуроназы культуры гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480. – Изучен процесс масштабирования при получении ферментного препарата экзопалигалактуроназы (Экзо-ПгС) из культуры *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480. Максимальные показатели Экзо-ПгС отмечены на 10-е сутки культивирования как на малых, так и на больших объемах питательной среды с достоверным максимумом на среде объемом 1 000 мл. Ферментный препарат Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 термически нестабилен, но кратковременное прогревание (15 мин.) раствора ферментного препарата вызывает некоторую стабилизацию белковых молекул ферментов Экзо-ПгС. В исследованный ферментный препарат экзопалигалактуроназного действия входят кислые и нейтральные экзопектиназы направленного действия, которые имеют оптимум pH активности 4,4–4,8 и 6,8–7,2.

Ключевые слова: экзопалигалактуроназа, ферментный препарат, температура, кислотность.

Введение

Открытия ученых в области современной энзимобиотехнологии сделали ферментные препараты ключевым участником многих пищевых производств. Использование ферментов позволяет повышать скорость технологических процессов, увеличивать выход готовой продукции, улучшать ее качество, экономить ценное сырье и снижать количество отходов.

Пектиназы используются в пищевой промышленности (для экстракции и осветления фруктовых соков, производства алкогольных напитков и др.), медицине (в фармацевтической промышленности) и сельском хозяйстве (кормопроизводство). Для удовлетворения высокого спроса на ферментные препараты пектолитического действия важно производить пектиндеполимеризующие ферменты в больших объемах с минимальными затратами. Известные способы получения ферментов преследуют цель оптимизации питательной среды для их продуцентов и предусматривают культивирование продуцирующих целевой экзофермент культур грибов или микроорганизмов на питательной среде, содержащей источники углерода, азота, минеральные соли и стимуляторы биосинтеза ферментов, с последующим выделением ферментов. Методы очистки и выделения пектиназ зависят от условий процесса и целей. Это связано с тем, что пектиназа – не один фермент, а комплекс из нескольких пектинрасщепляющих веществ: пектин-эстеразы, полигалактуроназы, пектинлиазы и пектатлиазы. Кроме того, промышленные пектиназы не являются чистыми ферментными препаратами и обычно обладают побочной активностью. Наличие в ферментном препарате примесей углеводов и пектиновых веществ может исказить результаты анализа состава продуктов ферментализации пектиновых полисахаридов и затруднить выделение физиологически активных фрагментов [8]. Поэтому разработка способов получения высокоочищенных и высокоактивных пектолитических ферментов является весьма актуальной.

Пектиназы, представленные на современном рынке, получают из микроорганизмов (35 %) [11, 12, 18], низших грибов (50 %) [1, 4–7, 14–17] и различных растений

(15 %) [19, 20]. Эта группа ферментов высших базидиальных грибов наиболее слабо исследована [2, 9, 10].

Цель работы – разработка способа и оптимальных параметров процесса лабораторного масштабирования культуры гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480 с целью получения ферментного препарата экзополигалактуроназной активности (Экзо-ПгС).

Материал и методы исследования

Объектом исследования была культура гриба *L. edodes* 480 из коллекции мицелиальных культур базидиальных ксилотрофов кафедры физиологии растений Донецкого государственного университета, продуцент экзопектиназ.

Культивирование исследованного штамма *L. edodes* 480 проводили в течение 35 суток в качалочных колбах объемом 250 мл с 50 мл питательной среды и в лабораторном ферментере объемом 2 000 мл с 1 000 мл питательной среды при температуре 28 °С. Ферментационная среда имела следующий состав (г/л): K_2HPO_4 – 0,4; KH_2PO_4 – 0,6; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,5; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,001; $CaCl_2$ – 0,05; яблочный жом – 30 % от общего объема питательной среды. В качестве посевного материала использовали мицелиальную суспензию, полученную при культивировании штамма-продуцента в качалочных колбах объемом 1 000 мл с 300 мл глюкозо-пептонной среды при температуре 28 °С в течение 10 суток. Посевной материал вносили в опытные колбы в количестве 10 % от общего объема ферментационной среды. Исследование динамики Экзо-ПгС культуральной жидкости культуры гриба *L. edodes* 480 проводили в течение 35-и суток со снятием результатов эксперимента каждые 5-е сутки.

Для выделения ферментного препарата экзополигалактуроназы использовали 10-суточную культуральную жидкость гриба-продуцента, предварительно отделенную от биомассы гриба фильтрованием через фильтровальную бумагу («ФС», Россия). Осаждение секретированных экзопектиназ из полученного культурального фильтрата проводили сульфатом аммония при степени насыщения 80 % в течение 24 ч при температуре 4 °С. Осадок отделяли от надосадочной жидкости на рефрижераторной центрифуге при 5 000 об/мин на протяжении 15 мин. Полученный осадок диализировали против чистой дистиллированной воды 2 суток в холодильнике. Диализат отделяли от нерастворившейся части центрифугированием. При исследовании термостабильности экзопектиназ использовали 1 %-ный раствор ферментного препарата в ацетатном буфере (pH 6,8), который прогревали в термостатах в температурном диапазоне от 25 до 80 °С в течение 15 и 60 мин. с последующим быстрым охлаждением. При определении pH оптимума Экзо-ПгС использовали 1 %-ный раствор ферментного препарата в ацетатном буфере в диапазоне pH от 3,2 до 8,4 с шагом 0,4. Реакционную смесь инкубировали 20 мин при 30 °С. Активность полученного ферментного препарата пектиназ определяли по ГОСТу Р 55298-2012 [4].

Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований обрабатывали статистически с использованием методов дисперсионного анализа, сравнение средних арифметических величин проводили методом Дункана [13].

Результаты и обсуждение

Результаты исследования культуральной жидкости гриба *L. edodes* 480 при росте на питательной среде как в небольших объемах, так и при масштабировании данного процесса показали (рис. 1), что характер проявления Экзо-ПгС культуральной жидкости совпадал. Так, на 10-е сутки эксперимента исследованная культура наиболее активно синтезировала ферменты экзополигалактуроназного действия в культуральную жидкость с максимальными показателями как на малых, так и на больших объемах питательной среды. При этом максимальная активность отмечена на питательной среде объемом 1 000 мл (0,017 ед./см³). В остальных случаях показатели Экзо-ПгС, полученные на среде с малым объемом питательной среды и при процессе масштабирования, не имели достоверных отличий между собой.

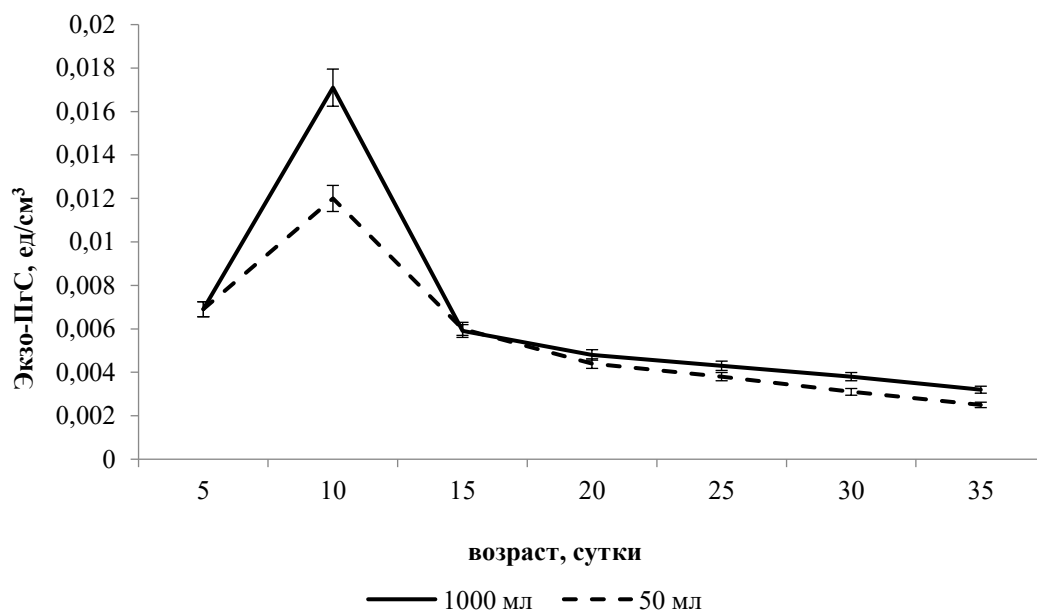


Рис. 1. Динамика экзополигалактуроназы (Экзо-ПгС) культуральной жидкости гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480

При дальнейшем росте культуры (начиная с 15-х суток и до конца эксперимента) активность экзополигалактуроназы достоверно снижалась как на малых, так и на больших объемах питательной среды. Полученные в результате эксперимента данные свидетельствуют о нецелесообразности длительного культивирования исследуемой культуры гриба с целью получения ферментов Экзо-ПгС.

При использовании методов высаливания и диализа был получен грубый ферментный препарат с активностью Экзо-ПгС 0,8 ед./см³. Активность ферментного препарата определяли по ГОСТу [4], полученные значения пересчитывали в относительные единицы, принимая за 100 % показатель Экзо-ПгС нативного ферментного препарата.

Изучение термостабильности ферментного препарата Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 (рис. 2) показало, что при прогревании раствора экзофермента на протяжении 60 мин. ферментный препарат фактически полностью сохранял свою активность при температуре 25–35 °С.

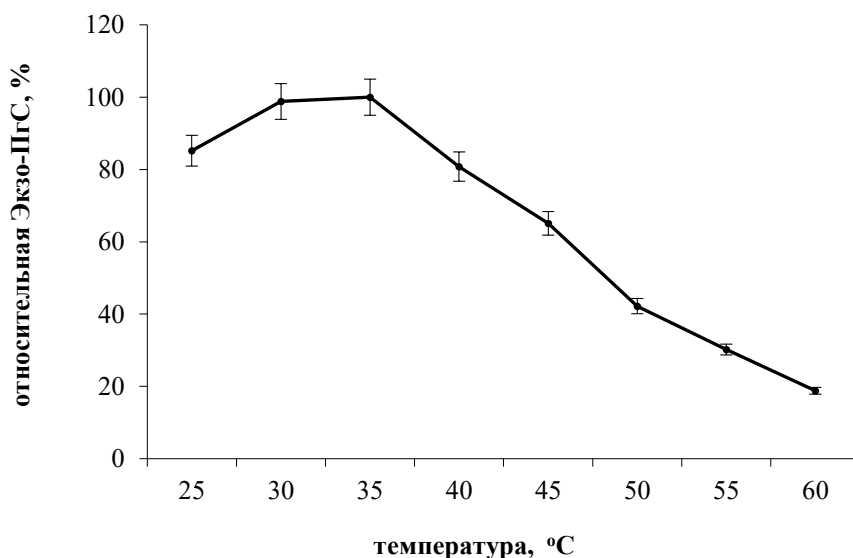


Рис. 2. Термостабильность ферментного препарата экзополигалактуроназы (Экзо-ПгС) из гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480 (прогревание ферментного препарата 60 мин.)

При температуре 40 °С активность Экзо-ПгС снижалась почти на 20 %. При более высоких значениях температуры показатели активности энзима резко снижались и уже при температуре 55 °С сохранялось около 30 % активности.

При изучении термостабильности полученного ферментного препарата при кратковременном прогревании (15 мин.) максимальные показатели активности Экзо-ПгС установлены в интервале температур 35–45 °С (рис. 3). В диапазоне температур 50–70 °С отмечено постепенное достоверное снижение активности Экзо-ПгС на более, чем 80 %, а температура 75 °С вызвала полную инактивацию исследованного ферментного комплекса.

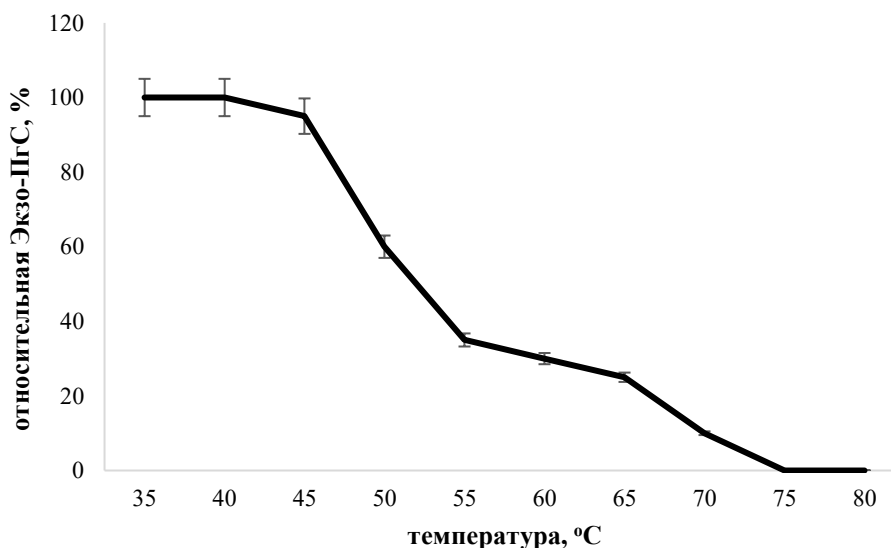


Рис. 3. Термостабильность ферментного препарата экзополигалактуроназы (Экзо-ПгС) из гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480 (прогревание ферментного препарата 15 мин.)

Полученные экспериментальные данные показали, что ферментный препарат Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 термически нестабилен и при длительном прогревании теряет около 60 % своей активности уже при 50 °С. Однако кратковременное прогревание (15 мин.) раствора ферментного препарата вызывает некоторую стабилизацию белковых молекул ферментов Экзо-ПгС.

Таким образом, экспериментальные данные показали, что полученный из культуральной жидкости культуры гриба *L. edodes* 480 ферментный препарат Экзо-ПгС проявляет термолабильность в диапазоне температур 35–45 °С.

Ферменты разнообразного назначения проявляют максимальную активность при разных значениях pH. При повышении или понижении уровня pH показатели активности могут снижаться. Так, pH оптимум стабильности ферментов может не совпадать с pH оптимумом активности [2]. Грибные пектиназы делят по их отношению к кислотности среды на кислые (pH 4,0–5,0), нейтральные или слабощелочные (pH 7,0–8,0) [10]. Наличие pH оптимума можно объяснить тем, что критический уровень кислотности среды может привести к инактивации энзимов, так как ионная сила раствора влияет на сродство фермента к субстрату и стабильность белковой молекулы.

Результаты изучения влияния кислотности реакционной среды на активность Экзо-ПгС из гриба *L. edodes* 480 (рис. 4) показали, что для полученного ферментного препарата характерны 2 пика активности. Так, максимальные показатели активности Экзо-ПгС отмечены в диапазоне pH 4,4–4,8 и 6,8–7,2 (около 100 %), причем значения ферментативной активности обоих пиков не имели достоверных отличий между собой. Это свидетельствует о том, что, возможно, в ферментный комплекс экзопектиназ культуры гриба *L. edodes* 480 входят кислые и нейтральные ферменты, обладающие экзополигалактуроназной активностью. Переходные значения pH от кислого к нейтральному вызывали достоверное снижение уровня активности Экзо-ПгС.

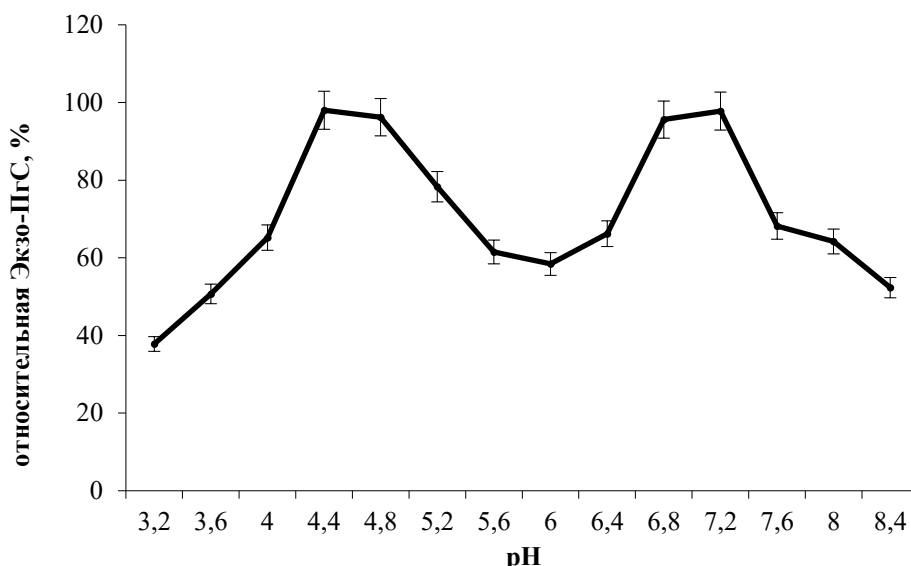


Рис. 4. Зависимость активности ферментного препарата экзополигалактуроназы (Экзо-ПгС) из гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480 от pH реакционной среды

Выводы

Масштабирование процесса получения ферментного препарата Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 показало, что результаты, полученные на лабораторном оборудовании, можно воспроизвести в промышленных условиях. Перенос технологии из лабораторных установок на промышленные объемы может помочь интенсифицировать синтез экзополигалактуроназы исследованным продуцентом.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации НИОКТР 124012400346-5).

Список литературы

1. Блilieва Р. К. Изучение биосинтеза пектинрасщепляющих ферментов при глубинном культивировании плесневых грибов из рода *Aspergillus*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Алма-Ата, 1967. 25 с.
2. Бойко С. М., Малюга М. В. Зависимость пектолитической активности некоторых базидиальных грибов от качественного состава питательной среды // Проблемы экології та охорони природи техногенного регіону. 2013. № 1 (13). С. 174–180.
3. Гореликова Г. А. Основы современной пищевой биотехнологии. Кемерово, 2004. 100 с.
4. ГОСТ Р 55298-2012. Ферментные препараты пищевой промышленности. Методы определения пектолитической активности. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.
5. Грачева И. М., Бутова С. Н., Туписева И. А., Эль-Рештан Г. И. Теоретические основы биотехнологии. Биохимические основы синтеза биологически активных веществ. М.: Изд-во «Элевар», 2003. 534 с.
6. Джакашева М. А., Кедельбаев Б. Ш., Либерцайт П. Новый отечественный ферментный препарат для виноделия // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, № 3. С. 46–53. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-46-53.
7. Джакашева А. М. Технология получения пектолитического ферментного препарата, применяемого для улучшения органолептических показателей красных столовых вин: дис. ... уч. степени доктора философии: 6D070100. Республика Казахстан Алматы, 2017. 183 с.
8. Донцов А. Г., Шубаков А. А. Активация полигалактуроназ в процессе очистки: эффект использования кальцийсодержащих носителей // Естеств. и техн. науки. 2009. № 6. С. 196–198.

9. Загнитко Ю. П., Кочнева В. С., Палагуца А. П. Динамика активности экзополигалактуроназы, синтезируемой базидиальными ксилотрофами / Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VI Международ. науч. конф. (Донецк, 26–27 окт. 2021 г.). Т. 3. Биологические и медицинские науки, экология Донецк: Изд-во ДонНУ, 2021. С. 221–222.
10. Загнитко Ю. П. Физико-химические свойства препарата пектиназ грибного происхождения // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 66–70. DOI: 10.5281/zenodo.14532287.
11. Калунянц К. А., Голгер Л. И. Микробные ферментные препараты (технология и оборудование). М.: Пищевая промышленность, 1979. 304 с.
12. Полторац О. М., Ташицкий В. Н., Атякшева Л. Ф. pH-оптимум стабильности ферментов // Методы получения, анализа и применения ферментов. Тезисы докладов. Рига, 1990. С. 6.
13. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник. Донецьк: Кассиопея, 1999. 210 с.
14. Семенова М. В. Свойства внеклеточных пектиназ грибов рода *Aspergillus*: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.15, 03.00.23. М., 2005. 167 с.
15. Соколова Е. Н. Разработка биотехнологии получения препарата пектиназ на основе селекционированного штамма *Aspergillus foetidus* 379-К: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23. М., 2008. 28 с.
16. Спичак В. В., Вратский А. М. Современные направления использования и утилизации свекловичного жома // Сахар. 2011. № 9. С. 60–64.
17. Сулейменова Ж. Б., Рахметова Ж. К., Нурлыбаева А. Е. Биосинтез пектинрасщепляющих ферментов микромицетами рода *Aspergillus* // Биотехнология. Теория и практика. 2012. № 3. С. 72–76.
18. Garg G., Singh A., Kaur A., Singh R., Kaur J., Mahajan R. Microbial pectinases: an ecofriendly tool of nature for industries: Biotech. 2016. № 6 (1). P. 47. DOI: 10.1007/s13205-016-0371-4.
19. Kashyap D. R., Vohra P. K., Chopra S., Tewari R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. Bioresource Technology. 2001. № 77 (3). P. 215–227. DOI: 10.1016/S0960-8524(00)00118-8.
20. Sonali Satapathy, Jyoti Ranjan Rout, Rout George Kerry, Hrudayanath Thatoi, Santi Lata Sahoo Biochemical Prospects of Various Microbial Pectinase and Pectin: An Approachable Concept in Pharmaceutical Bioprocessing. Frontiers in Nutrition. 2020. 7:117. DOI: 10.3389/fnut.2020.00117.

Поступила в редакцию 12.11.2025 г.

Zagnitko Yu. P. Scaling the process of obtaining an enzyme preparation of exopolygalacturonase from the culture of the fungus *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480. – The scaling process of obtaining an enzyme preparation of exopolygalacturonase (Exo-PgS) from the culture of *Lentinus edodes* (Berk.) Singer 480 has been studied. The maximum values of Exo-PgS were observed on the 10th day of cultivation, both on small and large volumes of the nutrient medium, with a significant maximum on a medium volume of 1 000 ml. The enzyme preparation Exo-PgS from the culture of the fungus *L. edodes* 480 is thermally unstable, but short-term heating (15 minutes) of the enzyme preparation solution causes some stabilization of the protein molecules of the Exo-PgS enzymes. The studied enzyme preparation of exopolygalacturonase action includes acidic and neutral exopectinases of directed action, which have an optimum pH of activity of 4.4–4.8 and 6.8–7.2.

Keywords: exopolygalacturonase, enzyme preparation, temperature, acidity.

Загнитко Юлия Петровна

старший преподаватель кафедры физиологии растений, научный сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: upzagnitko@mail.ru

ORCID: 0009-0002-7487-0108

AuthorID: 1127933

Zagnitko Yuliya Petrovna

Senior Lecturer at the Department of Plant Physiology, Research Officer of the Research Department of Donetsk State University, Donetsk, DPR, Russian Federation.

© С. И. Демченко, А. И. Левищева

**ПЛОДООБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ШТАММОВ
PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ.: FR.) KUMM. И *CYCLOCYBE
CYLINDRACEA* (DC.) VIZZINI & ANGELINI НА ТОННЕЛЬНОМ СУБСТРАТЕ ИЗ
АГРООТХОДОВ**

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

Демченко С. И., Левищева А. И. Плодообразовательная активность промышленных штаммов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. и *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini на тоннельном субстрате из агроотходов. – Проведен сравнительный анализ плодообразовательной активности промышленных штаммов *Pleurotus ostreatus* Этна и *Cyclocybe cylindracea* 4022 на комплексном субстрате из агроотходов, приготовленном по тоннельной технологии. В условиях регулируемого микроклимата урожайность *P. ostreatus* в первую волну плодоношения составила 19,6 %, *C. cylindracea* – 12,3 %. Оба гриба на тоннельном субстрате формировали плодовые тела товарного качества. При этом технологический цикл производства плодовых тел *P. ostreatus* Этна был короче на 6 дней, чем *C. cylindracea* 4022.

Ключевые слова: плодообразовательная активность, промышленные штаммы грибов, тоннельный субстрат, агроотходы.

Введение

В настоящее время возрастает тенденция к использованию возобновляемого дешевого и легкодоступного сырья для производства разнообразных целевых продуктов с высокой добавленной стоимостью [10]. Таким сырьем могут служить отходы сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности [16].

Одним из эффективных способов биологической переработки растительных отходов является их биоконверсия в условиях твердофазной ферментации в экологически чистые продукты питания – плодовые тела культивируемых грибов, которые обладают высокой питательной ценностью и лечебными свойствами [1, 5, 6]. Польза от выращивания высших грибов не исчерпывается лишь пищевой и биологической ценностью их плодовых тел. Пронизанный мицелием субстрат, оставшийся после их культивирования, представляет собой биомассу, обогащенную белками, в составе которых преобладают незаменимые аминокислоты – лейцин, треонин и лизин, что позволяет использовать его в качестве кормовой добавки [11, 16]. Отходы грибного производства могут быть использованы также в качестве твердого удобрения в растениеводстве [11].

В РФ основная доля – около 90 % рынка культивированных грибов приходится на шампиньоны. За первые 8 месяцев 2025 года сбор шампиньонов в России составил 97 232 т. Это на 3,1 % больше, чем за аналогичный период прошлого года. Среднемесячный объем производства гриба достиг отметки 12 154 т [17].

Второе место по объемам производства занимает вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.). Объем сбора этого гриба за 8 месяцев текущего года составил 3 645 т. Это на 3 % больше, чем было выращено за аналогичный период 2024 года. Среднемесячный объем производства составил 456 т. Рекордный сбор был в апреле – 617 т. Минимальное количество вешенок было собрано в июне – 348 т [18].

Успех развития грибоводства, как отрасли сельского хозяйства, зависит от расширения ассортимента выращиваемых грибов. Особое внимание уделяется съедобным базидиомицетам с более высокими кулинарными качествами по сравнению с уже известными видами, такими как вешенка и шампиньоны. Одним из таких видов, привлекающих все большее внимание зарубежных и отечественных грибоводов, является

опенок тополиный (*Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini). Ряд публикаций [7, 20, 21] указывает на уникальные свойства *C. cylindracea*, обусловленные специфическим химическим составом плодовых тел, что обеспечивает ему конкурентные преимущества по сравнению с другими культивируемыми грибами.

Для выращивания базидиальных ксилотрофов могут быть использованы различные лигноцеллюлозные отходы агропромышленного комплекса: пшеничная и рисовая солома, другие пожнивные остатки, отруби, рисовая шелуха, кукурузные початки, а также отходы оливковых заводов, кофейного производства, вегетативная часть топинамбура, стебли хлопчатника, ботва арахиса, солома сои др. [1, 5, 6, 11, 16], в результате чего образуется высокопитательная экологически чистая биомасса.

В России, в отличие от Европы и стран Юго-Восточной Азии, до сих пор применяют разнообразные технологии приготовления субстратов для выращивания *P. ostreatus* и *C. cylindracea*: от примитивных до вполне промышленных вариантов [12]. Общая тенденция последних лет – увеличение доли производства субстратов для культивирования дереворазрушающих грибов по тоннельной технологии [13, 14]. Эта технология имеет следующие преимущества:

- все операции подготовки, заполнения, выгрузки и фасовки субстрата могут быть механизированы;
- тоннельная технология может быть реализована как в малых, так и в очень больших масштабах объема субстрата (тоннели от 10 до 60 т субстрата);
- весь процесс происходит в аэробных условиях, благоприятствующих развитию полезной термофильной микрофлоры;
- субстрат имеет высокую селективность, что позволяет работать с большими объемами субстрата с применением тракторов, хопперов и другой производительной техники;
- процесс пастеризации и ферментации в тоннелях хорошо управляем;
- возможно приготовление большого количества однородного субстрата высокого качества;
- грибководы могут одновременно заполнять камеры однородной партией субстрата и использовать наиболее эффективную многокамерную однозональную технологию культивирования дереворазрушающих грибов;
- посевная норма мицелия на хорошем тоннельном субстрате может быть значительно снижена по сравнению с другими типами обработки субстратов.

Целью настоящего исследования было сравнить плодообразовательную активность новых промышленных штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 на растительном субстрате из агроотходов, приготовленном по тоннельной технологии.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служил посевной мицелий промышленных штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 фирмы Sylvan. Опыты были проведены на базе грибководческого предприятия ООО «ЭкоГурман» (Ленинградская область). Для культивирования исследованных базидиальных ксилотрофов использовали комплексный растительный субстрат следующего состава (% мас.): солома пшеничная – 55, лузга семян подсолнечника – 31, костра льна – 8, сено люцерны – 6. Приготовление субстрата осуществляли по тоннельной технологии [13, 14], которая состоит из двух фаз. На первой фазе (Фаза 1) измельчали солому с помощью молотковой дробилки ИРТ-80 с электродвигателем мощностью 55 кВт. Затем проводили смешивание и увлажнение компонентов субстрата и его аэробную ферментацию в бункерах (рис. 1) в течение 4 дней с ежедневными перебивками. За это время одновременно с разогревом массы субстрата происходило постепенное замещение мезофильной микрофлоры на полезную термофильную. На второй фазе (Фаза 2) субстрат загружали в проходной тоннель с аэрируемым решетчатым полом (рис. 2). Тоннель представляет из себя герметичную теплоизолированную камеру, оборудованную системой приточно-рециркуляционной

вентиляции с фильтрацией воздуха, выхлопом воздуха с регулируемыми жалюзи, пароснабжением, комплектом датчиков температуры и давления, контроллером для автоматического регулирования параметров воздуха.



Рис. 1. Бункер для аэробной ферментации субстрата (Фаза 1)



Рис. 2. Теплоизолированный тоннель для Фазы 2

Фаза 2 включала следующие этапы: выравнивание температуры, нагрев (разогрев субстрата осуществлялся паром), пастеризация в течение 24 ч при температуре 65 °С, промежуточное охлаждение субстрата до 50 °С, кондиционирование в течение 36 ч при температуре 50 °С, финальное охлаждение субстрата до 28 °С. Продолжительность Фазы 2 составила 84 ч.

Основная цель Фазы 2 – пастеризация всей массы субстрата в узком диапазоне температур для уничтожения конкурентных микроорганизмов, клещей, насекомых. На Фазе 1 из-за большого градиента температур (до 20–40 градусов между наружным и внутренним слоем субстрата) часть субстрата не проходит зону высоких температур. В тоннеле при градиенте температур не более 2–3 градусов вся масса субстрата эффективно проходит пастеризацию. Удлинение Фазы 2 за счет кондиционирования помогает увеличить селективность субстрата.

Субстрат Фазы 2 имел равномерно темно-коричневую окраску и был хорошо ферментированным (рис. 3). Влажность субстрата составила 70–72 %, pH 8,0–8,5, содержание азота 0,9–1,0 %.

Влажность субстрата определяли гравиметрическим методом [2], кислотность – потенциометрическим методом [4], содержание азота – по методу Кьельдаля [3].



Рис. 3. Готовый субстрат Фазы 2

Готовый субстрат Фазы 2 выгружали в чистую зону, где установлено оборудование для инокуляции и фасовки блоков тоннельного субстрата (рис. 4). Чистая зона во время работы находилась под избыточным давлением фильтрованного воздуха.



Рис. 4. Линия инокуляции и фасовки блоков тоннельного субстрата в чистой зоне

Субстрат инокулировали посевным мицелием исследованных грибов и гидравлическим прессом фасовали в полиэтиленовые заготовки из черной пленки. Габариты блока – 17×24×68 см. Средняя масса – 13,5 кг. Перфорации пленки блока делали вручную после транспортировки в камеры культивации (перед размещением).

Для получения плодовых тел *P. ostreatus* и *C. cylindracea* использовали двухзональную систему культивирования грибов. На первом этапе субстратные блоки размещали в камере инкубации на подвесках (рис. 5). Габариты камеры – 6×15 м (90 м²). В камеру загружали до 26 т субстрата. Удельная загрузка составила до 288 кг/м² пола. Часть блоков фасовали в прозрачную пленку, что позволило наблюдать за процессом колонизации субстрата мицелием.

Субстратные блоки для культивирования грибов переносили в камеру плодоношения на 15 суток. С одной камеры инкубации загружали две камеры плодоношения.

Характеристики камеры плодоношения:

- габариты – 6×15×3 м, площадь 90 м², объем 270 м³;
- загрузка блоков – до 13 т (960 блоков), объем субстрата – 27 м³;
- удельная загрузка – 144 кг / м² пола, объем субстрата к объему камеры – 1 : 10;
- стеллажи – металлические вертикальные 3-х ярусные. Всего 14 стеллажей. Расстояние между стеллажами по осям – 100 см;



Рис. 5. Подвесная система размещения блоков в камере инкубации

- размещение блоков – вертикальное, сплошная одинарная «стенка», плодоношение двустороннее (рис. 6);



Рис. 6. Волна плодоношения штамма Этна в камере выращивания вешенки

- климатическая установка – приточно-рециркуляционная, вентилятор 3 кВт на 6 000 м³ /ч, частотник, теплообменник-нагреватель;
- охлаждение – сплит-система (2 шт. по 16 кВт);
- ограждающие конструкции камеры из сэндвич-панелей. Торцевая сторона камеры недостаточно утеплена, поэтому температура по длине камеры распределена неравномерно с градиентом до 2–4 °С (теплее в начале и холоднее в конце камеры);
- система увлажнения – форсунки высокого давления внутри климатической установки;
- распределение воздуха – продольный металлический воздуховод с поперечными полиэтиленовыми воздуховодами в каждом ряду блоков (всего 15 воздуховодов). Воздуховоды на уровне верхнего ряда блоков (2,2 м);

- выхлоп воздуха – вентилятор на 2,2 кВт с частотником;
- контроллер фирмы Тэрра.

Параметры микроклимата культивирования *P. ostreatus* и *C. cylindracea* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры микроклимата культивирования промышленных штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 на тоннельном субстрате

Сутки	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Содержание CO ₂ , ppm	Приточный вентилятор, %	Температура в центре субстратного блока для культивирования опенка, °С	Температура в центре субстратного блока для культивирования вешенки, °С
1	22,7	52	1390	61	21,5	22,4
2	23,0	61	1875	61	25,4	26,5
3	22,0	61	1982	61	28,5	26,8
4	21,5	60	1994	61	29,2	27,3
5	21,5	61	2055	61	28,7	27,2
6	21,5	60	2071	61	28,1	28,9
7	21,5	61	2072	61	27,5	30,9
8	21,5	61	2060	61	26,9	29,9
9	21,5	61	2052	61	26,0	30,3
10	22,0	66	2047	61	25,6	28,7
11	22,0	66	1997	60	25,4	27,7
12	22,0	66	2017	51	25,3	27,9
13	22,0	66	1965	51	25,2	28,4
14	22,0	66	1943	51	25,1	28,1
15	22,0	66	2005	51	25,1	28,1
16	22,0	66	2043	51	25,1	28,1
17	22,0	66	2036	51	25,2	27,5
18	19,0	66	1603	51	24,1	25,3
19	18,0	66	1146	51	21,5	23,8
20	17,9	69	899	51	20,7	21,3
21	17,6	71	879	51	20,6	19,6
22	15,7	78	821	54	19,5	18,9
23	15,7	81	838	56	18,3	19,1
24	16,2	86	796	64	18,9	19,2
25	16,0	87	729	76	18,7	19,4
26	16,0	87	715	76	18,5	19,6
27	16,0	85	712	71	18,4	19,6
28	16,0	84	717	66	18,4	20,1
29	16,0	84	701	66	18,5	–
30	16,0	84	715	66	18,6	–
31	16,0	83	719	66	18,6	–
32	16,0	83	720	66	18,6	–
33	16,0	83	707	66	18,5	–
34	16,0	83	700	66	18,4	–

В период выращивания вешенки обыкновенной и опенка тополиного проводили фенологические наблюдения: отмечали продолжительность колонизации субстрата мицелием, начало и конец плодоношения (друзы снимали на стадии технологической зрелости плодовых тел); биометрические измерения: подсчитывали количество плодовых тел в друзе, определяли размеры плодовых тел (диаметр шляпки и ножки, длина ножки).

После завершения формирования плодовых тел их собирали, взвешивали и определяли урожайность (% от массы субстрата), которую учитывали в первую волну плодоношения. Биологическую эффективность (БЭ) рассчитывали, как отношение массы свежих плодовых тел к абсолютно сухой массе субстрата, выраженное в процентах [11].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5 %-м уровне значимости с помощью дисперсионного и вариационного анализа и множественного сравнения средних арифметических значений по критерию Дункана [8, 9].

Результаты и обсуждение

Анализ результатов исследования показал 100 %-ю приживаемость посевного мицелия исследованных штаммов вешенки обыкновенной и опенка тополиного на тоннельном субстрате из агроотходов. Однако *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 достоверно отличались друг от друга по скорости колонизации растительного субстрата. Мицелий штамма Этна был очень активным и быстро колонизировал субстрат. У исследованного штамма опенка тополиного вегетативная фаза развития длилась на 6 суток дольше, чем у вешенки, и составила 20 суток. Массовое (> 50 % блоков) появление примордиев у вешенки обыкновенной наблюдалось на 17-е сутки после инокуляции, а у опенка тополиного – на 23-е сутки.

Во время плодоношения грибов температуру воздуха постепенно снизили до 16 °С. В таких условиях получили компактные друзы опенка тополиного. Шляпки плодовых тел были бархатистыми, темно-коричневыми, по мере роста светлели (рис. 7). Мякоть была белокремовой, плотной, немного хрустящей с винно-ореховым ароматом. Ножки были кремовыми и цилиндрическими.



А



Б

Рис. 7. Плодовые тела штамма *C. cylindracea* 4022: А – молодые плодовые тела, Б – плодовые тела на стадии технологической зрелости

Собирали друзы опенка тополиного на 26–34 сутки после инокуляции по мере достижения технологической зрелости плодовых тел, когда еще не раскрывается «частное» покрывало, закрывающее пластинки шляпки (рис. 7Б). В таком состоянии грибы лучше хранятся и меньше теряют свою массу. Наши исследования не согласуются с данными Ухарта и др. [22], которые в ходе скрининга 4 промышленных и 8 природных штаммов опенка тополиного получили плодовые тела на 46–64 день после инокуляции в зависимости от питательности субстратов.

Согласно литературным данным [15], цикл культивации штамма Этна вешенки обыкновенной при повышенной температуре (18 °С) не превышает 30 дней. Однако при такой температуре окраска грибов более светлая, чем при температуре 13–14 °С. При пониженной температуре удлиняется цикл культивирования, но формируются более компактные сростки с более мясистыми и темными шляпками плодовых тел.

В нашем эксперименте при двухзональной системе культивирования и температуре 16 °С плодовые тела *P. ostreatus* Этна были сформированы на 21–28 сутки после инокуляции. Гриб образовывал компактные друзы с большим количеством плодовых тел кремовой окраски (см. рис. 6). Ножки у плодовых тел были мягкими, шляпки – не мясистыми, не были склонны к растрескиванию. Устойчивость штамма Этна к неблагоприятным факторам позволила базидиокарпам не накапливать сопутствующие инфекции, увеличивая срок хранения грибов.

Динамика плодоношения исследованных штаммов базидиальных ксилотрофов представлена на рис. 8.

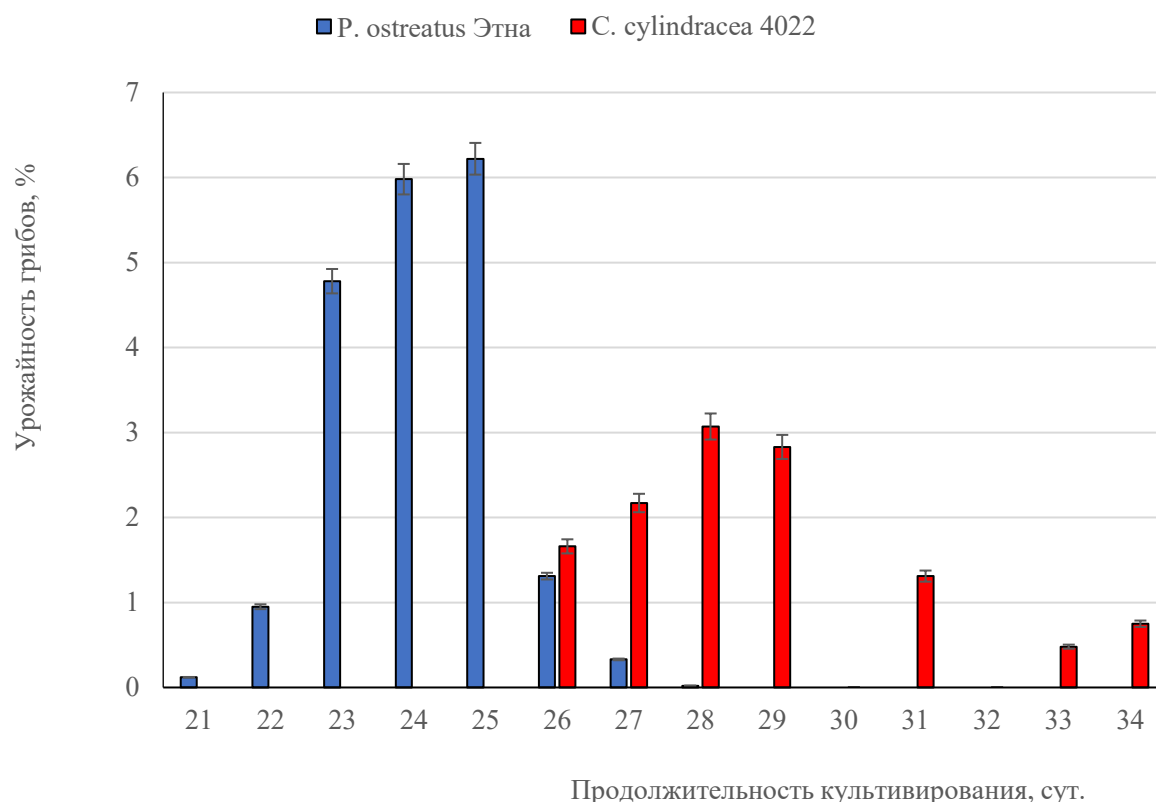


Рис. 8. Динамика плодоношения промышленных штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 на тоннельном субстрате из агроотходов

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 8, показал, что продолжительность плодоношения штаммов *P. ostreatus* Этна была на 1 день короче, чем штамма *C. cylindracea* 4022. При этом наибольшая урожайность плодовых тел вешенки обыкновенной наблюдалась на 24–25 сутки после инокуляции. У опенка тополиного

массовый сбор друз происходил на 28–29 сутки после инокуляции. Общая урожайность *P. ostreatus* Этна в первую волну плодоношения составила 19,62 % (БЭ = 64,03 %), урожайность *C. cylindracea* 4022 – 12,3 % (БЭ = 40,13 %).

Наши предыдущие исследования показали, что у штамма Этна вешенки обыкновенной урожайность в первую волну плодоношения может достигать 27,9 % при культивировании гриба по однозональной системе в камере шампиньонницы [15].

Чернявская О. В. при культивировании опенка тополиного в производственных условиях на стерильном субстрате из лузги семян подсолнечника, обогащенной пшеничными отрубями, получила урожай плодовых тел в первую волну плодоношения 13–15 % от массы субстрата [19].

Биометрические показатели плодовых тел штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022, полученных в первую волну плодоношения на тоннельном субстрате, представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Показатели вариации биометрических показателей плодовых тел
штамма *P. ostreatus* Этна**

Морфометрические показатели плодовых тел вешенки обыкновенной	Предел вариации (lim),	Размах вариации (R)	Среднее квадратическое отклонение (s)	Коэффициент вариации (CV), %	Средняя арифметическая и ошибка репрезентативности ($\bar{x}_{cp} \pm m$)	Коэффициент асимметрии (As)
Масса одного плодового тела, г	0,05–6,00	5,95	1,52	103	$1,47 \pm 0,14$	+1,33
Масса шляпки, г	0,03–4,67	4,64	1,17	111	$1,05 \pm 0,11$	+1,41
Масса ножки, г	0,01–1,71	1,70	0,38	93	$0,41 \pm 0,03$	+1,38
Диаметр шляпки, мм	6,65–57,19	50,54	12,81	51	$25,03 \pm 1,16$	+0,69
Длина ножки, мм	8,75–54,31	45,56	11,05	37	$29,77 \pm 1,00$	+0,26
Диаметр ножки, мм	2,23–13,07	10,84	2,76	46	$6,02 \pm 0,25$	+0,81

В сростках вешенки обыкновенной и опенка тополиного в среднем образовывалось 122 и 45 плодовых тел соответственно. У обоих исследованных штаммов базидиальных ксилотрофов размеры карпофоров существенно варьировали. Так, у штамма *P. ostreatus* Этна масса одного плодового тела варьировала от 0,05 до 6,00 г (CV = 103 %), у штамма *C. cylindracea* 4022 – от 0,17 до 13,87 г (CV = 99 %). В обеих выборках грибов доминировали мелкие плодовые тела, т. к. коэффициент асимметрии был больше 1. Вес шляпки плодовых тел у вешенки обыкновенной составил 71 % от общей массы, у опенка тополиного – 47 %.

Большая амплитуда изменчивости была характерна для диаметра шляпок и длины ножек плодовых тел грибов. У штамма *P. ostreatus* Этна размах вариации этих показателей составил 50,54 и 45,56 мм соответственно, у штамма *C. cylindracea* 4022 – 34,49 и 54,52 мм соответственно. При этом у вешенки обыкновенной средний диаметр шляпок был больше в 1,3 раза, чем у опенка тополиного. Однако у исследованного штамма *P. ostreatus* Этна обнаружены более короткие и тонкие ножки плодовых тел, чем у штамма *C. cylindracea* 4022.

Таблица 3

**Показатели вариации биометрических показателей плодовых тел
штамма *C. cylindracea* 4022**

Морфометрические показатели плодовых тел опенка тополиного	Предел вариации (lim),	Размах вариации (R)	Среднее квадратическое отклонение (s)	Коэффициент вариации (CV), %	Средняя арифметическая и ошибка репрезентативности ($\bar{x} \pm m$)	Коэффициент асимметрии (As)
Масса одного плодового тела, г	0,17–13,87	13,70	3,22	99	$3,25 \pm 0,42$	+1,24
Масса шляпки, г	0,05–7,63	7,58	1,2	105	$1,54 \pm 0,22$	+1,44
Масса ножки, г	0,11–6,63	6,52	1,64	96	$1,71 \pm 0,21$	+1,18
Диаметр шляпки, мм	6,12–40,61	34,49	9,17	47	$19,39 \pm 1,20$	+0,37
Длина ножки, мм	14,29–68,81	54,52	14,19	34	$40,64 \pm 1,86$	+0,27
Диаметр ножки, мм	3,77–15,50	11,73	3,20	41	$7,89 \pm 0,42$	+0,48

В условиях рыночных отношений создание крупномасштабного производства грибов обеспечивает эффективное использование дорогостоящих культивационных сооружений и технологического оборудования. Для оценки экономической эффективности грибоводства применяют общеэкономические показатели: урожайность, кг/т; цена реализации, руб./кг; себестоимость, руб./кг; прибыль от реализации, руб./кг; доходы, тыс. руб.; расходы, тыс. руб.; рентабельность, % [11].

Был произведен расчет экономической эффективности производства плодовых тел промышленных штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 на грибоводческом предприятии «ЭкоГурман» (табл. 4).

Таблица 4

Основные экономические показатели производства плодовых тел грибов

Наименование показателя	Культура грибов	
	<i>P. ostreatus</i> Этна	<i>C. cylindracea</i> 4022
Урожайность, кг/т	196,19	123,00
Цена реализации, руб./кг	230	460
Себестоимость, руб./кг	161	340
Прибыль от реализации, руб./кг	69	120
Расходы на выращивание грибов и сбор урожая с 1 т субстрата, руб.	31 587	41 820
Доход от реализации продукции с 1 т субстрата, руб.	13 537	14 760
Рентабельность, %	43	35

С учетом производительности предприятия себестоимость 1 кг плодовых тел грибов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 составила 161 и 340 руб., соответственно. Из таблицы 4 видно, что наиболее выгодной культурой для промышленного культивирования является штамм Этна вешенки обыкновенной. Рентабельность

производства плодовых тел этого гриба на тоннельном субстрате составила 43 %. Рентабельность производства плодовых тел исследованного штамма опенка тополиного незначительно уступала *P. ostreatus* и составила 35 %.

Таким образом, показана целесообразность внедрения в производство технологий выращивания штаммов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 на тоннельном субстрате с использованием в качестве сырья массовых отходов сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности.

Выводы

Анализ полученных данных показал, что промышленные штаммы грибов *P. ostreatus* Этна и *C. cylindracea* 4022 можно успешно выращивать на тоннельном субстрате из агроотходов. В первую волну плодоношения урожайность плодовых тел вешенки обыкновенной составила 19,6 %, опенка тополиного – 12,3 % от массы субстрата. Промышленный штамм 4022 опенка тополиного имел более продолжительный цикл культивирования на тоннельном субстрате (34 дня), чем штамм Этна вешенки обыкновенной (28 дней). Исследованные штаммы грибов формировали плодовые тела товарного качества. Уровень рентабельности выращивания *P. ostreatus* Этна на тоннельном субстрате из растительных отходов сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности составил 43 %, *C. cylindracea* 4022 – 35 %.

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

Список литературы

1. Гарибова Л. В. Выращивание грибов. М.: Вече, 2005. 95 с.
2. ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 8 с.
3. ГОСТ Р 13496.4–93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ, 2011. 15 с.
4. ГОСТ 28351-89 Продукты химические органические. Методы определения кислотности и щелочности. М.: Стандартинформ, 2006. 7 с.
5. Дворнина А. А. Базидиальные съедобные грибы в искусственной культуре. Кишинев: Штиинца, 1990. 112 с.
6. Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т. Культивирование съедобных грибов. К.: Урожай, 1992. 160 с.
7. Иванов А. И., Растова А. С., Сашенкова С. А., Корягин Ю. В. Круглоголовка цилиндрическая (*Cyclocybe cylindracea*) – вид, перспективный для российского грибоводства // Нива Поволжья. 2018. № 3 (48). С. 20–25.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия. М: Высш. шк., 1990. 350 с.
9. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник. Донецьк: Кассиопея, 1999. 210 с.
10. Синицын А. П., Гусаков А. В., Черноглазов В. М. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
11. Сычев П. А., Ткаченко Н. П. Грибы и грибоводство. М.: ООО «Изд-во АСТ»; Донецк: Изд-во «Сталкер», 2003. 512 с.
12. Тищенко А. Д. Перспективы применения различных технологий приготовления субстрата вешенки в России // Школа грибоводства. 2020. № 6 (126). С. 44–47.
13. Тищенко А. Д. Тоннельная технология приготовления субстрата вешенки. Часть 1 // Школа грибоводства. 2022. № 5 (137). С. 56–67.
14. Тищенко А. Д. Тоннельная технология приготовления субстрата вешенки. Часть 2 // Школа грибоводства. 2022. № 6 (138). С. 68–78.

15. Тищенко А. Д., Левищева А. И. Урожайность штамма Этна в различных условиях культивирования // Школа грибоводства. 2024. № 1 (145). С. 66–77.
16. Фоменко И. А., Тучкова С. Н. Утилизация целлюлозосодержащих отходов при помощи грибов // Новые технологии. 2021. 17 (5). С. 123–133.
17. Хренов А. В. Шампиньоны летом не едят? // Школа грибоводства. 2025. № 4 (154). С. 8–14.
18. Хренов А. В. Летом вешенки снова потели на прилавках // Школа грибоводства. 2025. №4 (154). С. 16–19.
19. Чернявская О. В., Тищенко А. Д. Культивирование тополиного опенка на стерильном лузговом субстрате // Школа грибоводства. 2024. № 1 (145). С. 80–85.
20. Seo S. Y., Ahn M. S., Choi S. R., Song E. J., Choi M. K., Kim Y. S. Analysis of nutritional compositions and biological activity of *Agrocybe aegerita* // Journal of Mushroom. 2011. Vol. 9, № 3. P. 116–122.
21. Surup F., Hennicke F., Sella N., Stroot M., Bernecker S., Pfütze S., Stadler M., Rühl M. New terpenoids from the fermentation broth of the edible mushroom *Cyclocybe aegerita* // Beilstein J. Org. Chem. Beilstein-Institut. 2019. Vol. 15, № 1. P. 1000–1007.
22. Uhart M., Piscera J.M., Albertó E. Utilization of new naturally occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom *Agrocybe cylindracea* // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2008. Vol. 35, № 6. P. 595–602.

Поступила в редакцию 30.11.2025 г.

Demchenko S. I., Levischeva A. I. The fruit-forming activity of industrial strains of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. and *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini on tunnel substrate from agricultural waste. – A comparative analysis of the fruit-forming activity of industrial strains of *Pleurotus ostreatus* 'Etna' and *Cyclocybe cylindracea* 4022 on a complex agricultural waste substrate prepared using tunnel technology was conducted. Under controlled microclimate conditions, the yield of *P. ostreatus* in the first fruiting wave was 19.6 %, and for *C. cylindracea*, it was 12.3 %. Both fungi formed marketable quality fruit bodies on the tunnel substrate. Furthermore, the technological cycle for the production of *P. ostreatus* 'Etna' fruit bodies was shorter by 6 days than that of *C. cylindracea* 4022.

Keywords: fruit-forming activity, industrial strains of fungi, tunnel substrate, agricultural waste.

Демченко Светлана Ивановна

кандидат биологических наук, доцент,
зав. кафедрой физиологии растений
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: sdemch5@mail.ru
ORCID: 0009-0002-4868-5988
AuthorID: 1033943

Demchenko Svetlana Ivanovna,

Candidate of Biological Sciences, Docent,
Head of the Department of Plant Physiology,
Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

Левищева Алёна Ивановна

аспирант кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО
«Донецкий государственный университет»
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: alevischeva@mail.ru
AuthorID: 1321916

Levischeva Alena Ivanovna

Postgraduate at the Department of Plant Physiology,
Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2025

№ 4

Учредитель: ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

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