

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

№ 2

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

No 2

Founded in 1999

2025

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

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

Редакционная коллегия

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

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

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

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

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:

Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

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

Донецкий государственный университет, биологический факультет

Тел.: +7 (856) 302-09-93

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

E-mail: dongu_eco@mail.ru

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
протокол № 2 от 28.02.2025 г.

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

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

Editorial Board

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

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

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

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

Address of editorial board: Faculty of Biology, Donetsk State University, Schorsa str., 46, room 202, Donetsk, DPR, 283050, Russia.

Tel.: +7 (856) 302-09-93

Web-site of journal: <http://donnu.ru/ecolog> E-mail: dongu_eco@mail.ru

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

СОДЕРЖАНИЕ

К 100-летию со дня рождения выдающегося физиолога растений Сергея Федоровича Негруцкого	6
--	---

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Ардашева О. А., Федоров А. В.</i> Комплексная оценка и перспективность сортов розы для озеленения в Среднем Предуралье	8
<i>Гермонова Е. А., Сафонов А. И.</i> Прогнозный сценарий фактора полевостресса в Донбассе на основании фитомониторинга	21
<i>Жуков С. П.</i> Инвазивный вид <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle в г. Донецке	30
<i>Калинина А. В.</i> Урбановфлора щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации	38
<i>Корниенко В. О.</i> Эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка	44
<i>Минаева А. Ю., Дусупова К. Т., Землянская И. В., Яницкая А. В.</i> Изучение морфологических и анатомических признаков лапчатки серебристой (<i>Potentilla argentea</i> L.)	55
<i>Мирненко Н. С.</i> Результаты исследований в контексте адаптационных стратегий и репродуктивной способности <i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC.	63

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Рудой Д. В., Ольшевская А. В., Шевченко В. Н., Головки Л. С., Оганисян М. М.</i> Темпы роста самок австралийского красноклешневого рака <i>Cherax quadricarinatus</i> Von Martens, 1868 в УЗВ в период адаптации к индустриальным условиям	69
---	----

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Трискиба С. Д.</i> Макромицеты парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка (по состоянию на 2018–2024 гг.)	78
Правила для авторов	87

C O N T E N T S

To the 100 th anniversary of the birth of the outstanding plant physiologist Sergey Fedorovich Negrutsky	6
--	---

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Ardasheva O. A., Fedorov A. V.</i> Comprehensive assessment and prospects of rose varieties for landscaping in the Middle Urals	8
<i>Germonova E. A., Safonov A. I.</i> Forecast scenario of the field stress factor in Donbass based on phytomonitoring	21
<i>Zhukov S. P.</i> Invasive species of <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle in Donetsk	30
<i>Kalinina A. V.</i> Urban flora of crevice ecotopes of the Donetsk-Makeyevka agglomeration	38
<i>Kornienko V. O.</i> Ecological and biological features of old-growth trees of Donetsk city	44
<i>Minaeva A. Y., Dusupova K. T., Zemlyanskaya I. V., Yanitskaya A. V.</i> Study of morphological and anatomical characters of silvery cinquefoil (<i>Potentilla argentea</i> L.)	55
<i>Mirnenko N. S.</i> Results of research on adaptation strategies and reproductive capacity of <i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC.	63

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Rudoy D. V., Olshevskaya A. V., Shevchenko V. N., Golovko L. S., Oganisyan M. M.</i> Growth rates of female Australian red-claw crayfish <i>Cherax quadricarinatus</i> Von Martens, 1868 in RAS during the period of adaptation to industrial conditions	69
---	----

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Triskiba S. D.</i> Macromycetes of the Park of culture and recreation named after Leninsky Komsomol of Donetsk (as of 2018–2024)	78
Rules for authors	87



К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ФИЗИОЛОГА РАСТЕНИЙ СЕРГЕЯ ФЕДОРОВИЧА НЕГРУЦКОГО

Сергей Федорович Негруцкий родился 10 мая 1925 г. в селе Новогригорьевка Одесской (ныне Николаевская) области в семье учителей. С 1932 по 1942 гг. учился в средней школе г. Верхний Лисичанского района Ворошиловградской области. В июле 1942 г. он добровольцем пошел на фронт. После окончания Второй мировой войны служил в Забайкальском военном округе. Награжден орденом Отечественной войны 2-й степени и медалями: «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За оборону Кавказа», «За победу над Японией».

В 1951 г. С. Ф. Негруцкий с отличием окончил Воронежский лесохозяйственный институт, а затем – аспирантуру на кафедре лесной фитопатологии этого института. Еще студентом его интересовала фитопатология, физиология и биохимия грибов. Исследованиям по этим научным направлениям он посвятил всю жизнь. В 1955 г. Сергей Федорович защитил кандидатскую диссертацию «Болезни сосны и борьба с ними в Хреновском бору», в которой впервые охарактеризовал вредный патоген хвойных и лиственных пород – гриб трутовик Швейница.

В 1957 г. С. Ф. Негруцкий работал доцентом, а затем заведующим кафедрой ботаники, физиологии растений и микробиологии в Луганского сельскохозяйственного институте. В 1963 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Гриб *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst (корневая губка) и патофизиология зараженного им дерева». В апреле 1965 г. Сергею Федоровичу присвоено ученое звание профессора.

С 1966 года профессор С. Ф. Негруцкий работает в Донецком государственном университете. Он основал кафедру физиологии растений, которую возглавлял в течение 32 лет. В 1976–1980 гг. работал деканом биологического факультета Донецкого государственного университета.

Сергей Федорович в течение многих лет изучал гриб *Heterobasidion annosum* (корневая губка), который является самым опасным возбудителем заболевания хвойных пород во

многих странах. Он впервые всесторонне описал его биологию, экологию, физиологию и биохимию, установил механизмы проникновения патогена в организм древесных растений и особенности их поражения, исследовал патофизиологию и устойчивость деревьев к корневой губке. В соавторстве с коллегами были разработаны биологические методы борьбы с фитопатогеном.

Со своими учениками С. Ф. Негруцкий успешно разработал биотехнологии использования базидиомицетов – активных продуцентов внеклеточных ферментов. Так, была изучена молокосвертывающая активность таких грибов, как *Hirschioporus laricinus*, *Irpex lacteus*. Созданы и запатентованы новые штаммы грибов, составы питательных сред и другие разработки, непосредственно используемые при получении ферментов молокосвертывающего действия, перспективных для пищевой промышленности при изготовлении мягких и твердых сыров.

Сергеем Федоровичем с коллегами были проведены исследования по изучению образования и свойств протеаз базидиомицетов, перспективных для использования в медицине и обладающих фибринолитической и тромболитической активностью. Особенно значительные успехи были достигнуты при разработке технологии культивирования ценных съедобных грибов в промышленных условиях. В 1995 г. под редакцией С. Ф. Негруцкого была опубликована монография «Горное грибоводство», в которой впервые была приведена технология выращивания шампиньонов в свободных горных выработках угольных шахт.

Профессор, доктор биологических наук С. Ф. Негруцкий – заслуженный деятель науки и техники Украины, Заслуженный работник высшей школы, Почетный член Украинского ботанического общества и Украинского общества физиологов растений.

Он автор свыше 300 научных работ, 12 монографий и учебных пособий, 13 авторских свидетельств СССР и патентов Украины. С. Ф. Негруцкий подготовил целую «армию» последователей – специалистов фитопатологов и микологов, которые трудились и продолжают трудиться в нашей стране и за рубежом.

© О. А. Ардашева¹, А. В. Федоров²**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ СОРТОВ РОЗЫ ДЛЯ
ОЗЕЛЕНЕНИЯ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ**¹ФГБУН Удмуртский ФИЦ УрО РАН

Россия, 426000, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

²ФГБОУ ВО МСХ РФ «Российский государственный университет народного хозяйства
имени В. И. Вернадского»

Россия, 143907, г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50

Ардашева О. А., Федоров А. В. Комплексная оценка и перспективность сортов розы для озеленения в Среднем Предуралье. – В работе представлены результаты комплексного изучения биоэкологических и декоративных характеристик сортов рода *Rosa* L. с последующим отбором наиболее перспективных, которые могут быть использованы для расширения состава растений, использующихся в озеленении городов в условиях Среднего Предуралья. Выявлено, что фенологические изменения сортов роз в разные годы происходят в зависимости от погодных условий, а фаза начала вегетации не является уникальным признаком какой-то конкретной садовой группы. Наибольшей устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды обладают сорта роз из группы гибриды розы мускусной (HMsK), флорибунда (F.) и некоторые сорта из группы шрабы (S.). Наименьшей устойчивостью – сорта из группы чайно-гибридные (HT.) и плетистые (R.). Высокой декоративностью обладали сорта роз из группы флорибунда (F.), шрабы (S.) и гибриды розы мускусной (HMsK), что объясняется длительным периодом цветения, большей обильностью цветения благодаря большому количеству одновременно распускающихся цветков, хотя сорта этих групп не всегда отличаются высокой степенью оригинальности. Выявлена прямая и сильная корреляционная зависимость показателей поражения растений мучнистой росой и повреждения тлей.

Ключевые слова: розы, экологические факторы, сорт, погодные условия, урбанистика, озеленение.

Введение

По итогу интродукционных испытаний предоставляется возможность оценить степень устойчивости того или иного растения в конкретных эколого-климатических условиях и, соответственно, возможность его использования в целях озеленения населенных мест.

В условиях продолжающейся урбанизации перед ландшафтными архитекторами поставлена задача в создании и формировании высокодекоративных и высокоэффективных в экологическом отношении многолетних культурных растительных сообществ [25]. Однако для применения на практике данного положения необходимо наличие сортов и форм, максимально сочетающих в себе зимостойкость, устойчивость к болезням, высокую декоративность в конкретных климатических условиях, что требует проведения экспериментов для выявления адаптированных к местным условиям сортов.

Розы относятся к числу прихотливых и требовательных к климату декоративных растений. Тем не менее, заслуживают более широкого применения в системе озеленения городов умеренно-континентального климата. Однако их выращиванию во многих регионах препятствуют неблагоприятные климатические условия. Перспективы возделывания различных сортов роз в условиях Среднего Предуралья изучены недостаточно, что подчеркивает актуальность данного исследования.

В северных районах России основным фактором отбора перспективных сортов является зимостойкость. При оценке сортов меньше уделяется внимания отдельным декоративным достоинствам цветка, – в основном оценивается сорт по суммарной

декоративности [20, 34, 35]. Доказано, что проверку устойчивости и декоративности сортов необходимо вести в конкретных географических условиях [36].

В условиях умеренно-континентального климата лимитирующими факторами развития садовых роз выступают: зимние морозы при отсутствии снегового покрова, раннелетние, позднелетние и осенние заморозки, сухость почвы, летняя жара и засуха, а также насекомые-фитофаги, паразитические и патогенные грибы. Именно действие этих факторов и адаптацию к ним роз следует иметь в центре внимания исследователям, изучающим экологические особенности различных видов и сортов роз [15, 23, 27, 28, 38, 40, 41].

М. В. Пашина [25] в своих исследованиях отмечает, что содержание фосфолипидов в побегах роз коррелирует с их зимостойкостью. У малозимостойких сортов осенью липидов значительно меньше, чем у зимостойких. У зимостойких сортов роз отмечено также максимальное накопление белков в позднелетний период. С замедлением роста при продолжающемся фотосинтезе растения накапливают большие запасы углеводов, которые и способствуют успешной перезимовке.

Главный жизненный процесс растений – фотосинтез, протекание которого связано с фотосинтетическими пигментами, образующимися в клетках листьев. Чем больше содержание данных пигментов в пластидах ассимилирующих клеток и тканей, тем эффективнее фотосинтез, выше жизнеспособность растения и тем устойчивее оно к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды [1, 10, 30, 33]. Накопление хлорофилла является одним из основных механизмов адаптации растений к условиям произрастания [8, 19, 29].

Цель работы – комплексный анализ биоэкологических, декоративных характеристик сортов рода *Rosa* L. с последующим отбором наиболее перспективных таксонов, которые могут быть использованы для расширения состава растений, используемых в озеленении в условиях умеренно-континентального климата в Среднем Предуралье.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в городе Ижевске, расположенном в Вятско-Камском междуречье, в Среднем Предуралье, которое имеет следующие координаты: 56°51' с. ш. 53°13' в. д. [14, 26]. Среднегодовые показатели территории, где проводились исследования: температура – +3,0 °С, скорость ветра – 3,6 м/с, влажность воздуха – 76 %. Ветра преимущественно западные и юго-западные. Увлажнение достаточное, годовое количество осадков в среднем 511 мм [16].

Специфика климатических условий местности создает для растений-интродуцентов южного происхождения ряд факторов, лимитирующих их нормальный рост и развитие. Это, например, зимние оттепели и следующие за ними морозные периоды, а также поздние весенние или ранние осенние заморозки, засушливые и экстремально жаркие периоды в летнее время.

Исследования проводили в течение вегетационных сезонов (апрель–октябрь) в 2019–2022 гг. на коллекционном участке площадью 350 м². Коллекция заложена в начале 2018 г. [32].

Объектами исследований явились 25 сортов роз из 5 садовых групп: плетистые (R.) – 4 сорта; чайно-гибридные (HT.) – 4 сорта; шрабы (S.) – 11 сортов; флорибунда (F.) – 3 сорта; гибриды розы мускусной (HMSk.) – 2 сорта. Общее количество растений в опыте составляло 316 шт. Учеты и наблюдения проводили по трем растениям каждого сорта в трехкратной повторности.

Фенологические наблюдения велись по общепринятым методикам, отмечали распускание почек, бутонизацию, цветение, вегетацию без цветения и конец вегетации [3, 11, 22, 29]. Полученные при этом данные позволяют устанавливать время и продолжительность вегетационного периода, декоративную ценность сорта и перспективы его применения. Оценку зимостойкости сортов роз проводили по методике государственного сортоиспытания [21]. Учет поражаемости болезнями и вредителями определяли визуально и

выражали в баллах [17, 18]. Степень поражения растений болезнями и вредителями определяли в естественных условиях без искусственного заражения [7, 9, 12].

Для определения содержания хлорофилла в растениях использовали метод Г. В. Наполова, В. Т. Лобкова (патент на изобретение RU 2244916) [24].

В комплексную оценку входят оценки декоративности сорта (морфологические и декоративные признаки цветка, соцветия и куста), поражения болезнями, зимостойкости, что позволяет определить ценность сорта и перспективность его выращивания в определенных почвенно-климатических условиях. Суммарные показатели всех вышеперечисленных характеристик использовали для определения группы перспективности. При оценке перспективности использования за основу взята методика, применяемая в интродукционной работе в ботанических садах [4–6, 37].

Оценка декоративности сортов проводили по общепринятой методике по 100-балльной системе, согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [21] с учетом дополнений и изменений В. Н. Былова, С. В. Юрко [4–6, 37].

Обработку полученных в ходе исследования данных осуществляли с помощью программного обеспечения MS Excel и Statistica 10. Значимость различия между двумя выборочными средними оценивали с помощью критерия Стьюдента (t) при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Было выявлено, что изученные сорта роз из разных садовых групп существенно различаются по количественному соотношению пигментов, накапливающихся в клетках листьев. Так, в целом у всех сортов роз содержание хлорофилла a в листьях значительно превышает содержанием хлорофилла b . По соотношению форм хлорофилла лучшими является сорта роз из группы плетистые, чайно-гибридные и флорибунда (1,8–1,9 мг/г). Объясняется это тем, что чем выше соотношение хлорофилла a/b , тем более теневыносливыми являются растения. Иными словами, для сортов данных групп интенсивность света может быть ниже, чем для других. Следовательно, сорта данной группы можно выращивать в затененных местах.

Если обобщить вышеизложенные результаты наших исследований по изучению зеленых пигментов в листьях роз в процессе их адаптации к условиям Среднего Предуралья, то большим содержанием хлорофилла в листьях характеризуются сорта роз из группы гибриды розы Мускусной, следовательно, данная группа обладает повышенной потенциальной способностью к фотосинтезу, что обеспечивает более высокую жизнеспособность и лучшие адаптационные свойства (рис. 1).

Зимостойкость – одно из важных биологических свойств, определяющих ценность сорта для выращивания в конкретных природно-климатических условиях. На практике установлено, что сорта роз с повышенной зимостойкостью особо ценятся в ландшафтном строительстве, так как это позволяет исключить из уходных работ такую трудоемкую операцию, как окучивание и разокучивание роз, устройство укрытий для перезимовки.

С. А. Ижевский [13] отмечал, что устойчивость роз против холодов зависит не только от способов их защиты на зиму, но главным образом от состояния растений к моменту наступления морозов и от того, насколько они закалены. В умеренно-континентальном климате розы без укрытия обмерзают до уровня снежного покрова (при наличии снега), без снега обмерзает вся надземная часть или они вымерзают целиком. Также нужно отметить, что сорта с предковыми субтропическими формами не имеют органического периода покоя, – осенью у них не наступает естественный конец вегетации, что существенно сказывается на их зимостойкости.

Учеты зимостойкости проводили в период массового весеннего отрастания растений, перезимовавших в открытом грунте (без укрытия).

Результаты оценки зимостойкости за 2019–2022 гг. представлены на рисунке 2. За период исследований значительные повреждения побегов в зимний период наблюдали в 2022 году из-за малоснежной зимы.

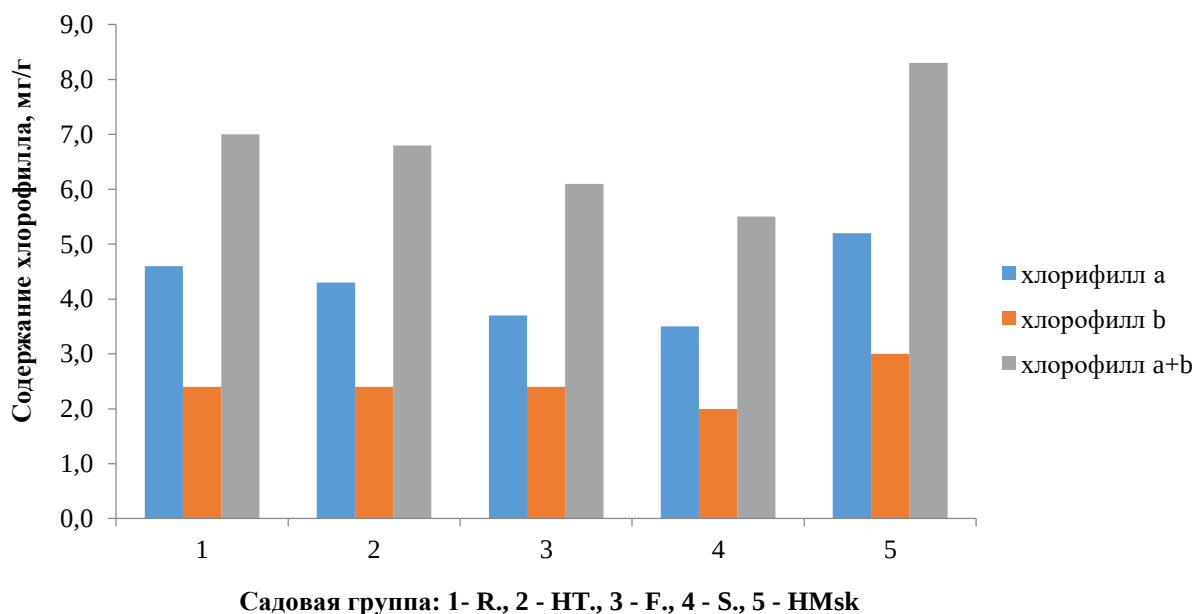


Рис. 1. Содержание хлорофилла *a*, *b* и их суммы в листьях роз внутри садовых групп

Учет перезимовки роз показал, что в каждой группе есть сорта с разной зимостойкостью, но в целом среди садовых групп высокую зимостойкость проявили розы из групп гибриды розы Мускусной и флорибунда (4–4,5 баллов), а низкая зимостойкость свойственна сортам группы плетистые (3 балла) (рис. 3).

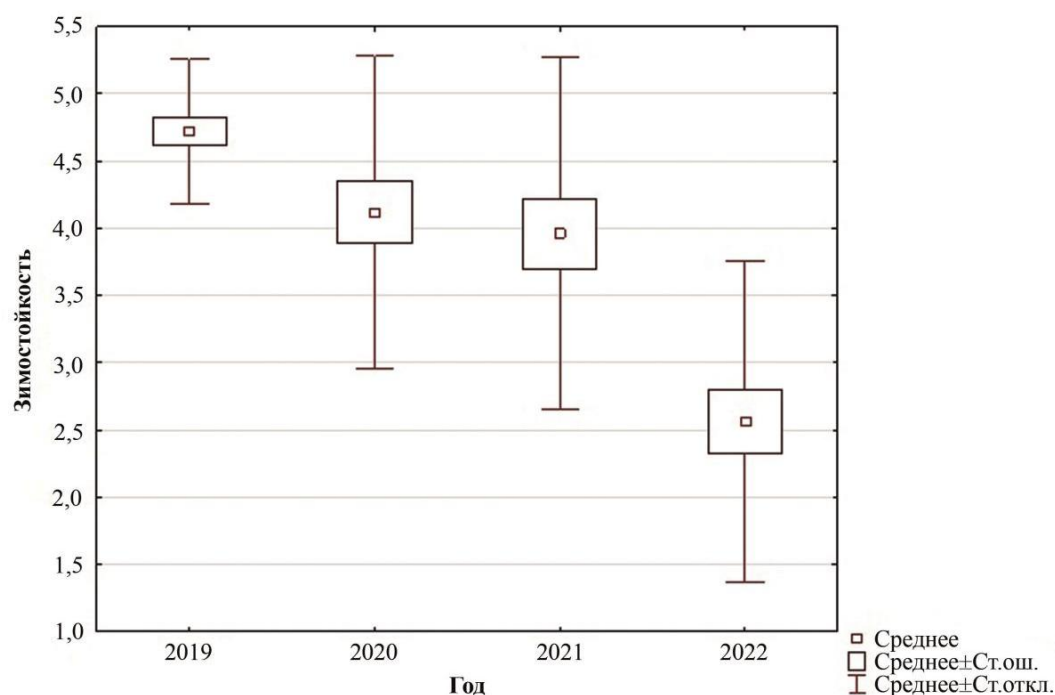


Рис. 2. Зимостойкость сортов роз, 2019–2022 гг.
(Год Кр. Краскела-Уоллиса: $H(3, N = 100) = 35,40947$ $p = ,0000$)

Наблюдения за розами показали, что большинство из них успешно растут и зимуют в условиях умеренно-континентального климата без укрытия. В наиболее суровые и малоснежные зимы у роз бывают значительные повреждения побегов морозами, но они, тем не менее, восстанавливаются с наступлением теплого периода.

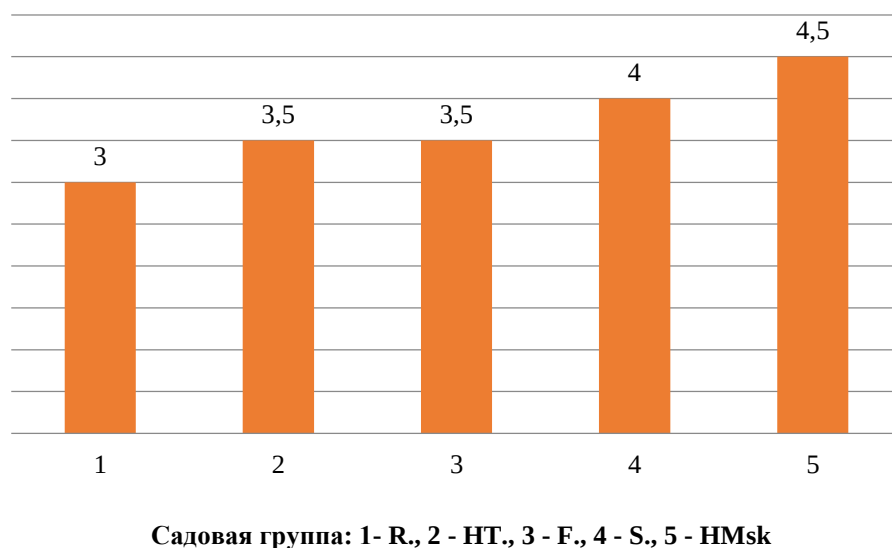


Рис. 3. Зимостойкость роз разных садовых групп, 2019–2022 гг., (max=5 баллов)

На декоративные качества роз существенно влияют неблагоприятные для этого критерия погодные условия, например, осадки, ветер, яркое солнце. У сортов с красными и темно-красными цветками наблюдалось обесцвечивание околоцветника, а сорта с белыми цветками очень страдают от дождей, в результате чего их лепестки темнеют и теряют декоративность (рис. 4).

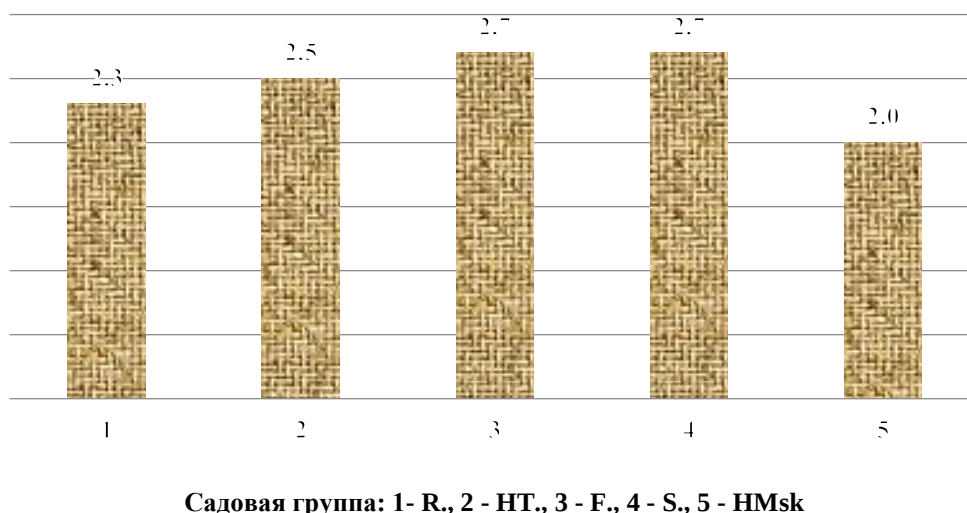


Рис. 4. Устойчивость роз разных садовых групп к осадкам, 2019–2022 гг., (max = 3 баллов)

По устойчивости к осадкам в летнее время отличаются сорта группы шрабы и флорибунда (2,7 баллов), наименьшей – сорта группы гибриды розы Мускусной и плетистые (до 2,3 балла).

В практике зеленого строительства особенно ценятся сорта роз, устойчивые к болезням и вредителям, так как проведение химических обработок в общественных местах затруднительно и нежелательно. Установлено, что устойчивость роз к инфекциям зависит от

их наследственных свойств, физиологических и биохимических особенностей, а также от условий, в которых они развиваются (температура, влажность, освещенность, минеральное питание и др.) [16, 33, 40, 44]. Поэтому фитопатологический критерий также является индикационным при оценке успешности ландшафтно-декоративных мероприятий.

Климатические условия в районе проведения исследований характеризуются существенной изменчивостью по годам. Это касается количества выпадающих осадков, продолжительности и сроков проявления засухи в вегетационный период. Варьируют также продолжительность вегетационного периода, длительность определенного температурного режима, сумма активных температур и скорость ее накопления. Особенно контрастен температурный режим весеннего и осеннего периодов. Все эти климатические факторы могут являться причиной фитопатологических проявлений.

В числе основных источников повреждения кустов роз в открытом грунте с 2019 по 2022 гг. наблюдали следующие болезни: мучнистая роса, черная пятнистость. Степень поражения учитывали визуально и выражали в баллах [16] (рис. 5). Указанная поражаемость сортов не постоянна и варьирует в зависимости от погодных условий. Наибольшее поражение растений болезнями наблюдали на сортах роз группы чайно-гибридные (НТ.), а в наименьшей степени поражались сорта группы плетистые (R.) – 3 балла.

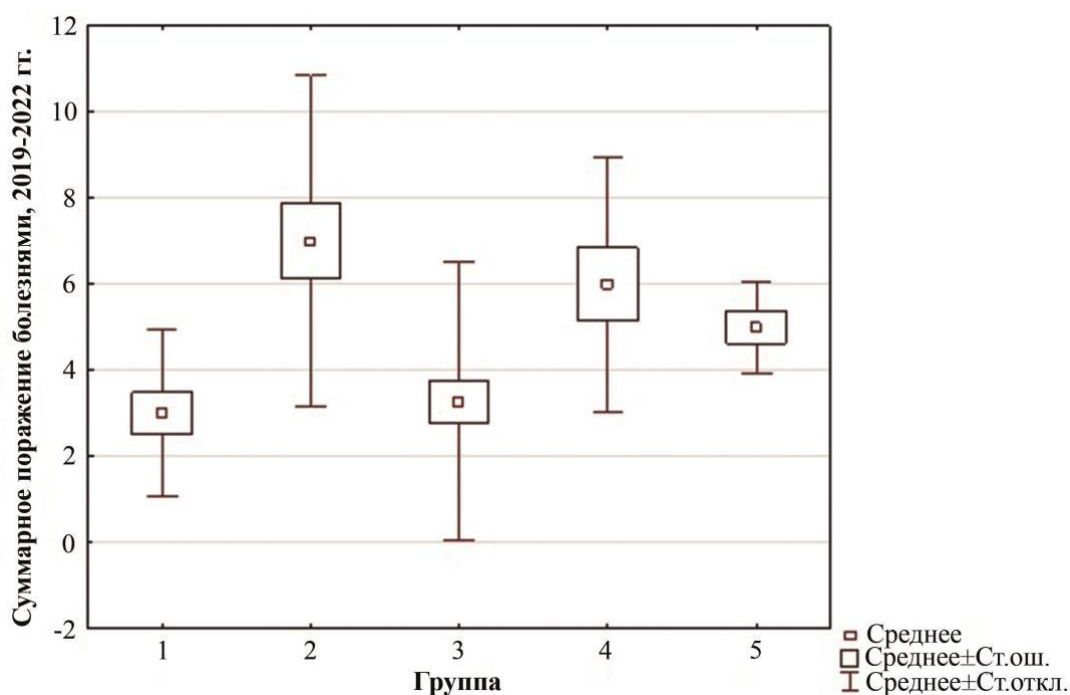


Рис. 5. Суммарное поражение болезнями внутри садовой группы (2019–2022 гг.)
(Группа Кр. Краскела-Уоллиса: $H(4, N = 100) = 20,37223$ $p = ,0004$)

Повреждающая деятельность насекомых-фитофагов сказывается на общем состоянии, роз, приводит к значительной потере их декоративности. У поврежденных растений также плохо в осенне-зимнее время формируются цветочные почки, последующее цветение ослабевает [2, 32, 43, 45].

Учет вредителей проводили в летний период. Один раз в неделю осуществляли осмотр кустов роз с фиксацией состава встречающихся вредителей и наносимых ими повреждений. В течение вегетационного периода на протяжении 2019–2022 гг. зафиксированы следующие виды насекомых-фитофагов садовых роз: *Tetranychus urticae* Koch. и *Macrosiphum rosae* L.

Было выявлено, что наибольшее поражение вредителями наблюдалось в 2021 и 2022 гг., так как этому способствовало сухое и жаркое лето. Из вредителей доминировал паутинный клещ (рис. 6).

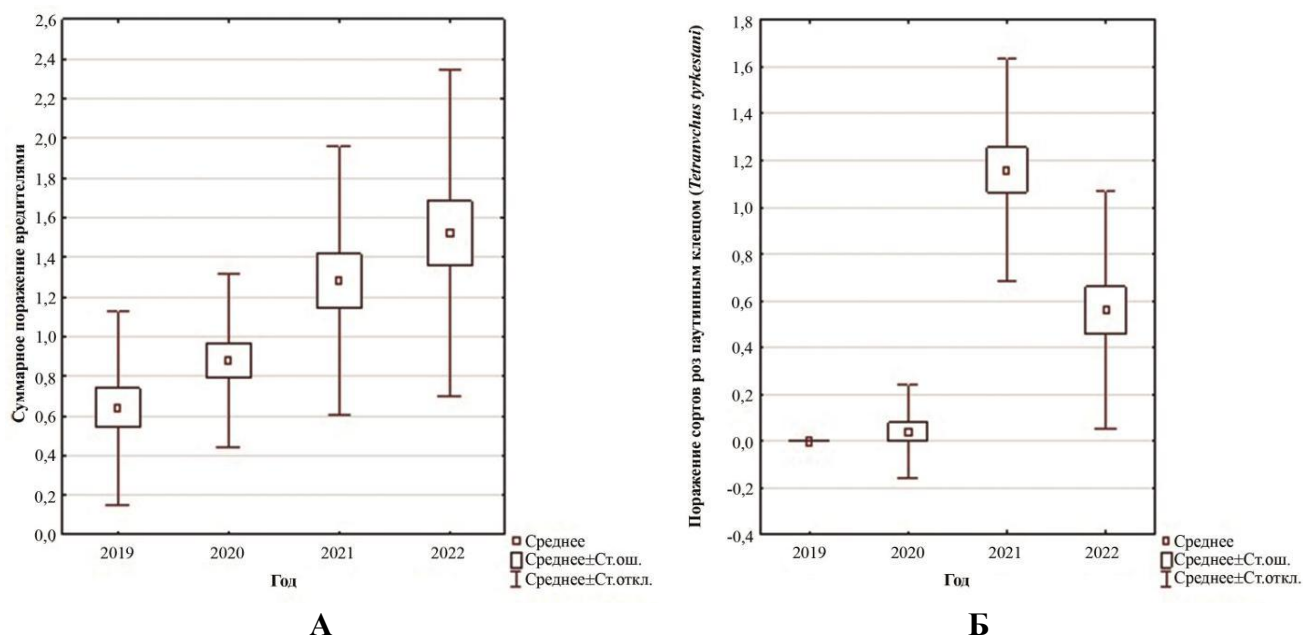


Рис. 6. Поражение растений вредителями:

А – суммарное поражение вредителям сортов роз, 2019–2022 гг.,

(Год Кр. Краскела-Уоллиса: $H(3, N = 100) = 23,88033$ $p = ,0000$);

Б – поражение сортов роз паутиным клещом (*Tetranychus tyrkistani*)

(Год Кр. Краскела-Уоллиса: $H(3, N = 100) = 66,41377$ $p = ,0000$)

Среди садовых групп наибольшее поражение растений вредителями наблюдали на сортах группы чайно-гибридные (НТ.) (5,5 баллов), наименьшее поражение характерно было для сортов роз из группы шрабы (S.) и гибридов розы Мускусной (НМsk) – по 4 балла (рис. 7).

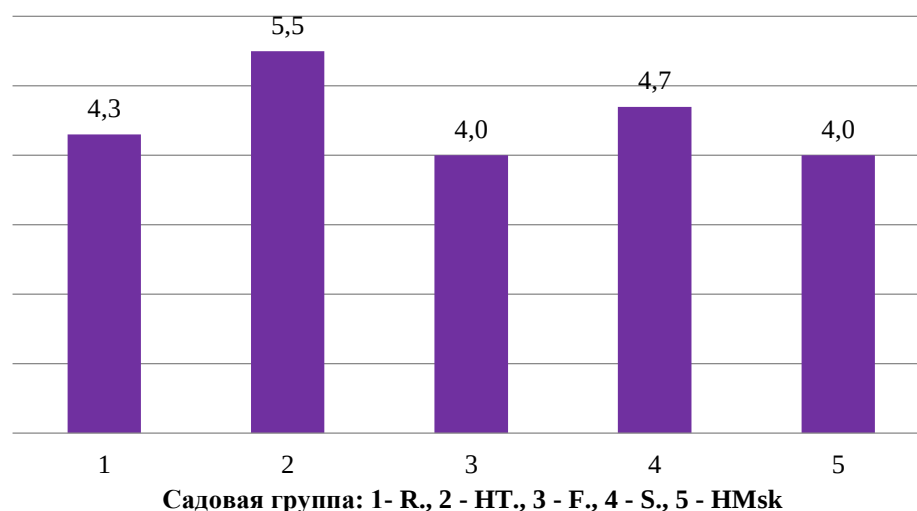


Рис. 7. Средний балл поражения энтомовредителями разных садовых групп роз, 2019–2022 гг.

Таким образом, наиболее устойчивы к биотическим факторам сорта роз из группы шрабы (S.) и гибриды розы Мускусной (НМsk), больше всего подвержены к болезням и вредителям сорта группы чайно-гибридные (НТ.).

Комплексную оценку сортов роз проводили на основе методики, разработанной для декоративных культур при интродукционном изучении сортов [6]. Суммарный балл декоративности варьировал от 17 баллов до 89. Сравнение средних баллов декоративности внутри садовых групп показывает, что наибольшая декоративность характерна для групп

флорибунда (F.) (69 баллов), гибриды розы Мускусной (HMsK.) (66 баллов) и шрабы (S.) (63 балла) (рис. 8), что объясняется длительным периодом и большей обильностью цветения, хотя сорта этих групп не всегда отличаются высокой степенью оригинальности.

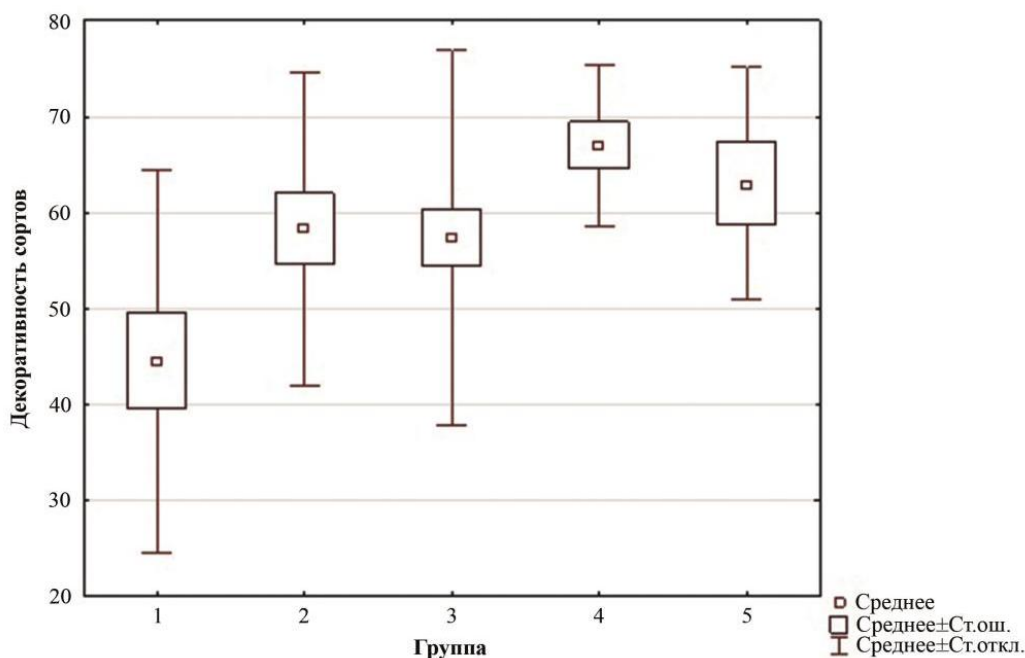


Рис. 8. Средний балл декоративности внутри садовой группы по 100-балльной шкале (Группа Кр.Краскела-Уоллиса: $H(4, N = 100) = 10,89319$ $p = ,0278$)

Примечание – 1 – плетистые (R.); 2 – чайно-гибридные (HT.); 3 – шрабы (S.); 4 – флорибунда (F.); 5 – гибриды розы Мускусной (HMsK)

При подборе перспективного сортимента роз для условий Среднего Предуралья наряду с высокими требованиями к декоративным свойствам предлагается учитывать и другие признаки: устойчивость к болезням и вредителям, устойчивость к повреждению неблагоприятными климатическими факторами (зимостойкость, устойчивость к дождю), суммарная декоративность. Для удобства все эти показатели были приведены к 5-балльной шкале.

В таблице 1 представлена суммарная оценка сортов розы по показателям, имеющим значение для оценки перспективности их использования в озеленении города Ижевска.

Для оценки перспективности использования баллы декоративности переводили из 100-балльной шкалы в 5-балльную. Размах изменчивости балла декоративности по 100-балльной шкале составляет 89, при необходимости разделения выборки на 5 классов межклассовый интервал при переводе в 5-балльную шкалу составляет 14 баллов. Результаты перевода 100-балльной шкалы в 5-балльную представлены на рисунке 9.

В результате проведенной оценки максимальное количество баллов по всем показателям составляет 14, а минимальное – 7 баллов, исходя из чего нами предлагается разделить сорта на 4 класса по перспективности использования:

1 класс – высокоперспективные сорта, рекомендуемые для использования в декоративном садоводстве без ограничений по традиционной технологии выращивания, суммарная оценка от 13 до 14 баллов;

2 класс – перспективные сорта, рекомендуемые для использования преимущественно в частном садоводстве с применением дополнительных приемов, способствующих улучшению перезимовки, суммарная оценка от 11 до 12 баллов;

3 класс – среднеперспективные сорта, нуждающиеся в дополнительной проверке, суммарная оценка от 9 до 10 баллов;

4 класс – неперспективные сорта, суммарная оценка от 7 до 8 баллов.

Сводная таблица оценки перспективности сортов розы

Садовая группа	Сорт	Устойчивость к болезням и вредителям	Устойчивость к абиотическим факторам	Декоративность	Сумма баллов
Плетистые	Palais Royal	4	2	1	7
	Camelot	4	3	3	10
	Krasnyi Majak	5	4	3	12
	New Dawn	3	4	4	11
Чайно-гибридные	Angelique	2	4	5	11
	Bolshoi Teatr	5	4	3	12
	Prestige	2	4	3	9
	Troika	2	4	5	11
Шрабы	Young Lycidas	5	3	3	11
	Confetti	2	4	3	9
	Decor Arlequin	4	4	4	12
	Fisherman's Friend	4	4	3	11
	Fuchsia Meillandecor	2	4	5	11
	Gartnerfreude	5	4	3	12
	Morden Centennial	5	4	3	12
	Nadia Meillandecor	4	4	3	11
	Patte de Velours	4	4	4	12
	Prix P. J. Redoute	3	4	4	11
	Reine Sammut	5	4	5	14
	Yellow Fluorette	4	3	5	12
	Leonardo da Vinci	4	5	5	14
Флорибунда	Lilli Marleen	3	4	4	11
	Sweet Blondie	3	4	4	11
Гибриды розы Мускусной	Trende Babylon Eyes	5	3	4	12
	Fancy Babylon Eyes	5	4	5	14

В соответствии с этим сорта распределяются по перспективности в следующие классы (табл. 2).

Так, к неперспективным относятся сорта из группы плетистые. Сорта, нуждающиеся в дополнительной проверке, распределяются между садовыми группами шрабы и чайно-гибридные. Наиболее многочисленным является перспективные сорта, в него входит 16 сортов роз из разных садовых групп. Данные сорта можно рекомендовать для частного садоводства.

К высокоперспективным относятся 3 сорта (LeonardodaVinci, Fancy Babylon Eyes, Rein Sammut) из разных садов групп: флорибунда (F.), шрабы (S.) и гибриды розы Мускусной (HMSk.). Данные сорта характеризуются высокими декоративными качествами, обильным и продолжительным цветением, высокой зимостойкостью, сравнительно низкой поражаемостью болезнями и вредителями.

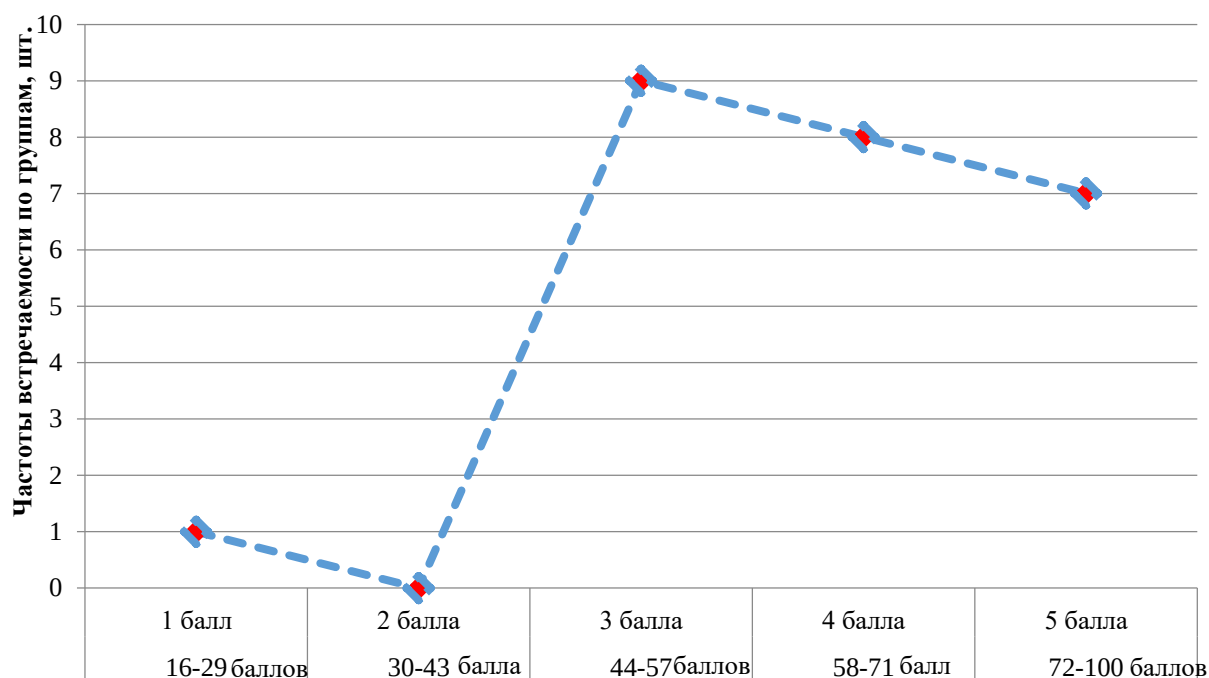


Рис. 9. Распределение сортов розы по декоративным качествам по 100-балльной и 5-балльной шкалам

Таблица 2

Распределение сортов розы по степени перспективности

Группа перспективности	Количество сортов	Сорта
Высокоперспективные для промышленного цветоводства	3	Leonardo da Vinci, Fancy Babylon Eyes, Reine Sammut
Перспективные для частного цветоводства	16	Angelique, Troika, Bolshoi Teatr, New Dawn, Camelot, Krasnyi Majak, Yellow Fluorette, Decor Arlequin, Patte de Velours, Lilli Marleen, Trende, Babylon Eyes, Gartnerfreude, Morden Centennial, Prix P.J. Redoute, Fuchsia Meillandecor, Sweet Blondie
Среднеперспективные	5	Prestige, Young Lycidas, Nadia Meillandecor, Fisherman's Friend, Confetti
Неперспективные	1	Palais Royal

Выводы

По итогам проведенной комплексной оценки садовых роз выделены высокоперспективные сорта – Reine Sammut, Leonardo da Vinci, Fancy Babylon Eyes, характеризующиеся высокими декоративными качествами, высокой зимостойкостью, сравнительно низкой поражаемостью болезнями и вредителями, которые рекомендуются для озеленения городов умеренно-континентального климата. Все изучаемые сорта относятся к 5 садовым группам и являются наиболее популярными в декоративном садоводстве. Основную часть занимают сорта из группы шрабы, а по срокам цветения в коллекции преобладают сорта среднего срока цветения. Большинство сортов в коллекции представлены с красно-розовой окраской.

Фенологические изменения сортов роз в разные годы происходят в зависимости от погодных условий. Подтверждено, что фаза начала вегетации не является уникальным признаком какой-то конкретной садовой группы. Во всех садовых группах встречались сорта

и с более ранним и с более поздним началом вегетации. Самым продолжительным цветением отличались сорта роз из группы чайно-гибридных (НТ.) и флорибунда (F.) и гибриды розы Мускусной (НМsk). Исходя из данных фенологических наблюдений за 2019–2022 гг., установлено, что большая часть изучаемых сортов роз (24 сорта из 25) адаптировались к условиям Среднего Предуралья, и ежегодно проходят здесь все фазы развития.

Наибольшей устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды обладают сорта роз из группы гибриды розы Мускусной (НМsk), флорибунда (F.) и некоторые сорта из группы шрабы (S.) Наименьшей устойчивостью обладают сорта из группы чайно-гибридные (НТ.) и плетистые (R.).

Высокой декоративностью обладают сорта роз из группы флорибунда (F.), шрабы (S.) и гибриды розы Мускусной (НМsk).

Сорта, относящиеся к перспективной группе, можно рекомендовать для частного садоводства, а также использовать в озеленении города с применением высокого уровня агротехники и специальных конструкций для укрытия в зимний период.

Авторы выражают огромную благодарность Черемных Екатерине Николаевне за помощь в проведении исследований.

Список литературы

1. Барская Е. И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозостойкостью древесных растений. М.: Наука, 1967. 223 с.
2. Безуглова О. С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.
3. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. М.: Наука, 1974. 139 с.
4. Былов В. Н. Основы сортоизучения и сортооценки декоративных растений при интродукции Бюл. ГБС АН СССР. 1971. Вып. 81. С. 69.
5. Былов В. Н., Михайлов Н. Л., Сурина Е. И. Розы. Итоги интродукции. М.: Наука, 1988. 440 с.
6. Былов В. Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений // Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. М.: Наука, 1978. С. 69–77.
7. Вредители и болезни декоративных растений. К.: Наукова думка, 1977. 136 с.
8. Годнев Т. Н., Лемпицкая Г. А. К методике определения пигментов в хлоропластах растений // Физиология растений. М.: Наука, 1965. Т. 12. Вып. 3. С. 554–557.
9. Шкаликов В. А., Белошапкина О. О., Букреев Д. Д. Защита растений от болезней. М.: КолосС, 2010. 404 с.
10. Зимостойкость садовых роз и способы ее повышения // Защитное лесоразведение на Северном Кавказе. Новочеркасск, 1990. 197 с.
11. Иваненко Б. И. Фенология древесных и кустарниковых пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 184 с.
12. Игнатов А. Н., Егорова М. С., Ходыкина М. В. Обзор основных направлений распространения и усиления вредоносности бактериозов растений в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2015. № 5. С. 6–10.
13. Ижевский С. А. Розы. М.: Сельхозиздат, 1958. 335 с.
14. Ильминских Н. Г., Баранова О. Г., Пузырев А. Н. Конспект флоры г. Ижевска и его окрестностей // Природа Ижевска и его окрестностей. Ижевск, 1998. С. 81–170.
15. Инбакулова К. И. Изучение действия ионизирующей радиации на изменчивость садовых роз: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15. Акад. наук КазССР. Алма-Ата, 1974. 24 с.
16. Клименко В. Н., Клименко З. К. Розы. Симферополь: Изд-во Таврия, 1974. 206 с.
17. Клименко В. Н., Клименко З. К. Методика первичного сортоизучения садовых роз. Ялта, 1971. 21 с.

18. Клименко З. К., Рубцова Е. Л. Розы: (интродуцированные и культивируемые на Украине): каталог-справочник. К.: Наукова думка, 1986. 212 с.
19. Коновалов И. Н. Об изменении характера роста и устойчивости растений в связи с условиями существования // Проблемы эволюционной физиологии растений. Л.: Изд-во физиологии растений им. К. А. Тимирязева, 1974. С. 126–128.
20. Коробов В. И. Эффективный способ размножения роз // Декоративные растения для зеленого строительства. Новосибирск: Наука, 1986. С. 26–31.
21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 6 (декоративные культуры). М.: Колос, 1968. 223 с.
22. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. М.: Агропромиздат, 1987. 250 с.
23. Неверова О. А., Егорова И. Н. Оценка качества плодов шиповника (*Rosa majalis* Herrm), произрастающего на природном отвале угольного разреза в условиях Кемеровской области // Техника и технология пищевых производств. Кемерово, 2015. Т. 38, № 3. С. 139–146.
24. Пат. RU 2244916 Способ определения хлорофилла в растениях гречихи / Лобков В. Т., Наполова Г. В.; патентообладатель Орловский гос. аграр. ун-т. № 2003120313/04; заявл. 02.07.2003; опубл. 20.01.2005. Бюл. № 2.
25. Пашина М. В. Анатомо-гистохимические особенности роз при интродукции в лесостепном Прииртышье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 16 с.
26. Природа Удмуртии / под ред. А. И. Соловьева. Ижевск: Удмуртия, 1972. 398 с.
27. Рагавцев В. А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности и качеству. Санкт-Петербург: Изд-во ВИР, 1997. 50 с.
28. Русанов Н. Ф. Метод родовых комплексов в интродукции растений и его дальнейшее развитие // Бюл. Глав. ботан. сада АН СССР. 1956. Вып. 7. С. 31–36.
29. Семенова Е. Ф., Меженная Н. А., Преснякова Е. В. Анатомо-морфологические особенности лепестков как эфирноносных структур цветков представителей рода *Rosa* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. Пенза: ПГУ, 2014. № 3(7). С. 5–17.
30. Серебряко И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М., 1962. 379 с.
31. Синадский Ю. В., Козаржевская Э. Ф., Мухина Л. Н. Болезни и вредители растений-интродуцентов. М.: Наука, 1990. 266 с.
32. Федоров А. В., Ардашева О. А., Черемных Е. Н. Биоэкологические особенности и декоративность сортов роз в коллекции Удмуртского ФИЦ УрО РАН // Цветоводство: история, теория, практика: сборник статей IX Международ. науч. конф., (Санкт-Петербург, 7–13 сент. 2019 г.). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2019. С. 147–152.
33. Физиология и биохимия многолетних трав на Севере. Л.: «Наука», Ленинградское отделение, 1982. 144 с.
34. Хвостова И. В. Взаимодействие компонентов в системе «генотип-среда» // Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодового садоводства на Северном Кавказе. Краснодар, 2001. С. 67–76.
35. Черемных Е. Н., Ардашева О. А., Федоров А. В. Чайно-гибридные розы в коллекции отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Ижевск, 2021. № 4 (68). С. 40–45.
36. Шишкин О. К. Испытание роз в условиях Среднего Урала // Бюллетень ГБС. М.: Наука, 1977. Вып. 106. С. 38–42.
37. Юрко С. В. Сравнительное изучение роста, развития и декоративных качеств сортов розы (*Rosa* L.) различных садовых групп в условиях Московской области // автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08. Плодоводство, виноградарство. М., 2013. 23 с.

38. *Ardasheva O. A., Sergeeva K. S., Fedorov A. V., Zorin D. A., Lekontseva T. G.* The effect of silicon oxide on the growth and development of Fancy Babylon Eyes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. p. 1154.
39. *Seitadzhieva S., Gulevich A. A., Yegorova N., Nevkrytaya N., Abdurashytov S., Radchenko L., Pashtetskiy V., Baranova E. N.* Viral Infection Control in the Essential Oil-Bearing Rose Nursery: Collection Maintenance and Monitoring // Horticulturae. 2022. 8. 629. P. 1–21.
40. *Scuderi G., Golmohammadi M., Cubero J., López M.M., Cirvilleri G., Llop P.* Development of a simplified NASBA protocol for detecting viable cells of the citrus pathogen *Xanthomonas citri* subsp. *citri* under different treatments // Plant Pathology. 2010. Vol. 59. P. 764–772.
41. *Horst R. K.* Westcott's Plant Disease Handbook. Boston, MA: Springer, 2001. P. 65–530.
42. *Maredia K. M., Dakouo D., Mota-Sanchez D.* Integrated Pest Management in the Global Arena. Wallingford, UK: CABI Publ., 2003. 560 p.
43. *Modern Roses.* London: Academic Press, 11, 2000. 638 p.
44. *Ozturk A., Bastas K. K.* Effects of Climate Changes on Rose Fungal and Bacterial Diseases in Landscape Areas of Konya Province, Türkiye // Selcuk J. Agr. Food Sci. (2022). 36 (Special Issue). P. 59–64.

Поступила в редакцию 27.02.2025 г.

Ardasheva O. A., Fedorov A. V. Comprehensive assessment and prospects of rose varieties for landscaping in the Middle Urals. – The paper presents the results of a comprehensive study of the bioecological and decorative characteristics of varieties of the genus *Rosa* L. with subsequent selection of the most promising ones that can be used to expand the composition of plants used in urban landscaping in the Middle Urals. It was revealed that phenological changes in rose varieties in different years occur depending on weather conditions, and the beginning of the vegetation phase is not a unique feature of any particular garden group. Rose varieties from the group of hybrid musk roses (HMs), floribunda (F.) and some varieties from the shrub group (S.) have the greatest resistance to biotic and abiotic environmental factors. Varieties from the group of hybrid tea (HT.) and climbing (R.) have the least resistance. Floribunda (F.), shrub (S.) and musk rose hybrids (HMs) had high decorative value, which is explained by a long flowering period, greater abundance of flowering due to a large number of flowers blooming simultaneously, although varieties of these groups are not always distinguished by a high degree of originality. A direct and strong correlation was found between the indicators of plant damage by powdery mildew and damage by aphids.

Key words: roses, environmental factors, variety, weather conditions, urbanism, landscaping.

Ардасьева Ольга Альбертовна

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник ФГБУН «Удмуртский
федеральный исследовательский центр УрО РАН»,
г. Ижевск, РФ.
E-mail: o.ardasheva@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-6828-4802
AuthorID: 808095

Ardasheva Olga Albertovna

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher of the Federal State Budgetary
Institution of Science "Udmurt Federal Research Center of
the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences",
Izhevsk, Russian Federation.

Федоров Александр Владимирович

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

Fedorov Aleksandr Vladimirovich

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

© Е. А. Гермонова¹, А. И. Сафонов²**ПРОГНОЗНЫЙ СЦЕНАРИЙ ФАКТОРА ПОЛЕМОСТРЕССА
В ДОНБАССЕ НА ОСНОВАНИИ ФИТОМОНИТОРИНГА**¹ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
Россия, 283000, ДНР, г. Донецк, ул. Артема, 58²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Гермонова Е. А., Сафонов А. И. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга. – По результатам проведенного фитоиндикационного мониторинга состояния экотопов на 2023 г. для территории Донбасса, а также добавленных за 2024 г. фрагментарных сведений, построена территориально-пространственная модель фонового накопленного вреда для растений-индикаторов и сделан прогноз состояния экотопов на 2025–2027 гг. по формированию континуального добавления фактора полемостресса. Выделенный фактор (ввиду стагнации крупного металлургического производства) военных событий (полемостресс) определен по состоянию на прогнозируемые 2026 и 2027 гг. как ведущий в системе трансформации экотопов Центрального Донбасса. Прогнозируется увеличение площади поражения полемострессом и уменьшение площади деградативных проявлений фитоиндикационной значимости, вызванных промышленным техногенезом. Урбогеосистемы сохраняют за собой статус высокого экологического напряжения в условиях Северного Приазовья.

Ключевые слова: картографирование, фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг, тератогенез растений, ГИС, диагностика ландшафтов, полемостресс.

Введение

Оценка ландшафтных комплексов с высоким уровнем урбанизации [5, 31, 36] и(или) нарушенности вследствие техногенеза [8, 12, 40], как правило, должна включать наземные способы наблюдения в дистанционном спутниковом эквиваленте [3, 4, 25, 37, 41] с профессиональной дешифровкой и прочтением полученных образцов, а также результаты детального полевого обследования местности [7, 10, 13, 21, 24, 29]. Изучение балансового состояния эдафического компонента природных сред [9, 17, 28] имеет приоритет в научном интересе [23, 26, 32, 39] и при проведении квантификационных работ по уровню трансформации или возможной саморегуляции территориальных единиц геосистем [16, 27, 38]. Однако растительный покров при этом выполняет как диагностическую [8, 11, 20–22], так и оптимизационно-восстановительную функцию [5, 7, 13, 14, 41], устраняя деградативные процессы и нежелательные изменения, возникающие в природных средах в результате антропогенеза [6, 15, 30, 38]. При этом информация о состоянии экотопов по данным фитомониторинга является важной на протяжении всех периодов эксплуатационных работ территории: при нормировании антропогенной нагрузки, установлении пределов выносливости природно-территориального комплекса или даже полном запрете вмешательства человека (как, например, в зонах радиоактивного поражения или заповедных объектов разного статуса сохранности).

Цель работы – основываясь на совокупность эмпирических данных о состоянии локальных экосистем Центрального Донбасса, выделив тенденции появления новых фитопатологических эффектов, осуществить краткосрочный прогноз на 2–3 вегетационных сезона по характеру проявления фактора полемостресса в условиях картографически анализируемой мониторинговой сети.

В предложенной ранее модели состояния экосистем Донбасса по критериям структурной фитоиндикации [19, 34, 35] усиливающаяся форма воздействия в результате

милитаризации местности играет важную динамическую функцию в две волны напряжений: с 2014 и 2022 гг. [1, 2, 18, 33, 42, 43].

Материал и методы исследования

В основу геоинформационного анализа и последующего процесса картографирования положена сеть из 113 постов наблюдений (узлов, учетных площадок) за растительными объектами – мониторинговый полигон территории Центрального Донбасса [18]. Используются методические подходы по геоинформационному зонированию территории разного уровня антропопрессии [4, 6, 41], оценке устойчивости ландшафтных компонентов [9, 13, 24, 38], токсикологическому анализу природных сред [10, 23, 28, 29, 40], разработке и проверке диагностических критериев уровня трансформации почвенного и растительного покрова экологически напряженных территорий [3, 7, 25, 31, 39, 40]. Основным суммационный критерий неблагоприятных факторов воздействия сопряжен с показателями разнокачественности структурной организации растений-индикаторов [19] на уровне патологий (тератных и(или) нетипичных проявлений) [2, 18, 33, 34] строения вегетативных и генеративных органов фитоиндикаторов в условиях геохимически контрастной местности [35, 42, 43].

Работа является продолжением исследований по идентификации факторов полевостресса в период военного конфликта на территории Донбасса [1, 2, 18, 19] с выделением зон резких деградативных или геохимически нетипичных (аномальных) участков на исследуемой территории [33, 35, 42, 43], установленных на высокоточном оборудовании ведущих химико-аналитических лабораторий России по фитообразцам из мониторинговой сети. Для такого рода целевого назначения использованы растения, индикаторная значимость которых по структурно-функциональным преобразованиям основывается также на морфологической пластичности при высоких уровнях загрязнений. Как правило, это сорно-рудеральная фракция урбанofлоры региона, однако она анализируется на основании методов активного экологического мониторинга для реализации фитоиндикационных полевых экспертиз.

Поскольку в 2024 г. осуществить полномасштабный территориальный эксперимент удалось только для некоторых учетных площадок, а возможности детальных перемещений в 2025 г. существенно ограничены для коллектива исполнителей, то поставленная задача прогноза устойчивых тенденций представляется актуальной, в том числе с целью отработки методики формирования разных способов прогнозных сценариев с помощью ГИС-технологий и имеющихся способов картографирования, а также внедрения планируемой технологии импутации пропущенных данных в рамках имеющегося математического алгоритмизированного аппарата в работе Азово-Черноморского математического центра [33]. Поскольку геоинформационное поле в результате ГИС-анализа может включать более 3 млн значений в одном слое, то при прогнозном картографировании можно получить визуализацию с точностью до 0,5–1,5 км на ближайшие 2–3 года, используя результаты устойчивых тенденций предыдущих колебаний такого же периода детального наблюдения. Хотя, безусловно, речь идет о фоновых преобразованиях в фитосреде и не учитывает возможных резких изменений в результате непредсказуемо возникающего нео-дополнительного фактора, имеющего нулевую активность на момент начала прогноза.

Результаты и обсуждение

Пространственное распределение фонового значения «накопленного вреда» по фитоиндикационному критерию (рис. 1) в доминирующем статусе проявлений атипичного полиморфизма информативных видов преимущественно отражает картину высоких уровней урбанизации и техногенного вмешательства в развитие и функционирование природных ландшафтов региона. Используемые критерии 5-ступенчатых диапазонов собирательного показателя для анализируемого визуального эффекта рабочим эмпирическим являются наиболее демонстративными в таком способе рассмотрения результатов для публикации. По

сравнению с большим или меньшим значением интервальных диапазонов 5-ступенчатая система дает градуированное представление о зонировании всей территории по критерию фитомониторинговой информативности.

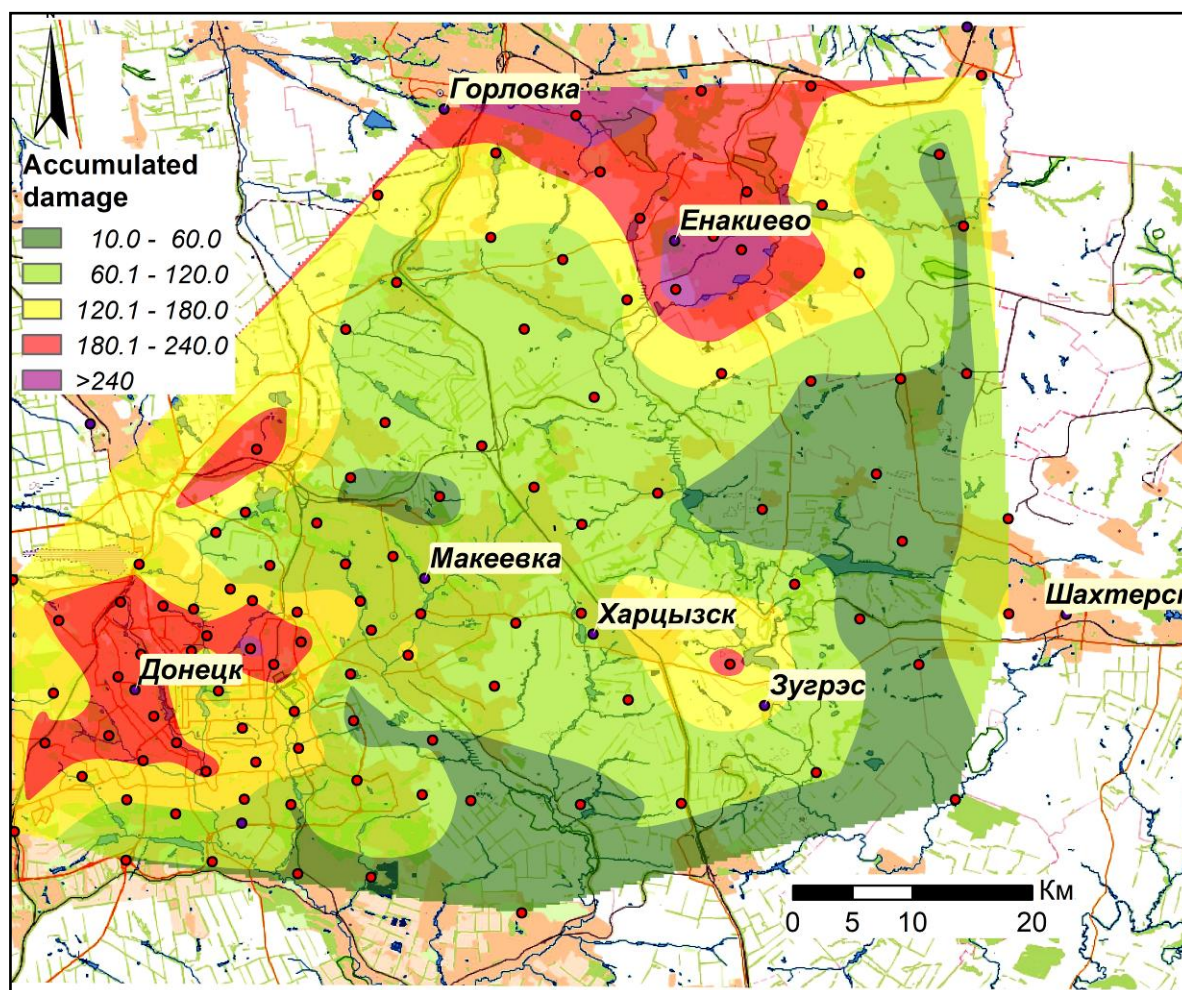


Рис. 1. Модель пространственного 5-интервального распределения значений накопленного вреда по фитоиндикационному критерию на момент до начала прогнозирования (2023–2024 гг.)

Для пространственного моделирования фоновых эффектов накопленного вреда по фитоиндикационным критериям была также разработана специальная цветовая палитра, логически соответствующая уровням в системе «норма – патология»: от оттенков зеленого, через желтый до красного, завершая уровнем критического беспокойства в индицируемых системах – фиолетового цвета. Нужно отметить, что даже на конец 2024 г. сбора и анализа материалов выделяется линия транsekты полевостресса по границе в зоне соприкосновения конфликтующих сторон в активных боевых действиях (от Авдеевки и Ясиноватой до Горловки), такая линия не была отмечена за период 2014–2022 гг., поскольку доминирующим в индикационной тератологии растительных объектов оставался фактор индустриализации и загрязнений, связанных с хозяйственной деятельностью человека, исторически сложившейся для промышленно развитого Донбасса.

Картографическая визуализация с использованием 5-ти диапазонов по всей шкале варьирования суммационного признака фитомониторингового содержания (рис. 1 и 2) указывает на континуальность в оценке фоновых процессов индикационной пластичности видов растений, увеличение которой свидетельствует о наличии стресс-индуцируемого фактора при достоверном росте аномалий: кроющих трихом, атипичного строения зародышевого аппарата, устьичной системы и околоустьичных клеток на поверхности листовой пластинки, в строении пыльцевых зерен, конформационных и поверхностных тканей плодов. При анализе имеющихся эффектов в строении уже сформированных органов

или частей органов высказано предположение, что большинство тератных проявлений наблюдается на стадии дифференциации клеток в группах меристематических тканей по анализу точек роста в области верхнего и нижнего концевого двигателя, а также при проведении фитотестирования на собранных семенах растений-индикаторов.

Визуализация прогнозного сценария основывается на двух тенденциях при условии сохранения тех же диапазонов варьирования внутри общей системы суммационного эффекта: 1) увеличение фактора полемостресса на прифронтовой территории с диффузным проникновением вглубь мониторинговой сети Центрального Донбасса, 2) возможное уменьшение остаточных эффектов влияния факторов техногенеза ввиду их полной или частичной консервации в регионе. Линия полемостресса будет увеличиваться и при детальном рассмотрении может быть дифференцирована новой шкалой неравномерных эффектов, которые в первую очередь, по-видимому, обусловлены орографией местности.

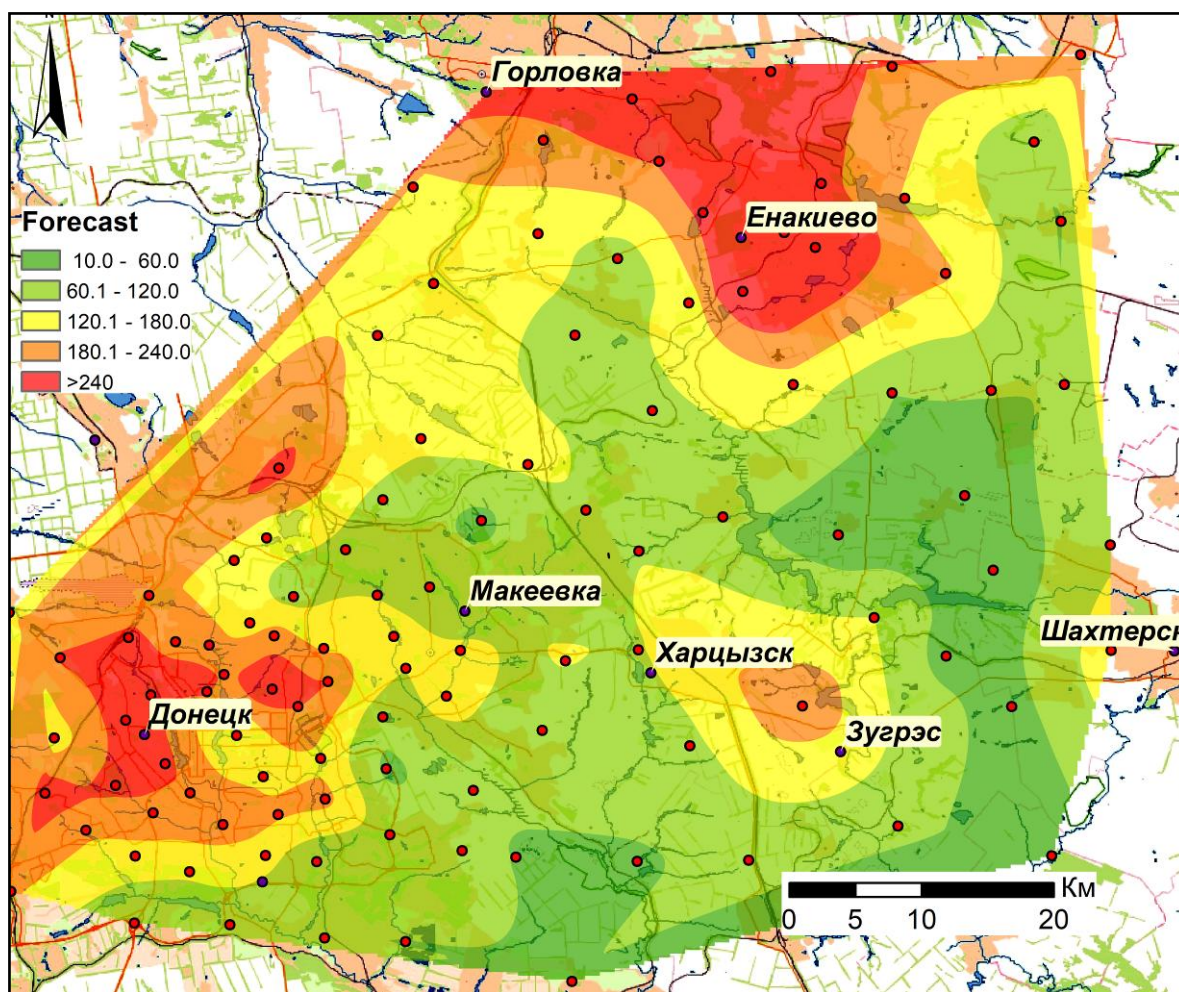


Рис. 2. Прогнозная модель пространственного 5-интервального распределения значений фитоиндикационного критерия на период 2025–2027 гг.

Цветовая гамма прогнозной модели была добавлена оранжевым интервалом, поскольку максимальный критерий увеличил существенно свои площадные характеристики. Именно оранжевый цвет (рис. 2) отражает динамизм ситуации по территориальной диффузии неблагоприятного фактора полемостресса на большие территории, что, безусловно, может проявиться только при сохранившихся тенденциях воздействия на природно-территориальные комплексы в Центральном Донбассе.

Процент средних и высоких значений для территорий экологического напряжения в ближайшие 2–3 года может увеличиться на 17–22 показателей для всей территории наблюдений, при этом прогнозируется и высокий адаптационный процесс при индуцированном создании стресс-устойчивых популяций, что может снизить резко

проявляющуюся тератогенную тенденцию и перевести эффекты атипичного строения в хроническое состояние соматических модификаций, не наследующихся, но регистрируемых для большинства анализируемых видов на визуально определяемом в полевых условиях уровне экспресс-оценки и при лабораторно-диагностических камеральных исследованиях в процедуре ботанико-экологической экспертизы модельных экотопов региона.

Функционально анализируемое относительное благополучие восточной и северо-восточной части Макеевской агломерации предположительно объяснимо специфической розой ветров в вегетационный период, что формирует условие для обоснования высоких уровней структурных фитопатологий в восточной и центральной частях Донецка. Увеличивающаяся зона влияния Харцызско-Зугрэсского промышленного узла на индикационные признаки растений, по-видимому, связана с интенсификацией промышленного сектора и(или) работы топливно-энергетического комплекса в Донецкой Народной Республике за регистрируемый период наблюдений.

Принципиально важным является факт, что индикаторные проявления имеют разный вектор трансформационных процессов в растительном организме при, во-первых, повышенном уровне антропогенной нагрузки техногенного характера и загрязнений, во-вторых, возникающих структурных фитопатологий в результате милитаризационного процесса. Фактор полемостресса в большей степени вызывает изменения в генеративной системе индикаторных видов: зародышевый аппарат, семядольные конформации (схизокотилия, синкотилия), существенные изменения в морфологии зародышевого корешка и характера его развития на начальных стадиях прорастания, высокий процент тератологии пыльцевых зерен и недоразвития плодов в целом по факту их созревания и сохранения возможности возобновления в следующем вегетационном периоде. Такие воздействия угнетают репродуктивные возможности растений, осуществляемые половым путем, и стимулируют вегетативное возобновление. При этом меняется стратегия выживания видов на ценопопуляционном уровне при смещении от типичных эксплерентов в сторону патиентизации и стресс-устойчивости.

По-видимому, механизм адаптации к нео-антропогенным факторам требует изучения на генно-молекулярном уровне. Однако на макроуровне фенологических трансформаций происходит более масштабный процесс видимых в полевых условиях преобразований, который также может быть положен в основу дифференциального поиска мутационных идентификаций по уже первоначально выявленным признакам отклонения от нормы при условии их наследования в следующих поколениях.

Выводы

На современном этапе состояния природных экосистем Донбасса с 2022 г. отмечен неопатогенный фактор воздействия на индикаторные характеристики растений, используемых в диагностических мониторинговых целях, – полемостресс, при идентификации которого в прямом или опосредованном вмешательстве в естественные биогеохимические процессы наблюдается специфическая структурная гетерогенность фитоиндикаторов.

Процесс первичного прогнозирования с картографической визуализацией на последующие три года был основан на учете основных динамических тенденций за предшествующий такой же временной период при детальной оценке трансформации индикаторных фитосистем, традиционно используемых в Донбассе более 25 лет при идентификации техногенных нарушений.

При сохранившихся формах милитаризации в регионе уровень полемостресса в прифронтовых зонах будет неравномерно увеличиваться, а в тыльных районах уровень техногенеза – уменьшаться. Проверка такой визуализации и картографирования требует дальнейшего расширения математических приемов в анализе данных.

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

Список литературы

1. Гермонова Е. А., Сафонов А. И. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полевостресс в Донбассе // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров: Вятский государственный университет, 2023. С. 36–41. EDN: FWJYJH.
2. Гермонова Е. А., Сафонов А. И. Детализация результатов фитомониторинга полевостресса в Донбассе с использованием ГИС-технологий // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 8–14. EDN: KESXAO.
3. Добрецов Н. Н., Лазарева Е. В., Литвинов В. В., Айтекенова Д. А., Кириченко И. С., Мягкая И. Н. Природные и техногенные аномалии потенциально токсичных элементов в почвах вокруг ТМО Коунрадского рудника: предварительные исследования территории методами ГИС и ДЗ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2024. № 4–1(60). С. 11–25. DOI: 10.20403/2078-0575-2024-4a-11-25. EDN: HDWBWD.
4. Епринцев С. А. Глава 6. Геоинформационное зонирование территории городов Центрального Черноземья по экологическим рискам загрязнения воздушного бассейна // Экологические риски аэротехногенного загрязнения промышленных городов Центрального Черноземья. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2024. С. 223–252. EDN: ZKZQGV.
5. Епринцев С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В., Виноградов П. М. Зеленые 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.
6. 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.
7. Калинина А. В., Гермонова Е. А. Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 28–34. EDN: KDDDU.
8. Калинина Ю. С. Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм: новые горизонты исследований. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. С. 41–43. EDN: WQEFUE.
9. Колесников А. А., Косарев Н. С., Резник А. В., Немова Н. А., Астапов А. М., Кропачева М. К. Автоматизация определения контуров техногенно нарушенных территорий по данным открытой спутниковой съемки // Геодезия и картография. 2024. Т. 85, № 11. С. 25–34. DOI: 10.22389/0016-7126-2024-1013-11-25-34. EDN: GSXUIQ.
10. Кузина А. А., Храпай Е. С., Колесников С. И., Минникова Т. В., Казеев К. Ш. Определение пределов устойчивости экосистемных функций горно-луговой черноземовидной почвы при загрязнении цинком // Биосфера. 2024. Т. 16, № 3. С. 352–359. DOI: 10.24855/biosfera.v16i3.943. EDN: JCNDUFU.
11. Мирненко Н. С. Качество пыльцы *Ambrosia artemisiifolia* L. как показатель состояния городской среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 14–19. DOI: 10.5281/zenodo.13949282. EDN: BYGAKF.
12. Мирненко Э. И. Качество поверхностных вод в оценке состояния прудов Донбасса // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. С. 43–45. EDN: IPWUKL.
13. Пендюрин Е. А., Сапронова Ж. А., Святченко А. В., Здоровцов В. А. Реставрационно-ландшафтное восстановление нарушенных территорий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2024. № 2(92). С. 44–52. DOI: 10.17277/voprosy.2024.02.pp.044-052. EDN: IXWYMS.
14. Пирко И. Ф., Корниенко В. О. Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды злаков для придорожного озеленения Донецко-Макеевской

- агломерации // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 65–78. DOI: 10.5281/zenodo.13758407. EDN: NZBGNN.
15. Пирко И. Ф., Корниенко В. О. Ресурсы флоры Юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды порядка Злакоцветные (Poales small) для озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 24–37. DOI: 10.5281/zenodo.14532037. EDN: JJBGYH.
 16. Розенберг И. Н., Дулин С. К. О формировании геопространственных знаний на основе преобразования геоописаний // Мир транспорта. 2024. Т. 22, № 2(111). С. 6–11. DOI: 10.30932/1992-3252-2024-22-2-1. EDN: GMGSDR.
 17. Савин И. Ю., Орлова К. С., Аветян С. А. Карта антропогенной нарушенности почв России // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 515, № 1. С. 132–137. DOI: 10.31857/S2686739724030168. EDN: FZUZDS.
 18. Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Динамика фитоиндикационных показателей по картографическим данным в Донбассе (2013–2023 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 4. С. 6–17. EDN: PIVHWY.
 19. Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 1. С. 98–104. EDN: PHAMBN.
 20. Сафонов Р. А. Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 38–44. DOI: 10.5281/zenodo.14532148. EDN: KFZQNX.
 21. Семенщеников Ю. А. Некоторые итоги сравнительного анализа двух подходов к крупномасштабному картографированию лесной растительности в Южном Нечерноземье России // Современные проблемы экспериментальной ботаники. Минск: Колорград, 2017. С. 19–23. EDN: HFOAAM.
 22. Семенщеников Ю. А., Корсинов Р. С. Сравнительный анализ двух подходов к крупномасштабному картографированию лесной растительности в Южном Нечерноземье России // Геоботаническое картографирование. 2020. № 2020. С. 3–23. DOI: 10.31111/geobotmap/2020.3. EDN: PWZXOO.
 23. Тютиков С. Ф. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616844 Российская Федерация. Биогеохимическая аналитика почвы. № 2024615267. опубл. 26.03.2024. Институт геохимии и аналитической химии РАН. EDN: HDIGWG.
 24. Тютиков С. Ф., Ермаков В. В., Данилова В. Н. Техногенная составляющая загрязнения Мо и W в условиях горных экосистем // Исследование живой природы Кыргызстана. 2023. № 1. С. 86–90. EDN: HUBWCP.
 25. 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.
 26. 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.
 27. Erunova M. G., Yakubailik O. E. Geomorphometric analysis of agricultural areas based on the FABDEM digital elevation model // InterCarto. InterGIS. 2024. Vol. 30, No. 2. P. 252–262. DOI: 10.35595/2414-9179-2024-2-30-252-262. EDN: MDZGIA.
 28. 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, N 1. P. 57–60. DOI: 10.3103/S1068367419010075. EDN: USDWAE.
 29. 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: BFGUZZP.

30. 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.

31. Ma D., Li Yu., Huang Q., Liu B. Analysis of spatio-temporal evolution of regional settlements under the background of rapid urbanization: a case study in Sishui County, China // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 9. P. 7368. DOI: 10.3390/su15097368. EDN: VMXXPT.

32. Mahmood Sh., Naeem N., Ahamad M. I., Tariq Z., Song J. Spatial modeling of soil erosion potential in the Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush: integrated RUSLE and geospatial approaches // *Environment, Development and Sustainability*. 2024. DOI: 10.1007/s10668-024-05709-9. EDN: UIC SRL.

33. Nespirnyi V., Safonov A. The importance of principal component analysis for environmental biodiagnostics of Donbass // *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 555. P. 01007. DOI: 10.1051/e3sconf/202455501007. EDN: EQEGDI.

34. Safonov A. Assessing landscape disturbance in Donbass using phytomonitoring // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 126. P. 01031. DOI: 10.1051/bioconf/202412601031. EDN: EMSANF.

35. 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.

36. Sun Y., Chen Sh., Jiang H., Qin B., Li D., Jia K., Wang Ch. Towards interpretable machine learning for observational quantification of soil heavy metal concentrations under environmental constraints // *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 926. P. 171931. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171931. EDN: WCOZEX.

37. Tabunshchik V. A., Kluchkina A. A., Petlukova E. A., Kalinchyk I. V., Galkina M. V., Penno M. V., Nikiforova A. A. Assessment of the geomorphological basis of landscapes of the Crimean Peninsula using geoinformation technologies // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. P. 012066. DOI: 10.1088/1757-899X/905/1/012066. EDN: WJKLFB.

38. Vompersky S. E., Sirin A. A., Glukhova T. V., Tsyganova O. P., Valyaeva N. A. Current assessment of the wetland carbon pool in different constituent entities of the Russian Federation // *Contemporary Problems of Ecology*. 2024. Vol. 17, No. 7. P. 1021–1029. DOI: 10.1134/S1995425524700719. EDN: ZDPPDZ.

39. Wang J, Zhen J., Hu W., Chen S., Lizaga I., Zeraatpisheh M., Yang X. Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective // *International Soil and Water Conservation Research*. 2023. Vol. 11, No. 3. P. 429–454. DOI: 10.1016/j.iswcr.2023.03.002. EDN: SAUQKO.

40. Wu Y., Yu J., Huang Zh., Jiang Y., Zeng Z., Han L., Deng S., Yu J. Migration of total petroleum hydrocarbon and heavy metal contaminants in the soil–groundwater interface of a petrochemical site using machine learning: impacts of convection and diffusion // *RSC Advances*. 2024. Vol. 14, No. 44. P. 32304–32313. DOI: 10.1039/d4ra06060a. EDN: YKAUPA.

41. Yeprintsev 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.

42. 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.

43. Ziniovscaya I., Safonov A., Kravtsova A., Chaligava O., Germonova E. Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of

ecosystems of Donbass // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2024. Vol. 21, No. 2. P. 186–200.
DOI: 10.1134/S1547477124020158. EDN: XTYWUI.

Поступила в редакцию 25.01.2025 г.

Germonova E. A., Safonov A. I. Forecast scenario of the field stress factor in Donbass based on phytomonitoring. – Based on the results of the phytoindication monitoring of the state of ecotopes for 2023 for the territory of Donbass, as well as fragmentary information added for 2024, a territorial-spatial model of background accumulated damage for indicator plants was constructed and a forecast of the state of ecotopes for 2025–2027 was made based on the formation of a continuous addition of the polemostress factor. The selected factor (due to the stagnation of large-scale metallurgical production) of military events (polemostress) was determined as of the forecasted 2026 and 2027 as the leading one in the system of transformation of ecotopes of the Central Donbass. An increase in the area affected by polemostress and a decrease in the area of degradative manifestations of phytoindication significance caused by industrial technogenesis are predicted. Urbogeosystems retain the status of high ecological stress in the conditions of the Northern Azov region.

Key words: mapping, phytoindication, Donbass, environmental monitoring, plant teratogenesis, GIS, landscape diagnostics, polemostress.

Гермонова Екатерина Александровна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры геоинформатики, геодезии и
землеустройства ФГБОУ ВО «Донецкий
национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ
E-mail: germonova@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2966-3951
AuthorID: 818022

Germonova Ekaterina Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Geoinformatics, Geodesy and Land Management,
Donetsk National Technical University,
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
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
университет», г. Донецк, ДНР, РФ
E-mail: andrey_safonov@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9701-8711
AuthorID: 957581

Safonov Andrey Ivanovich

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

© С. П. Жуков

ИНВАЗИВНЫЙ ВИД *AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE В Г. ДОНЕЦКЕ

ФГБНУ Донецкий ботанический сад
Россия, 283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110

Жуков С. П. Инвазивный вид *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle в г. Донецке. – В работе представлены результаты исследования посадок и самосева *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Формирование самосева обычно приурочено к нарушенным землям. Проникновение *A. altissima* в зеленые насаждения приводит к разрушению структуры посадок, угнетению растений и потере их декоративности. Вырубка деревьев и раскорчевка, как и выкашивание поросли оказываются неэффективными вследствие сильной порослеобразовательной способности этого вида. Плотные заросли *A. altissima* вытесняют или блокируют произрастание других видов. Это дает основания отнести этот вид в условиях г. Донецка к категории видов-трансформеров.

Ключевые слова: Донецк, мониторинг, инвазивный вид, самосев, жизненное состояние, климат, нарушенные земли.

Введение

Климатические изменения в последние десятилетия стали реально ощутимы в г. Донецке и во всем регионе. Происходит постепенное повышение температур и наблюдается тенденция на снижение количества осадков, как и во многих других аридных регионах мира [5]. Это приводит в том числе и к изменению уровня адаптации видов древесных растений, использованных в городском озеленении. Если для обычных видов умеренного климата такие изменения сдвигают условия их произрастания все дальше от экологического оптимума, то для некоторых видов из более теплых регионов появляется обратная тенденция. Для них условия из зоны экологически пессимальных дрейфуют в сторону оптимальных, в первую очередь за счет снижения величины максимальных отрицательных температур, которые ранее были главным ограничивающим фактором развития теплолюбивых древесных растений с относительно низкой морозостойкостью. Например, в коллекции Донецкого ботанического сада (ДБС) интродуцированный в предыдущем столетии *Castanea sativa* Mill., 1768 долгое время хотя бы периодически получал обмерзание надземной части, вследствие чего у имеющегося растения сформировалась многоствольно-порослевая форма роста, которая только после 2000-х годов перестала подмерзать и стволы начали укрупняться, сформировав многоствольное дерево. На нем наблюдается регулярное цветение и образование типичных колючих соплодий, но, видимо, из-за отсутствия переопыления, плоды формируются недоразвитыми. Также в ДБС *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., 1835 периодически сильно подмерзала, особенно молодые приросты, и никогда не цвела до второй половины второго десятилетия текущего столетия. При этом соцветия к осени регулярно закладывались, но за зиму полностью вымерзали. Теперь же все чаще наблюдается как цветение, так и образование семян после мягких зим. Молодые растения еще могут подмерзать, но на крупных особях это уже существенно не отражается.

То есть можно констатировать реальное влияние климатических изменений на состояние интродуцентов в коллекциях древесных растений ДБС. Одним из таких интродуцентов является *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, 1916, имеющий азиатское происхождение. В пределах естественного ареала произрастает в широколиственных лесах. Широко используется как декоративное растение в различных странах, в результате чего культивируемые и одичавшие представители этого вида распространены по всей Европе, на Кавказе, в Центральной Азии и на Дальнем Востоке, Африке и других районах мира [10].

Может играть значительную роль в синантропных сообществах и может включаться исследователями в группу видов-трансформеров или оценивается как имеющий промежуточный статус между указанной группой и инвазионными видами [8]. Во многих странах и регионах, где этот вид появился достаточно давно, он уже признан одним из наиболее опасных инвазивных растений [2, 9, 11, 12]. Из более близких регионов можно привести пример Крыма, где этот вид обнаруживается в дичающем состоянии с 1830 года [6], а в настоящее время встречается по всему полуострову и проникает с высокой эффективностью даже на природные территории, в частности в заповедник «Мыс Мартьян» и в Карадагский заповедник, где показывает наивысшую степень естественного возобновления [1, 4]. В южных районах ДНР, в Приазовье, также наблюдается активный инвазионный процесс с участием *A. altissima*, требующий проведения ряда мероприятий для предотвращения негативных последствий [3].

Целью нашей работы является оценка текущего состояния посадок и самопроизвольно расселяющихся особей *A. altissima*, в том числе в формирующихся локальных популяциях в г. Донецке.

Материал и методы исследования

Изучение представленности и состояния особей *A. altissima* проводилось в 2020–2024 гг. на территории центральных, южных и восточных районов г. Донецка в ходе как плановых работ по изучению городских насаждений, проводимых лабораторией дендрологии ДБС, так и по факту обнаружения автором новых особей или популяций этого вида. Также использованы авторские данные предыдущих лет. При этом отмечалось жизненное состояние, наличие плодоношения, примерное количество или плотность молодых особей, источник появления (высаженные или самосевные), наличие следов вырубki или раскорчевки и восстановления после этого, повреждения растений морозами, пожарами и внешними факторами. Жизненное состояние оценивал как хорошее для здоровых растений, возможно с мелкими сухими ветвями, стволом без повреждений, при соответствии формы кроны видовой, иногда с уменьшением роста растений. Удовлетворительная оценка – при начале усыхания верхушечного прироста скелетных ветвей, суховершинности и усыхании отдельных боковых ветвей, наличии жирующих побегов и не угрожающих жизни повреждений и дупел. Для неудовлетворительной оценки требовалось массовое усыхание скелетных ветвей, полное изменение формы кроны, массовый рост побегов на стволах и поросли из корневой шейки, а сухостой отмечался при полном усыхании растения с отсутствием поросли [6]. Отмечали также местонахождения на закрытых территориях, предприятиях, огороженных площадках, сложных формах рельефа и т. п. В таком случае оценка проведена глазомерно на доступных точках обзора.

Результаты и обсуждение

Восточноазиатский вид *A. altissima* в начале своего использования в озеленении г. Донецка во второй половине двадцатого века был недостаточно полно адаптирован к региональным условиям, в частности к низким зимним температурам, при этом подмерзали верхушки и молодые особи, а его самостоятельное расселение практически отсутствовало. Но в современных условиях, при потеплении климата в г. Донецке *A. altissima* начинает все более явно проявлять признаки инвазионного вида, начиная от агрессивного распространения и долговременного удержания территории до успешного произрастания в самых разнообразных почвенных условиях, в том числе на техногенных неплодородных субстратах каменистого состава.

Мониторинг инвазивно опасных видов является необходимым элементом их контроля. На рисунке 1 представлен участок центральных районов г. Донецка к востоку от ДБС, где городская территория чаще других районов оказывалась в зоне проведения исследований. Несмотря на то, что физически проведено обследование порядка только одной десятой показанной площади, но даже при этом было выявлено около 70 местонахождений

A. altissima, распределенных по всему очерченному району, и при дообследовании территории можно ожидать как увеличения точек нахождения этого вида, так и более равномерного охвата им территории города. За пределами представленного на рисунке выдела также имеются местонахождения *A. altissima*, но ввиду более редких поездок в эти места там они отмечены в меньшем количестве. Тем не менее имеются как высаженные при озеленении взрослые плодоносящие, так и саморасселившиеся особи. Например, два местонахождения с небольшими группами плодоносящих деревьев, вероятно высаженных, расположены вдоль маршрута 18 автобуса в Буденновском и Пролетарском районах города, от которых идет разнос семян и появление самосева, вдоль маршрута 10 трамвая имеется прерывистая линия самосева и взрослая особь на выезде из Донецкого завода высоковольтных опор. Неоднократно отмечен айлант к северу вдоль берегов Нижнекальмиусского водохранилища. С западной стороны, в Ворошиловском районе, самосев *A. altissima* уже более десяти лет назад мы фиксировали на породном отвале у стадиона «Шахтер». Так же он имеется в Ленинском районе на безымянном кладбище возле шлаковых отвалов металлургического производства, вдоль дороги к «Южному кладбищу» и т. д.

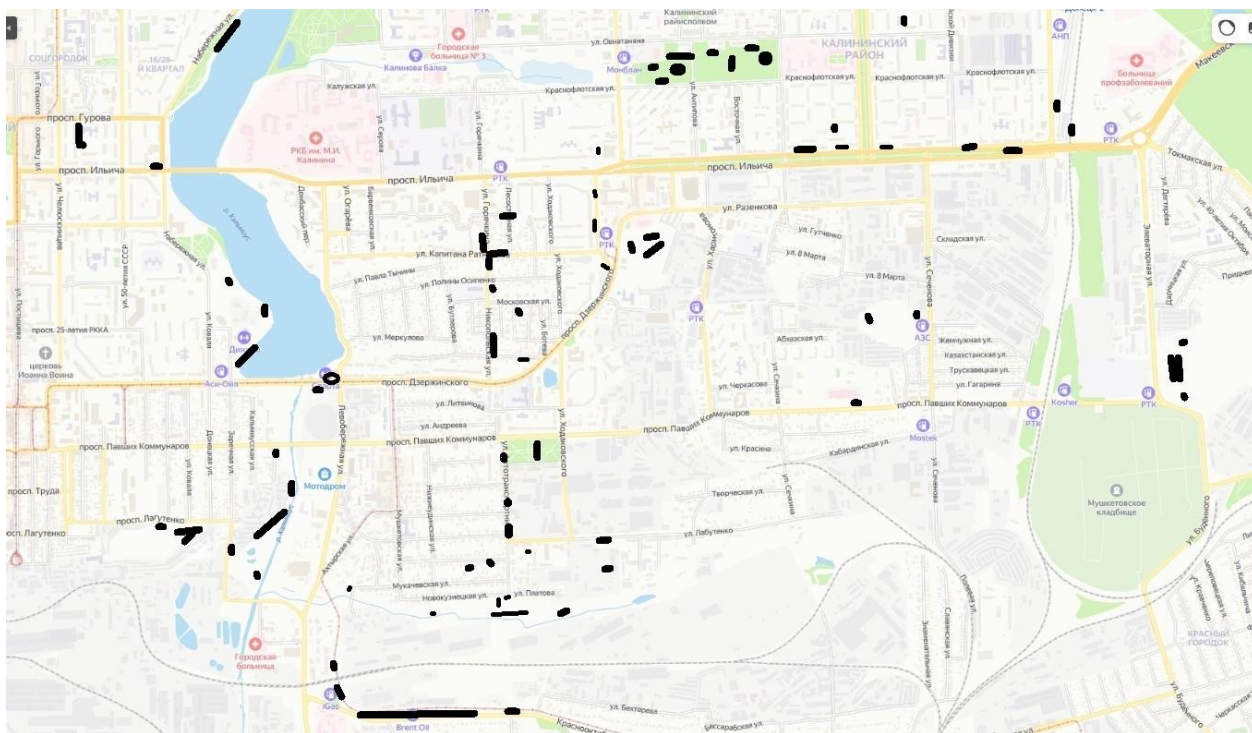


Рис. 1. Участок Калининского и Ворошиловского районов г. Донецка с наибольшим количеством выявленных в 2020–2024 гг. местонахождений *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle

П р и м е ч а н и е – черными метками обозначены местонахождения *A. altissima*

Одним из самых крупных и вероятно старых деревьев *A. altissima*, обнаруженных в ходе исследования, является экземпляр возле Дворца спорта «Спарта», расположенного у дамбы Нижнекальмиусского водохранилища (рис. 2, А). В данный момент это дерево представлено кольцевой многоствольной порослью, стволы которой у основания имеют толщину 20 см и более. Сечение комлевой части достигает метра, что предполагает диаметр исходного дерева в момент срезки порядка полуметра. Дерево находится в хорошем состоянии и плодоносит. Наличие значительного количества самосева на берегах нижней части водохранилища и далее по долине р. Кальмиус можно связать с обсеменением этим деревом.



Рис. 2. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle в Калининском районе г. Донецка:

А – самое крупное из найденных деревьев *A. altissima*, растущее возле ДС «Спарта», Б – схема участка с планово высаженными и самосевными растениями на пос. Калиновка

Примечание – Ромбиком на схеме обозначены два исходно высаженных дерева. Цифрами и зелеными прямоугольниками обозначены разные участки самосева *A. altissima*: 1 – бесхозное домовладение с густыми зарослями по периметру, 2 – самосев возле гаражей, 3 – самосев вдоль ограждения строящегося многоэтажного дома, 4 – ранее заброшенный и заросший, но расчищенный бульдозером участок, 5 – самосев вдоль идущей поверху теплотрассы, 6 – самосев на границе двух домовладений

Рассмотрим подробнее некоторые характерные особенности расселения этого вида в г. Донецке на пос. Калиновка, на которых можно наблюдать исходные высаженные деревья и разновозрастный самосев, тоже уже частично вступающий в плодоношение. В качестве примера такого местонахождения в первую очередь можно привести участок на пересечении ул. Капитана Ратникова с ул. Горячкина и ул. Никопольская (рис. 2, Б). Здесь имеется два исходных взрослых дерева *A. altissima*, вероятно высаженных для озеленения, одно прямо у перекрестка и одно в глубине жилого массива (рис. 3, А).

Участок самосева *A. altissima* под номером 1 занимает заброшенный двор на углу, пустующий с 2014 г. В глубине двора росло одно более крупное дерево, но несколько лет назад пытались расчистить границу участка и его срезали. По наружным границам этого заброшенного двора сейчас имеются густые заросли самосева плотностью до 10 шт./м² и более и высотой до 5 м. Вдоль дорог этот самосев периодически подвергается вырубке, но быстро заново отрастает. Участок 2 представляет самосев вокруг и между гаражей, а участок 3 – это самосев разного размера и возраста, в том числе с начинающими плодоносить деревьями, вдоль ограждения из профнастила вокруг строящегося жилого дома, строительство которого заморожено (рис. 3, Б). На участке 4 ранее был самосев, но осенью проведена расчистка бульдозером и насколько она успешна, пока не ясно. Участок 5 образовался вследствие зарастания *A. altissima* участка теплотрассы, выходящего тут на поверхность и идущего вдоль дороги. Участок 6 идет по границе дворов, по виду не заброшенных, самосев или оставили вдоль забора, или не успели убрать, как другой самосев, ранее имевшийся в этом дворе. Через квартал к востоку от участка 6 произошла расчистка от мусора и поросли нескольких соток земли. Ранее тут был плотный самосев других видов

древесных растений, теперь можно ожидать проникновение *A. altissima* и сюда. Таким образом, всего два плодоносящих дерева обеспечили семенной материал для зарастания всех неухоженных земель в северной части поселка Калиновка и сформировали колонию общей численностью в несколько сотен экземпляров, попытки борьбы с которыми традиционными методами пока не дали результата.



Рис. 3. Исходное дерево *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle с его самосевом возле гаражей (А) и самосев с плодоносящими экземплярами у стройки жилого дома на пос. Калиновка (Б)

Следующим характерным примером может служить распространение *A. altissima* от исходного одиночного дерева в аллеиной посадке по ул. Автотранспортников на углу парка Калинина. Самосев этого дерева имеется в парке в непосредственной близости от него, но тут происходит довольно регулярное кошение газона, а возможно была и обработка гербицидами, и в последние годы это пятно самосева малозаметно. Но началось проникновение в декоративные посадки кустового можжевельника в центральной части парка на расстоянии более 100 м от материнского экземпляра, где произрастание в окружении ветвей декоративных растений усложняет борьбу с самосевом и приводит к быстрой деградации декоративных насаждений. По ул. Автотранспортников к югу от исходного дерева через 150 м находится группа самосева, выросшая в щелях между асфальтом и бетонным забором, где уже имеются крупные плодоносящие экземпляры, рост которых ведет к деформации бетонного ограждения. Также через 150 м нашлось еще одно место, благоприятное для проникновения самосева, а именно старое неиспользуемое крыльцо парадного входа в здание с кирпичной и песчаниковой кладкой, в настоящее время практически разрушенное. Тут самосев *A. altissima* несколько раз был вырублен, но быстро восстанавливался порослью и тоже достиг стадии плодоношения. Далее самосев отмечен на прилегающих улицах Лабутенко, Интернациональная, Новокузнецкая и в глубине балки мелкого притока Кальмиуса на границе со складскими комплексами. Экземпляр самосева во дворе на ул. Интернациональная, дом 7 в течение трех последних лет подвергался раскорчевке с удалением комлевой части в начале вегетационного сезона, но и в текущем году опять дал порослевой побег от оставшихся корней, хоть и небольшого уже размера. Растения отличаются хорошим состоянием, только после вырубki у некоторых имеются незаросшие пеньки.

На этих примерах видно, что для формирования самосева критически важным факторами выступает наличие механически нарушенных или открытых земель (при этом несущественно плодородие и физико-химические свойства субстрата) и отсутствие регулярной, многократной в течение вегетационного сезона борьбы с вырастающими сеянцами. Расстояние от материнского экземпляра может быть значительным. Нерегулярные вырубки не приводят к долговременному результату, происходит порослевое возобновление со все более быстрым отрастанием надземной части по мере развития корневой системы. Даже раскорчевка не дает гарантированного результата.

Другим распространенным местообитанием *A. altissima* являются техногенные территории. Собственно стройплощадки тоже можно считать таковыми. Но большие локальные популяции этого вида формируются и на таких сложных в зарастании древесными растениями субстратах, как породные отвалы шахт. На рисунке 1, в частности были показаны местонахождения на отвалах шахт Заперевальная и Центральная заводская, где формируются активно развивающиеся локальные популяции данного инвазивного вида. На отвале шахты Заперевальная на западном склоне над спиральной дорогой еще в прошлом веке были высажены более десяти экземпляров *A. altissima* и долгое время они хотя и успешно развивались, но практически не давали новых особей. Но в последние двадцать лет произошло резкое увеличение количества самосева, всходы появились и под пологом посадок других фиторекультивантов на склоне ниже дороги. Поросль того же размерного класса всех остальных видов древесных растений в этой посадке частично уже выпала или уступает по жизненному состоянию представителям *A. altissima*, состояние всех особей которого хорошее и можно ожидать освоения в будущем *A. altissima* и этой территории. На Центральном заводском породном отвале подверглась инвазии боковая плосковершинная часть со старыми рекультивационными посадками начала 50-х годов. Наличие самосева *A. altissima* тут отмечалось уже более 15 лет, затем аллея из *Caragana arborescens* Lam., проходившая по центру этой части отвала, выгорела во время одного из палов сухой травы, и это спровоцировало быстрое развитие *A. altissima* на освободившейся территории. В формирующемся растительном покрове на обоих отвалах *A. altissima* является эдификатором и можно расценивать его в данных условиях как вид-трансформер. Формирование постоянного источника семян на таких возвышенных местообитаниях чревато постоянным появлением самосева на окружающих территориях.

Также важным путем распространения являются транспортные артерии. Так, вдоль трамвайной линии маршрута № 10 из центра на пл. Буденновскую имеются линейные участки сплошного зарастания вдоль железнодорожных путей длиной до 300 м. Найти предполагаемые источники семян при этом не всегда удается.

Наибольшее количество взрослых деревьев *A. altissima* (или других представителей рода) в ходе наших исследований выявлено в парке Строителей, где их насчитывается 26 экземпляров, хотя видовая принадлежность некоторых еще под сомнением. Самосев в этом парке в основном представлен на не ухоженных территориях, где может представлять сплошной полог данного вида, простирающийся на десятки метров. Но единично проникает и на газоны, а чаще, как и в ранее разобранных случаях, в живые изгороди, под полог кустарников. Видимо тут играет роль открытый почвенный покров под их пологом.

Или же требуется нарушение почвенного и растительного покрова для первоначального внедрения. Так, на ул. Горького возле конечной остановки троллейбусов, во дворе квартала длительно росло крупное дерево *A. altissima*, не дававшее самосева, но начало строительства с одной из сторон квартала сразу вызвало массовое появление самосева. По берегам Нижнекальмиусского водохранилища *A. altissima* попадает на участках береговых укрепленных склонов, в щелях между бетонными плитами, впрочем, как и другие адвентивные виды древесных растений. На отвале шахты № 5-6 несколько лет назад, в 2020 г. произошло изменение структуры отвала, был подрезан один из склонов для расширения склада, а порода вывезена на плоскую вершину отвала. Уже через год после этого на перевезенной породе было обнаружено более 40 семян *A. altissima* высотой от 20 до 60 см, хотя ранее имевшаяся на отвале популяция на террасе ниже до того имела относительно стабильную численность, хотя и постепенно растущую без расширения занятой ею площади.

По нашим наблюдениям, в местах саморасселения *A. altissima*, доля особей этого вида в самосеве не соответствует представленности среди плодоносящих экземпляров деревьев. Даже в парке Строителей с максимальным отмеченным количеством *A. altissima* доля взрослых деревьев этого вида менее 2 % в составе насаждения. А в парке Калинина всего одно взрослое дерево, тем не менее в этих парках доля самосева айланта оказалась не менее

30 % от общего на учетных площадках. Ущерб же декоративным кустарникам и другим насаждениям еще выше, если учесть размеры листьев в сравнении с другими видами.

Наблюдается неуклонное расширение как количества местообитаний, так численности и площадей, занимаемых локальными популяциями *A. altissima* в г. Донецке. В 2024 г. под мостом у кольца «Мотель» выявлено первое местонахождение этого вида у железной дороги. Учитывая интенсивное распространение его в городе в аналогичных условиях, возможен разнос семян и по данной железнодорожной ветке за пределы города. Хорошее жизненное состояние в самых разных условиях и успешная конкуренция с другими видами в выявленных местообитаниях дают основания отнести *A. altissima* в условиях г. Донецка к видам-трансформерам. Прогрессирование этого вида в городских условиях снижает рекреационную ценность насаждений и требует мер по борьбе с видом, которые, как и в более южных районах, раньше столкнувшихся с инвазией этого вида, должны включать агротехнические, химические и биологические методы борьбы [3]. В настоящее время еще нет повсеместного распространения *A. altissima* и борьба с ним на данном этапе может оказаться успешной.

Выводы

Таким образом, несмотря на использование в озеленении г. Донецка относительно небольшого количества деревьев *A. altissima* наблюдается его широкое распространение в последние десятилетия по территории города путем самосева. Формирование локальных популяций с большим количеством молодых особей обычно приурочено к нарушенным или заброшенным участкам. Проникновение айланта в городские зеленые насаждения приводит к разрушению заложенной в проектах озеленения структуры посадок. Выросшие в живых изгородях и среди декоративных кустарников особи айланта сильно угнетают окружающие растения и снижают их декоративность. Применявшиеся методы борьбы в виде вырубki деревьев айланта выше корневой шейки и раскорчевка с удалением комлевой части дерева, а также выкашивание поросли механическими средствами близко к уровню почвы, – все эти меры оказываются неэффективными вследствие сильной порослеобразовательной способности этого вида. Формирование плотных зарослей айланта обычно приводит к вытеснению или предотвращает произрастание любых других видов древесных растений, в том числе других инвазивных видов. По совокупности указанных факторов данный вид в условиях г. Донецка проявляет себя как наиболее опасная категория инвазивных видов – вид-трансформер, кардинально изменяя условия занятых местообитаний для других растений.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ ДБС по теме № 123101300192-1.

Список литературы

1. Багрикова Н. А., Плугатарь Ю. В., Бондаренко З. Д., Резников О. Н. Наиболее опасные инвазионные виды растений на особо охраняемых природных территориях Горного Крыма // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2021. Вып. 12. С. 114–148. DOI: 10.36305/2413-3019-2021-12-114-148 EDN: OVYJNR.
2. Виноградова Ю. К., Абрамова Л. М., Акатова Т. В. и др. «Черная сотня» инвазионных видов растений России. Информационный Бюллетень Совета ботан. садов стран СНГ при Международной Ассоциации Академий Наук. 2015. Вып. 4(27). С. 85–89. EDN: WQRWXJ.
3. Жуков С. П. Современное распространение *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle в Новоазовском районе Донецкой Народной Республики // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 4. С. 111–116. EDN: DUKFHX.
4. Каменских Л. Н., Потапенко И. Л. О новых видах адвентивной флоры Карадагского природного заповедника // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Симферополь: ТНУ. 2012. Вып. 6. С. 3–14. EDN: VIJXN.

5. Новости ООН. Климат в 2023 году: новые рекорды с серьезными последствиями для природы и человека [Электронный ресурс]. URL: <https://news.un.org/ru/story/2023/11/1447247> (дата обращения 20.12.2024).
6. Протопопова В. В., Шевера М. В. Інвазійні види у флорі України I. Група високо активних видів // GEO&БІО. 2019. Vol. 17. С. 116–135. DOI: 10.15407/gb.2019.17.116.
7. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесонасаждениях. М.: Лесная промышленность, 1975. 168 с.
8. Burda R. I., Koniakin S. M. The non-native species of the flora of Ukraine: Introductions, naturalization and invasion // Biosystems Diversity. 2019. Vol. 27 (3). P. 276–290. DOI: 10.15421/011937.
9. NC State. Tree-of-heaven (Ailanthus) Invasive Forest Pests [Электронный ресурс]. URL: <https://content.ces.ncsu.edu/tree-of-heaven-ailanthus> (дата обращения 25.10.2024).
10. Randall R. P. Global Compendium of Weeds. 3rd Editions. Perth, Western Australia, 2017. 3659 p.
11. Ries C., Pfeiffenschneider M. (Eds.) *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. In: neobiota.lu – Invasive Alien Species in Luxembourg. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://neobiota.lu/ailanthus-altissima/> (дата обращения 25.10.2024).
12. Sladonja B., Sušek M., Guillermic, J. Review on Invasive Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) // Environmental Management. 2015. Vol. 56(4). P. 1009–1034. DOI: 10.1007/s00267-015-0546-5.

Поступила в редакцию 27.02.2025 г.

Zhukov S. P. Invasive species of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle in Donetsk. – The paper presents the results of a study of the planting and self-seeding of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Usually, the formation of self-seeding is confined to disturbed lands. The intrusion of *A. altissima* into green spaces leads to the destruction of their structure, the suppression of plants and their loss of decorative effect. Cutting down trees and uprooting, as well as mowing down shoots, are ineffective due to the strong growth-forming ability of this species. Dense thickets of *A. altissima* displace or block the growth of other species. This gives grounds to classify this species in the conditions of Donetsk as a transformer species.

Keywords: Donetsk, monitoring, invasive species, self-seeding, vital status, climate, disturbed lands.

Жуков Сергей Петрович

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории дендрологии
ФГБНУ Донецкий ботанический сад
г. Донецк, ДНР, РФ
E-mail: ser64luk@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-4163-4926
AuthorID: 1229673

Zhukov Sergey Petrovich

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher at the Laboratory of Dendrology,
FSBSI Donetsk Botanical Garden
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© А. В. Калинина

УРБАНОФЛОРА ЩЕЛЕВЫХ ЭКОТОПОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

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

Калинина А. В. Урбанофлора щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации. Представлены результаты исследования урбанофлоры щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации. В составе флоры щелевых местообитаний выявлено 90 видов сосудистых растений. В результате таксономического анализа установлено преобладание монотипных семейств (63,0 %) и монотипных родов (84,4 %), рассчитан родовой коэффициент (1,17). Эколого-ценотический анализ показал преобладание гемикриптофитов, по отношению требовательности к влаге доминирование ксеромезофитов, по требовательности к почвенному плодородию – мезотрофов, световому режиму – гелиофитов. Ядро в ценотической структуре составляют рудеральные виды.

Ключевые слова: урбанофлора, щелевые экотопы, экологическая структура, таксономическая структура, адвентивная фракция, Донецко-Макеевская агломерация.

Введение

Урбанофлора является неотъемлемой составляющей экосистем современных городов и критерием их буферной экологической устойчивости [4, 6]. Фитомониторинг городской среды необходим для комплексного изучения флоры регионов, определения закономерностей современного развития растительного покрова населенных пунктов, диагностики состояния урбосистемы, а также для разработки мер по оптимизации городских экосистем [2, 3, 5, 7].

Особым типом рудеральных экотопов со специфическими отличительными характеристиками являются щелевые местообитания. Лимитирующими факторами существования в условиях щелевых экотопов являются ограниченность жизненного пространства, токсичность субстрата, аэрация и температурный режим, эдафотоп, а также риск прерывания онтогенеза (уязвимость) из-за рекреационного воздействия и мероприятий по уходу за городскими территориями [9, 10].

Осложненная военно-политическими событиями ситуация в Донбассе стала причиной оттока населения, прекращения функционирования некоторых организаций, оставление зданий и сооружений без должного содержания. Недостаток трудовых ресурсов, привели к распространению щелевых местообитаний и увеличению их площадей.

Цель исследования – определить состав, таксономическую структуру и особенности эколого-ценотической структуры урбанофлоры щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации.

Материал и методы исследования

Изучение щелевых экотопов на территории Донецко-Макеевской агломерации проводили в июле – августе 2023–2024 гг. Маршрутным методом были исследованы растительные группировки, имеющие разную локацию: щели и трещины асфальта, плитки, ступеньки, фундаменты домов. Для обследования трансформированных экотопов использовали стандартные фитоценотические методы. Для каждого отдельного участка были составлены геоботанические описания, собран гербарий, выполнено фотографирование.

В процессе определения видов растений и их уточнения использовали работу В. М. Остапко [8]. Эколого-ценотический анализ выполняли по системе экоморф А. Л. Бельгарда [1, 11].

Результаты и обсуждение

На обследованной территории было выявлено 90 видов сосудистых растений. Данные виды относятся к 27 семействам и 77 родам. Это составляет 4,3 % от флоры Донбасса, что подтверждает относительную бедность видового состава и экстремальные условия существования в щелевых экотопах.

Ведущую позицию в спектре семейства занимают Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Plantaginaceae. Шесть ведущих семейств насчитывают 63 вида, что составляет 70 % от общего количества видов. Таксономический анализ показал, что во флоре исследованных территорий преобладают монотипные семейства – 17 семейств, 63,0 % от общего числа семейств (Papaveraceae, Nyctaginaceae, Portulacaceae, Caryophyllaceae, Amaranthaceae и д. р.), 6 семейств являются олиготипными – 22,2 %, насчитывающими от 2 до 4 родов (Chenopodiaceae, Rosaceae, Apiaceae, Boraginaceae, Plantaginaceae, Lamiaceae), 4 политипных семейства – 14,8 %, в состав которых входит от 5 до 24 родов (Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae).

Таблица 1

Спектр ведущих семейств флоры щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации

№ п/п	Семейство	Число видов		№ п/п	Семейство	Число видов	
		Абс.	%			Абс.	%
1	Asteraceae	30	33,3	15	Caryophyllaceae	1	1,1
2	Poaceae	15	16,7	16	Cyperaceae	1	1,1
3	Fabaceae	7	7,8	17	Euphorbiaceae	1	1,1
4	Brassicaceae	5	5,6	18	Fagaceae	1	1,1
5	Lamiaceae	3	3,3	19	Nyctaginaceae	1	1,1
6	Plantaginaceae	3	3,3	20	Onagraceae	1	1,1
7	Apiaceae	2	2,3	21	Papaveraceae	1	1,1
8	Boraginaceae	2	2,3	22	Polygonaceae	1	1,1
9	Chenopodiaceae	2	2,3	23	Portulacaceae	1	1,1
10	Rosaceae	2	2,3	24	Salicaceae	1	1,1
11	Rubiaceae	2	2,3	25	Simaroubaceae	1	1,1
12	Sapindaceae	2	2,3	26	Solanaceae	1	1,1
13	Amaranthaceae	1	1,1	27	Violaceae	1	1,1
14	Betulaceae	1	1,1				

Анализ родового состава позволил установить, что из 77 родов 65 являются монотипными, на долю которых приходится 84,4 %, 12 родов – олиготипные, которые составляют 15,6 % от общего количества, насчитывающих от 2 до 3 видов (*Medicago*, *Trifolium*, *Acer*, *Artemisia*, *Erigeron*, *Lactuca*, *Sonchus*, *Tragopogon*, *Galium*, *Plantago*, *Elytrigia*, *Poa*), политипные роды не выявлены. Родовой коэффициент равен 1,17 и демонстрирует, что большинство родов включают по одному виду. Низкое значение родового коэффициента свидетельствует о слабой конкуренции между видами из разных родов и бедном флористическом разнообразии.

Уровень сформированности растительных группировок в условиях щелевых экотопов, их обилие зависит от ряда факторов: рекреационной нагрузки, благоустройства и мероприятий по уходу за городской территорией, срока эксплуатации сооружений, а также их использования.

Низкое фиторазнообразие характерно для щелей и трещин асфальтного покрытия и плитки, подверженных высокой рекреационной и механической нагрузке. Чаще всего на таких участках доминируют *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Eragrostis minor* Host, *Plantago major* L., *Erigeron annuus* (L.) Desf., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Polygonum aviculare* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Trifolium repens* L.

Отмечено, что растительные группировки с высокими показателями фиторазнообразия формируются на щелевых экотопах рекреационных территорий, особенно при отсутствии должного ухода за территорией. Видовое разнообразие достигает до 26 видов на участок. Преобладающими видами на таких участках являются *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Erigeron annuus* (L.) Desf., *Plantago major* L. (рис.1).

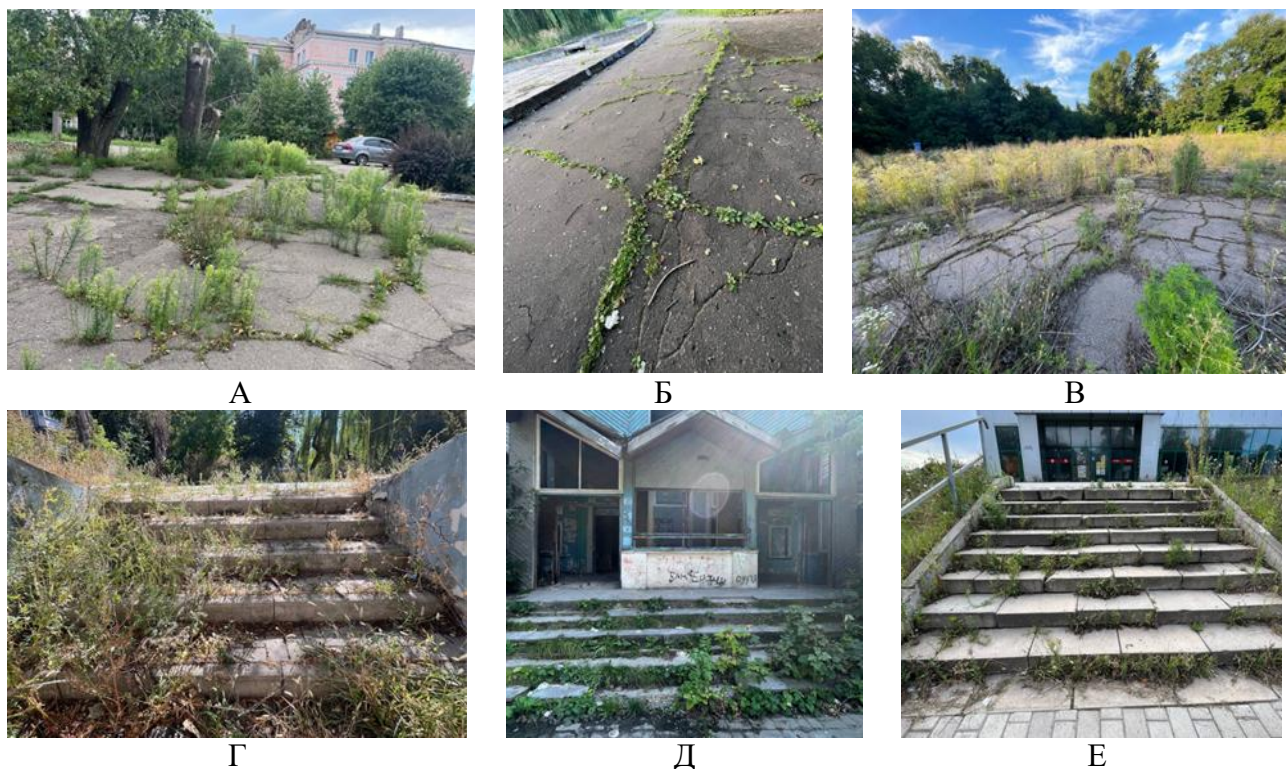


Рис. 1. Некоторые растительные группировки щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации:
А, Б, В – щели и трещины асфальта, Г, Д, Е – щели и трещины на ступеньках и между плиток

Анализ жизненных форм по системе Х. Раункиера продемонстрировал, что в составе флоры щелевых местообитаний господствуют гемикриптофиты (46,5 %), следующую позицию занимают терофиты (36,1 %), далее криптофиты (9,3 %) и фанерофиты (8,1 %). В составе травянистого покрова встречаются фанерофиты – проростки и ювенильные растения некоторых древесных видов: *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L., *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Populus alba* L., *Robinia pseudoacacia* L.

По отношению к режиму почвенного увлажнения были выделены 6 экоморф. Преобладающими являются ксеромезофиты (34,5 %), несколько уступают мезоксерофиты (33,0 %), следующую позицию занимают мезофиты (22,7 %), далее ксерофиты (6,8 %) и гигромезофиты (2,3 %), гигрофиты (1,1 %) (рис. 2).

На обследованных участках выявлено 11 трофоморф, преобладают мезотрофы (47 %). Довольно большое количество видов более требовательных к почвенному плодородию – мегатрофов (17,3 %) и видов, способных существовать как в почках с низким содержанием минеральных веществ, так и высокоплодородных почвах – мегамезотрофов (14,1 %).

Относительно светового режима установлено, что на экспериментальных участках доминируют светлюбивые виды, доля гелиофитов – 54,0 %, доля тяготеющих к освещенным условиям сциогелиофитов – 43,7 %.

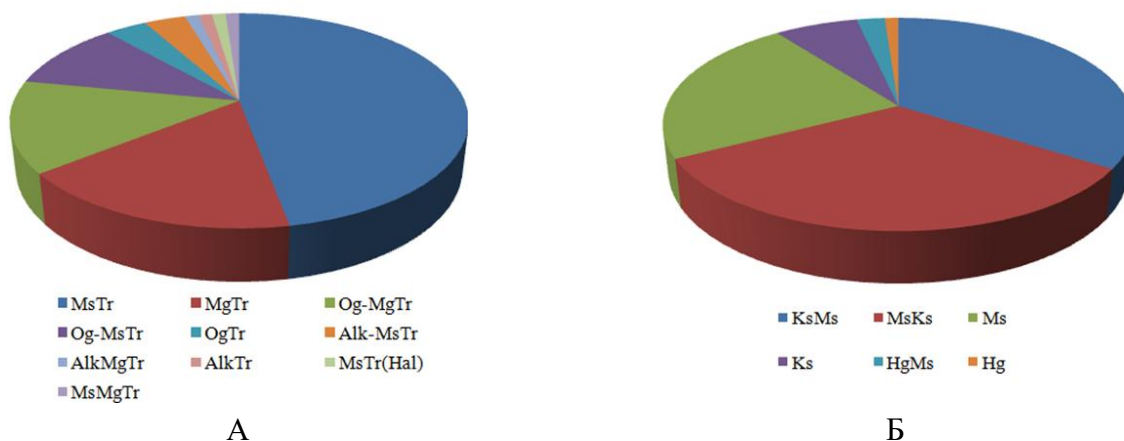


Рис. 2. Экологические спектры урбанофлоры щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации:
 А – трофоморфы (OgTr – олиготрофы, MsTr – мезотрофы, MgTr – мегатрофы, MsMgTr – мезомегатроф, Og-MsTr – олигомезотроф, Og-MgTr – олигомегатроф, AlkTr – алкалитроф, AlkMsTr – алкалимезотроф, AlkMgTr – алкалимегатроф)

Б – гигроморфы (Ks – ксерофиты, MsKs – мезоксерофиты, KsMs – ксеромезофиты, Ms – мезофиты, HgMs – гигромезофиты, MsHgr – мезогигрофиты, Hg – гигрофиты)

Анализ ценоморф позволил установить, что наибольшую долю ценоморф составляют рудеранты и ценоморфы рудеральной группы (рис. 3).

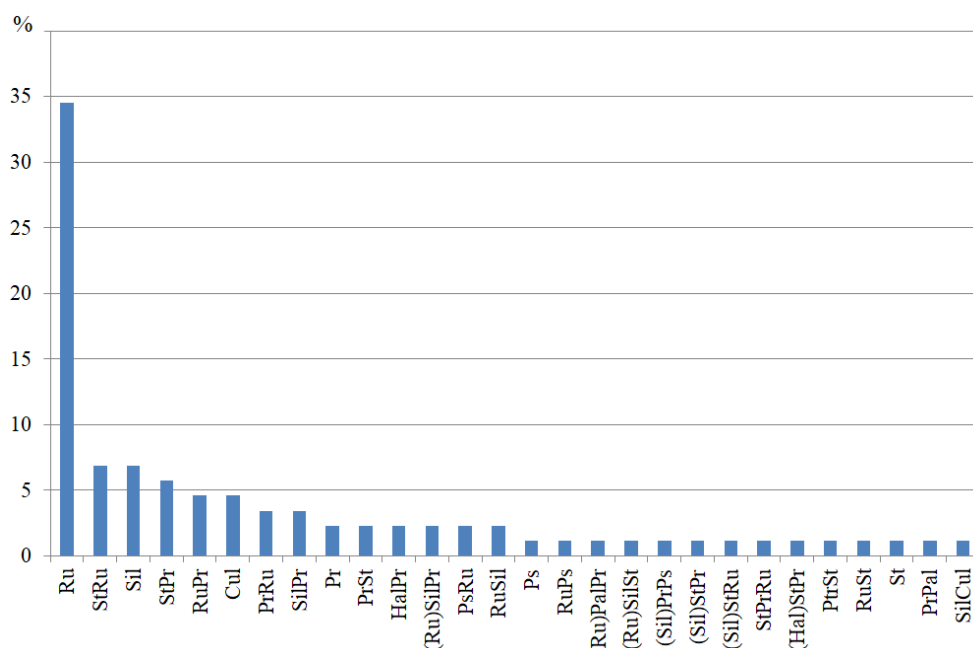


Рис. 3. Соотношение ценоморф урбанофлоры щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации:

Ru – рудерант, StRu – рудерант-степант, StPr – пратант-степант, SilPr – пратант-ильвант, PrRu – рудерант-пратант, RuPr – пратант-рудерант, Sil – ильвант, RuSil – ильвант-рудерант, PrSt – степант-пратант, St – степант, HalPr – галофит-пратант, Pr – пратант, (Sil)StPr – пратант-степант (ильвант), SilCul – культурант-ильвант, RuSil – ильвант-рудерант, PsRu – рудерант-псаммофит, PrSt – степант-петрофит, Cul – культурант, StPrRu – рудерант-пратант-степант, (Ru)SilPr – протант-ильвант (рудерант), (Ru)PalPr – протант-гелофит (рудерант), (Ru)SilSt – степант-ильвант (рудерант), (Sil)PrPs – псаммофит-протант, (Sil)StPr – степант-протант (ильвант), (Sil)StRu – рудерант-степант (ильвант), (Hal)StPr – степант-протант (галофит), PrPal – гелофит-протант

В ходе исследования в трансформированных группировках было выявлено 38 адвентивных видов, которые относятся к 17 семействам. Доля адвентивных видов составляет 42,2 % от общего числа видов, из них 11 видов (12,2 %) являются дичающими из культуры. Аборигенные виды доминируют на изученных территориях, поэтому урбанофлора щелевых экотопов имеет черты естественной флоры.

Выводы

Установили, что урбанофлора щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации характеризуется преобладанием монотипных семейств и родов, низким родовым коэффициентом (1,17), значительной долей видов адвентивной фракции, это демонстрирует упрощенность структуры и бедность фиторазнообразия исследованных растительных группировок.

На основании проведенного эколого-ценотического анализа выявили, что для изученных экотопов характерна «гемикриптофитно-терофитная» флора, наиболее распространенными экоморфами определены ксеромезофиты, мезотрофы и гелиофиты. Преобладающей ценоморфой являются рудеранты.

Выявленные закономерности флоры щелевых местообитаний свидетельствуют о достаточной степени нарушенности ее структуры и о проявлении адаптивных способностей растений к существованию в экстремальных условиях произрастания.

Для дальнейшего выявления особенностей роста и развития растений в антропогенно трансформированных экотопах и установления тенденций современного флорогенеза урбосистем необходимы дальнейшие исследования флор городов.

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

Список литературы:

1. Бельгард А. Л. К вопросу об экологическом анализе и структуре фитоценозов в степи // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Присамарья. Днепропетровск: Изд-во Днепропетровского ун-та, 1980. С. 11–42.
2. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. К.: Наук. думка, 1991. 168 с.
3. Ильминских Н. Г. Обзор работ по флоре и растительности городов // Географический вестник. 2011. № 1(16). С. 49–65. EDN: NTKDQD.
4. Калинина А. В. Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1–2. С. 23–28. EDN: CBIYEG.
5. Калинина А. В., Сафонов А. И. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 6–11. EDN: RMXEAQ.
6. Сафонов А. И., Калинина Ю. С., Палагута А. П. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 20–30. DOI: 10.5281/zenodo.13949289. EDN: CZPYKY.
7. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций: монография. Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. 289 с. ISBN 978-5-605-24266-6. EDN: QVJSQE.
8. Остапко В. М., Бойко А. В., Мосякин С. Л. Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк: Ноулидж, 2010. 247 с.
9. Попова Т. А. Урбанофлора гранитных набережных Санкт-Петербурга // Проблемы региональной экологии. 2013. № 5. С. 121–124. EDN: RUJQLL.
10. Постарнак Ю. А., Литвинская С. А. Урбанофлора города Краснодара // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 5–3. С. 80. EDN: PFLGYD.
11. Екофлора України / Відп. ред. Я. П. Дідух. К.: Фітосоціоцентр, 2000–2004. Т. 1–6.

Поступила в редакцию 31.01.2025 г.

Kalinina A. V. Urban flora of crevice ecotopes of the Donetsk-Makeyevka agglomeration. – The article presents the results of a study of the urban flora of crevice ecotopes of the Donetsk-Makeyevka agglomeration. 90 species of vascular plants were identified in the flora of crevice habitats. The taxonomic analysis revealed the prevalence of monotypic families (63 %) and monotypic genera (84 %), and the genus coefficient was calculated (1.17). Ecological and cenotic analysis showed the prevalence of hemicryptophytes, the dominance of xeromesophytes in terms of moisture requirements, mesotrophs in terms of soil fertility requirements, and heliophytes in terms of light requirements. The core of the cenotic structure is made up of ruderal species.

Key words: urban flora, crevice ecotopes, ecological structure, taxonomic structure, adventive fraction, Donetsk-Makeyevka agglomeration.

Калинина Анжела Викторовна

младший научный сотрудник НИЧ,
зав. лабораторией кафедры ботаники и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: kalinina.angela91@mail.ru

ORCID: 0009-0007-0789-5512

AuthorID: 1040324

Kalinina Anzhela Viktorovna

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

© В. О. Корниенко

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ГОРОДА ДОНЕЦКА

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

Корниенко В. О. Эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка. –

В статье приведены результаты изучения старовозрастных деревьев города Донецка. В результате проведенных исследований выявлены 7 видов, которые в условиях урбаноценозов г. Донецка достигают возраста ~100 лет и более. Среди них аборигенные виды: *Quercus robur* L., *Populus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Pyrus communis* L. и виды-интродуценты: *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Ulmus laevis* Pall. Такие виды как *P. nigra* и *R. pseudoacacia* в условиях города способны достигать своих максимальных размеров и даже значительно превышать средние для данных видов, оставаясь жизнеспособными. По значениям механических и морфометрических параметров, а также жизнеспособности в соотношении с возрастом можно выделить наиболее устойчивые виды (как в условиях экологически чистой территории, так и на фоне антропогенного загрязнения), достигшие 50 и более лет: *Q. robur* и *Q. robur* f. *fastigiata*, *R. pseudoacacia*, *P. nigra* и *Populus alba* L., *F. excelsior*, *Acer campestre* L. и *Corylus colurna* L.

Ключевые слова: биомеханика живых систем, критическая нагрузка, дендроценозы, ускоренное старение, старовозрастные древесные растения, Донецк.

Введение

Древесные растения в условиях жестких природно-климатических факторов Донбасса [11, 12, 16], а также высокого уровня антропогенной нагрузки [9, 10, 12–16, 22, 29, 31] редко доживают до срока, характерного для них в природных экосистемах [5, 16]. Термин «старение» и особенно «ускоренное старение», все чаще используется учеными при проведении экологических исследований и оценки состояния дендроценозов в промышленных городах [5, 7, 16, 24, 25, 30].

Старение древесных растений, произрастающих на территориях с высоким уровнем техногенной нагрузки, можно охарактеризовать следующим образом – ускоренное накопление метаболических и структурных изменений на клеточном и тканевом уровне, являющихся результатом спонтанных мутаций, спровоцированных экологическими факторами и приводящих к нарушению функций и снижению устойчивости организма к неблагоприятным внешним условиям (*резким колебаниям температур в зимний период, ветровалам, снежным и ледяным бурям, поздним весенним заморозкам и т. д.*), в том числе и к антропогенным микроклиматическим особенностям урбоэкосистем (*более высоким, в сравнении с региональным фоном, температурам и пониженной влажности в летний период, снижению скорости ветра в черте города, но формированию локальных вихрей из-за неравномерного нагрева различных поверхностей, загрязнению атмосферного воздуха, почв, воды токсикантами, повышенным уровнями вибрации и шума и др.*), т. е. имеет место запуск циклических процессов, экспоненциально приводящих к негативным изменениям вплоть до потери жизнеспособности.

У древесных растений не выявлены универсальные признаки старения. Характер и скорость протекания этого процесса видоспецифичны и зависят от ряда причин [1]. Установлено, что влияние экологических факторов более значительно и напрямую воздействует на ускорение старения древесных растений, чем «генетическая программа» [6]. Исследования показали, что старение *Thuja occidentalis* L., *Picea obovata* Ledeb., *Picea pungens* Engelm., *Larix sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill., и других видов в большей мере зависит от условий произрастания [2, 6, 17]. Несомненно, известны

некоторые типовые реакции растений в ответ на действие поллютантов: запускается каскад событий на молекулярном уровне, приводящий к снижению обмена веществ в результате повышенной выработки этилена и абсцизовой кислоты, затем на тканевом уровне происходит снижение ауксина, цитокинина и гиббереллинов. В некоторых работах описан механизм нарушения срока и глубины покоя древесных растений в результате действия поллютантов на клеточном уровне, что также отражается на ускорении процессов старения организма [4, 8, 17].

Актуальной проблемой факториальной экологии и промышленной ботаники является поиск древесных растений способных достигать естественного онтогенетического старения в условиях мегаполисов, т. е. устойчивых к действию неблагоприятных факторов, имеющих адаптации и/или определенные стратегии выживания в условиях техногенеза, в том числе способность к сопротивлению динамическим и статическим нагрузкам, которые все чаще оказывают влияние на древостои.

Цель работы – оценить представленность и эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка.

Материал и методы исследования

Выявлены деревья, которые достигли 100 и более лет, а также растения, которые хоть и не достигают векового возраста в силу ускоренного старения, но являются до сих пор необходимыми для озеленения промышленного города Донецка.

Исследования проводили в городе Донецке и ближних территориях: автомагистрали (деревья произрастают в условиях антропогенного загрязнения, далее – АЗ), Донецкий ботанический сад (деревья произрастают на относительно экологически чистой территории, далее – ЭЧТ), парковые зоны города Донецка (ЭЧТ), посадки различного назначения (ЭЧТ), Путиловский лес (ЭЧТ).

В настоящее время известно, что на территории Донецка произрастает около 200 видов деревьев и кустарников, которые включают как аборигенные виды, так и виды-интродуценты [20, 23]. Для определения возраста деревьев нами использовались различные методики: подсчет годовых колец на пнях, подсчет годовых колец на срезах толстых (скелетных) ветвей, а также при помощи измерения обхвата ствола дерева по стандартной методике и использования специального коэффициента. Примерный возраст того или иного дерева без взятия керна определяют по следующему коэффициенту:

$$L = K \cdot C, \quad (1)$$

где L – возраст, лет;

K – коэффициент;

C – длина окружности ствола, м.

Для ряда пород деревьев такой коэффициент известен [27]. Для некоторых пород коэффициент был определен экспериментальным путем. При этом были учтены условия произрастания выбранного дерева, использованы все доступные исторические справки и ссылки (в том числе и старые фотоснимки) о том, когда было высажено дерево, а также данные о возрасте деревьев с аналогичными параметрами. Взятие кернов для определения возраста деревьев осуществлялось с помощью приростного бурава Haglof (Швеция). В период покоя отбирали не менее двух кернов с дерева на высоте 1,3 м.

Жизнеспособность деревьев оценивали с помощью общепринятой интегральной шкалы В. А. Алексеева с дополнениями (1989) [3].

Результаты визуального осмотра деревьев фиксировали с помощью фотоаппарата Nikon Coolpix S2600, обработку и анализ изображений проводили в программе AxioVision Rel. 4.8. Высоту деревьев измеряли с помощью электронного высотомера НЕС Haglof, а также по цифровым фотоматериалам в программе AxioVision Rel. 4.8. Диаметр стволов измеряли с помощью мерной вилки фирмы Haglof.

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

– сопротивление древесного ствола растения изгибу, при действии динамических или статических нагрузок [11]:

$$\text{Сопротивление изгибу} = E \cdot I \quad (2),$$

– относительное сопротивление изгибу (RRB) [11]:

$$RRB = \frac{r^2 \cdot E}{4 \cdot \rho}, \quad (3),$$

где E – модуль упругости тканей живой древесины, Н×м²;

I – второй момент сечения, который равен $\pi \times r^4 / 4$;

ρ – плотность живых тканей;

r – радиус ствола, м.

– предельно допустимая нагрузка (P_{cr}) и критическая масса (m_{cr}) – параметры, которые отражают конкретные значения массы (кг или Н), при действии которой ствол древесного растения или его скелетные ветви начинают деформироваться или обламываться при действии ветровых или гравитационных нагрузках [11]:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{2 \cdot l^2}, \quad (4),$$

$$m_{cr} = \frac{P_{cr}}{g} \quad (5),$$

где EI – сопротивление изгибу;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

l – длина, м.

Для статистической обработки данных использовали программы Statistica 7 (StatSoft Inc.) и Excel 2010 (Microsoft Corporation). Достоверность отличий средних значений определяли с использованием t -критерия Стьюдента. Зависимость критической массы (m_{cr}), жесткости на изгиб (EI), а также относительного сопротивления изгибу (RRB) от коэффициента d/l (отношения диаметра ствола к его длине) и диаметра ствола (d) для исследуемых деревьев устанавливали с использованием степенной регрессионной модели.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований выявлены 7 видов старовозрастных деревьев, 4 из которых достигли ста и более лет и 3 максимально приближены к столетнему возрасту (рис. 1). Среди них аборигенные виды: *Quercus robur* L., *Populus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Pyrus communis* L. и виды-интродуценты: *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Ulmus laevis* Pall. [18, 19, 23]. На рисунке 1 дополнительно выделены перспективные виды, деревья которых продолжают рост и находятся в хорошем состоянии (1–2 балла). Таким образом, предельный возраст отмеченных видов в условиях Донецка еще может корректироваться и необходимы дальнейшие наблюдения.

В условиях ЭЧТ Донбасса максимальный возраст дуба черешчатого достигает 145 ± 7 лет [28]. Жизнеспособность всех исследованных старовозрастных деревьев *Q. robur* в среднем оценена 2 баллами (хорошее состояние). Для городских насаждений (линейных), которые подвержены действию АЗ, возраст исследованных дубов составляет в среднем 85 ± 5 лет (рис. 1). Такие растения в категорию вековых деревьев еще не попадают, однако, из-за внушительных размеров (диаметра и высоты ствола) требуют определенного внимания со стороны ученых и городских властей [23]. Высокая жизнеспособность обследованных

деревьев *Q. robur* при достигнутом возрасте уже подтверждает их перспективность для использования в озеленении промышленных городов [10, 12, 14–16].

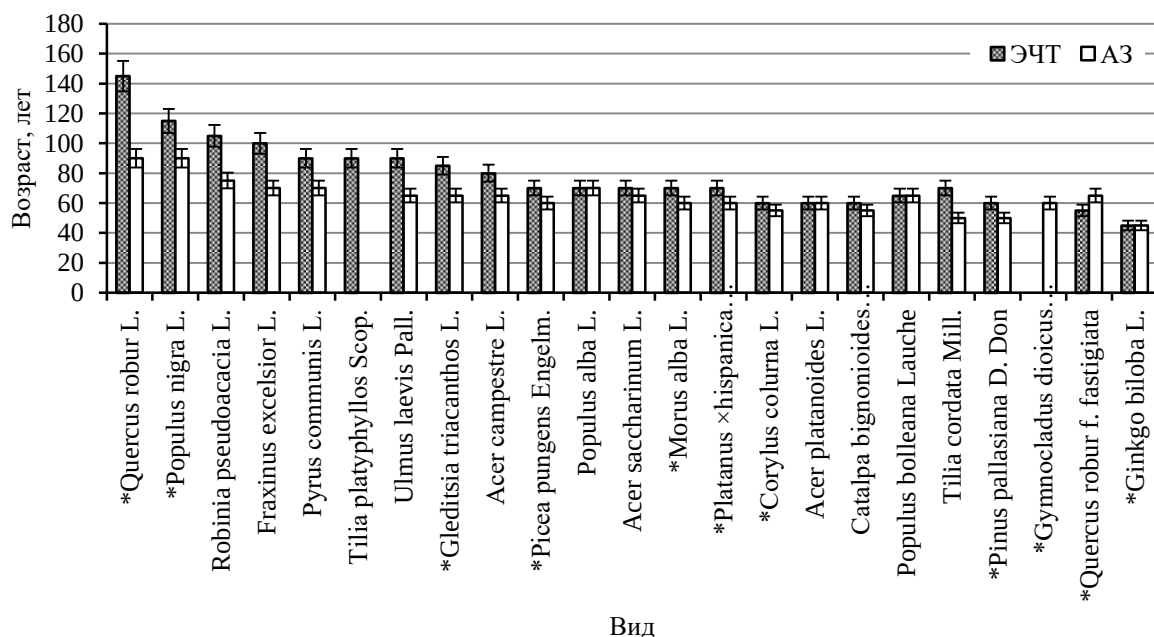


Рис. 1. Максимальный возраст древесных растений, произрастающих в условиях относительно экологически чистой территории (ЭЧТ) и действия антропогенного загрязнения (АЗ) города Донецка
Примечание – * – продолжают рост и находятся в хорошем состоянии

Такие виды как *P. nigra* и *R. pseudoacacia* в условиях города способны достигать максимальных размеров и даже значительно превышать средние морфометрические показатели по сравнению с естественной средой, сохраняя высокий балл жизнеспособности. Отмеченные древесные виды (рис. 2) характеризуются такими ценными свойствами для условий промышленного города как засухо-, зимо-, морозоустойчивость, теневыносливость, неприхотливость к качеству почв, выносливость к пыли- и дымузагрязнению. Отмеченные виды обладают и высокими декоративными свойствами.

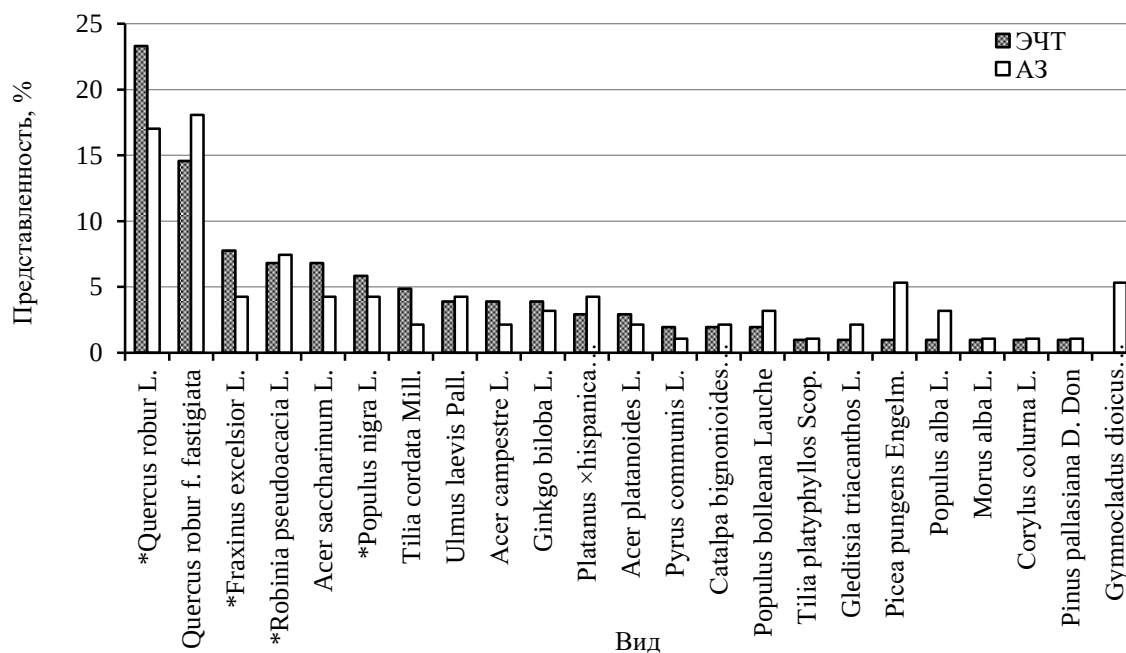


Рис. 2. Репрезентативность старовозрастных деревьев в городе Донецке
Примечание – * – достигшие 100 и более лет

Наибольшей представленностью обладает род *Quercus* L., составляя более 35 % от выборки на каждой территории. Деревья дуба черешчатого пирамидальной формы находятся в отличном состоянии (1–2 балла) и не достигли критического возраста (рис. 3). Рекомендуется использовать данную форму при формировании многолетних насаждений в промышленных городах, так как они сохраняют высокую механическую устойчивость, имеют высокую декоративность и стабильные аллометрические показатели, от которых зависит устойчивость не только одного растения, но и всего древостоя [10].



Рис. 3. Старовозрастный экземпляр *Quercus robur* f. *fastigiata* (Lam.) O. Schwarz в городе Донецке

Деревья рода *Fraxinus* L. имеют значительные размеры и достигают векового возраста только на ЭЧТ. На территории ландшафтно-рекреационного парка «Донецкий кряж» были найдены живые особи старше 100 лет в отличном состоянии (возраст был определен по результатам камеральной обработки изъятых кернов), а также сваленные деревья возрастом >100 лет (определяли по результатам забора спилов и подсчету годичных колец; рис. 4).

На территориях с АЗ растения имеют значительно меньшую представленность – ~4 %, что в два раза ниже, чем в ЭЧТ (рис. 2), а максимальный зафиксированный возраст для этих растений составляет не более 70 лет.



Рис. 4. Спил старовозрастного *Fraxinus excelsior* L., отобранного с упавшего дерева на территории ландшафтно-рекреационного парка «Донецкий кряж» (образец хранится в ксилотеке научно-исследовательской лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем Донбасса)

Недооцененным, с точки зрения применения в озеленении города, является вид *P. communis*. Его культурные формы имеют высокую декоративность и жизнеспособность как при формировании групповых, линейных насаждений, так и в виде солитеров, обладая при этом достаточной механической устойчивостью к действию повреждающих природно-климатических факторов региона (рис. 5).



Рис. 5. Групповые насаждения молодых деревьев *Pyrus communis* L. в условиях ледяной бури в городе Донецке (фото автора, 09.02.2024 г.)

Согласно многолетним данным ученых Донецкого ботанического сада, полученным в 1990-е годы, ритм сезонного развития этого вида соответствует природно-климатическим условиям Донбасса [21, 26], что подтверждает адаптацию вида к условиям произрастания. При инвентаризации коллекции *P. communis* в 2020–2022 г. [26], произрастающей на территории дендрария (ЭЧТ), было установлено, что представители этого вида характеризуются более высоким по сравнению с другими видами *Pyrus* L. уровнем жизненности, обусловленным активным протеканием процессов роста и развития, что выражается в более динамично увеличивающихся морфометрических параметров (например, высота 50-летних растений достигла 18 м [26]).

Исследование механической устойчивости старовозрастных деревьев показало, что для всех изученных растений возрастная зависимость EI носит степенной характер (рис. 6, А).

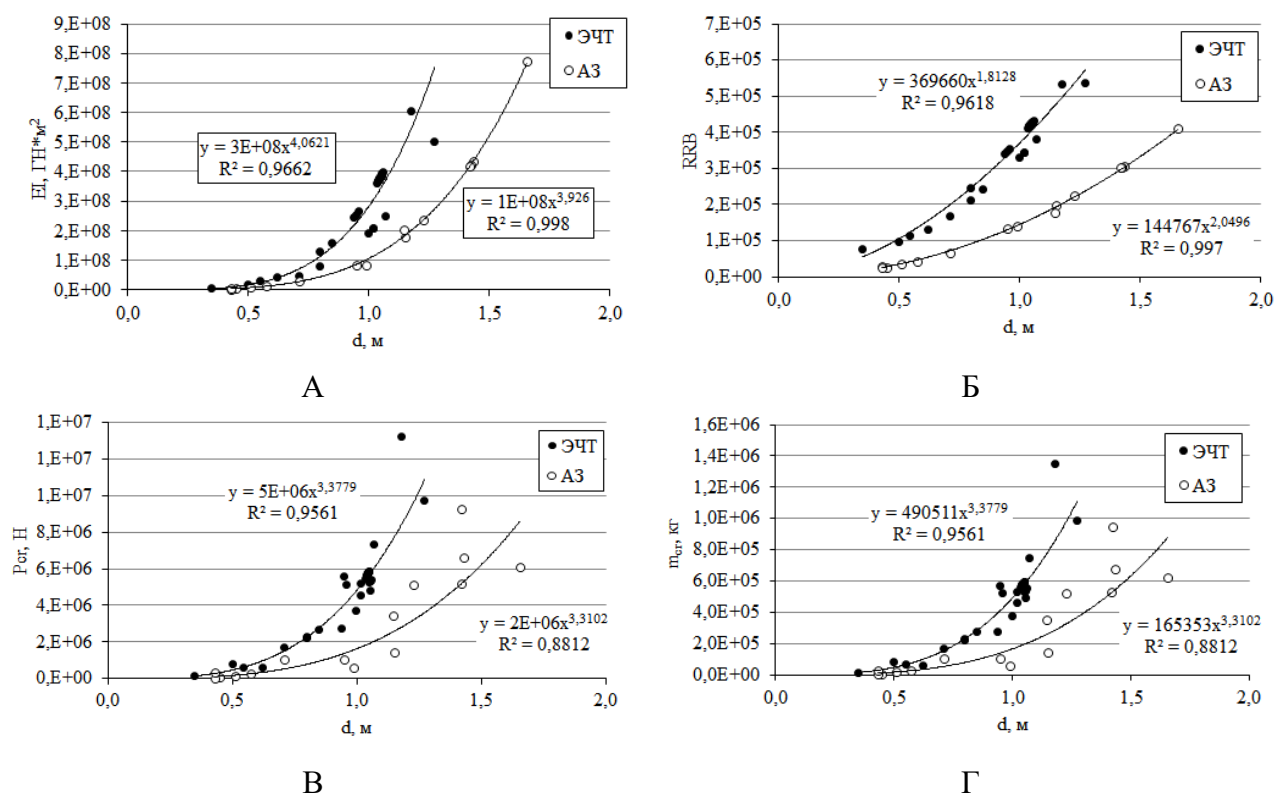


Рис. 6. Зависимость параметров механической устойчивости EI (А), RRB (Б), P_{cr} (В) и m_{cr} (Г) от диаметра ствола для старовозрастных деревьев, произрастающих в условиях ЭЧТ и АЗ

Общей тенденцией является увеличение механической устойчивости деревьев с возрастом. Однако для растений, произрастающих в условиях АЗ, угол наклона линии тренда ниже, чем на ЭЧТ, т. е. с увеличением возраста и диаметра сопротивление изгибу растет медленнее и при действии механических нагрузок устойчивость для таких растений достоверно ниже ($P > 0,95$).

Относительное сопротивление изгибу (RRB) прямо зависит от модуля упругости тканей живой древесины (E). Поскольку с увеличением диаметра ствола RRB растет в квадратичной зависимости (рис. 6, Б), то в первую очередь потере устойчивости подвержены деревья, у которых отношение диаметра ствола к высоте наименьшее. Из рисунка 6 Б видно, что для растений, произрастающих в условиях АЗ, скорость увеличения относительного сопротивления изгибу ниже, чем в контроле ($P > 0,95$). RRB отражает изменение устойчивости дерева к механическим нагрузкам, но не дает точного значения критической массы или размеров растения, при которых происходит необратимое искривление или облом ствола. С этой целью можно использовать расчетные значения предельно допустимой нагрузки P_{cr}

или массы m_{cr} (рис. 6, В и Г). Как и RRB , они прямо пропорциональны физико-механическим свойствам древесных тканей.

Деревья, произрастающие в условиях ЭЧТ, имеют большие значения критической массы по сравнению с одновозрастными деревьями из территорий с антропогенным загрязнением (рис. 6, Г). Это связано с большим диаметром ствола. Зависимость для двух выборок – степенная. Скорость увеличения критической массы и предельно допустимой нагрузки больше для растений из ЭЧТ. Таким образом, находясь в жестких условиях (А3), растения менее устойчивы к механическим нагрузкам и характеризуются повышенной аварийностью в сравнении с деревьями, произрастающими в условиях ЭЧТ.

Сезонные изменения также будут влиять на устойчивость таких деревьев. Так, температурное изменение модуля упругости может привести к снижению критической массы. Она легко достигается при выпадении осадков и образовании наледи на дереве, а при действии динамического фактора критическая нагрузка снижается еще на ~20 %.



Рис. 7. Потеря механической устойчивости скелетной ветви старовозрастного *Populus alba* L. на следующий день после ветровала в городе Донецке (фото Корниенко, 08.07.2024 г.)

Таким образом, более подвержены переходу в аварийное состояние растения, произрастающие в условиях антропогенной нагрузки и достигающие своего критического возраста вследствие ускоренного старения. В условиях А3 г. Донецка выявлено 67 аварийных деревьев *P. bolleana* возрастом 60–65 лет, 10 деревьев *R. pseudoacacia* ~65 лет (после неудачного жесткого кронирования), 1 дерево *P. alba* (рис. 7, после санитарной обрезки находится в хорошем состоянии), 24 дерева *F. excelsior* (достигшие критического возраста), 14 деревьев *A. saccharinum* (наибольшее количество по бул. Пушкина, жестко кронированы), 7 деревьев *P. nigra* (ул. Ткаченко, пр. Ильича, ул. Щорса и др.) и 32 дерева *U. laevis* ~65 лет.

Выводы

В результате проведенных исследований выявлены 7 видов старовозрастных деревьев, 4 из которых достигли более 100 лет и 3 максимально приближены к столетнему возрасту. Среди них аборигенные виды: *Q. robur*, *P. nigra*, *F. excelsior*, *P. communis* и виды-интродуценты: *R. pseudoacacia*, *T. platyphyllos*, *U. laevis*. Такие виды как *P. nigra* и *R. pseudoacacia* не снижая уровня жизнеспособности в условиях города способны значительно превышать средние для данных видов параметры и даже достигать своих максимальных размеров.

По значениям механических и морфометрических параметров, а также жизнеспособности в соотношении с возрастом можно выделить наиболее устойчивые виды (как в условиях ЭЧТ, так и АЗ), достигшие 50 и более лет: *Q. robur* и *Q. robur f. fastigiata*, *R. pseudoacacia*, *P. nigra* и *P. alba*, *F. excelsior*, *A. campestre* и *C. columna*.

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

Список литературы

1. Авдеева Е. В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде. Красноярск: СибГТУ, 2007. 382 с.
2. Авдеева Е. В., Извеков А. А. Урбодендрология. Ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) в насаждениях города Красноярска. СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Красноярск, 2021. 180 с.
3. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
4. Ведерников К. Е. Биоэкологические особенности древесных растений в насаждениях урбанозкосистем (на примере г. Ижевска): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Тольятти, 2008. 20 с.
5. Драчева Н. В. Эколого-фитосанитарный анализ и особенности жизненного состояния древесных растений в насаждениях г. Самары : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Тольятти, 2011. 19 с. EDN: QHOGIN.
6. Жмылев П. Ю. Эволюция длительности жизни растений: факты и гипотезы // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67, № 2. С. 107–119. EDN: НТОУVJ.
7. Кладько Ю. В., Бенькова В. Е. Радиальный рост древесных видов в условиях высокой антропогенной нагрузки г. Красноярска // Сиб. лесн. журн. 2018. № 4. С. 49–57.
8. Козик Е. В., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Сезонное развитие древесных интродуцентов в урбозкосистемах // Хвойные бореальной зоны. 2009. Т. 26, № 2. С. 217–220.
9. Корниенко В. О. Ретроспективный анализ антропогенного загрязнения города Донецка. Вибрационно-акустическое зашумление // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 93–100. DOI: 10.5281/zenodo.12532574. EDN: TSWEOL.
10. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Жизнеспособность дуба черешчатого в условиях города Донецка // Сибирский лесной журнал. 2024. № 4. С. 95–106. DOI: 10.15372/sjfs20240409.
11. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны Восточно-Европейской равнины // Лесоведение. 2024. № 1. С. 70–78. DOI: 10.31857/S0024114824010084. EDN: SLLJXY.
12. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка. Воронеж: Издательский дом «ВГУ», 2021. 107 с. EDN: HCFNFD.
13. Корниенко В. О., Шкиренко А. О., Яцкий А. С. Состояние деревьев *Quercus robur* L., произрастающих в различных экотопах города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 3. С. 31–38. DOI: 10.55355/snv2024133105.
14. Корниенко В. О., Яцкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. 2022. № 12 (175). С. 166–170. EDN: JJZVTE.
15. Корниенко В. О., Яцкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 11–2. С. 28–34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13. EDN: VGFTLL.

- 16..*Корниенко В. О.* Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбозкосистем (на примере города Донецка): дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15. Ростов-на-Дону, 2022. 166 с. EDN: QYUEPJ.
- 17..*Лисотова Е. В.* Эколого-физиологические особенности древесных растений в искусственных насаждениях (на примере г. Красноярска): дис. ... канд. сельск. хоз. наук: 06.03.02. Красноярск, 2022. 173 с. EDN: YRJTRF.
- 18..*Остапко В. М., Бойко А. В., Мосякин С. Л.* Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк: Ноулидж, 2010. 247 с.
- 19..*Остапко В. М., Еременко Ю. А.* Конспект адвентивной фракции дендрофлоры юго-востока Украины // Промышленная ботаника. 2010. Вып. 10. С. 42–48.
20. *Поляков А. К.* Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.
21. *Поляков А. К., Малюгин И. Е., Лихацкая Е. Н.* Интродукция груши в Донбасс // Интродукция и акклиматизация растений. 1993. Вып. 18. С. 13–16.
- 22..*Сафонов А. И.* Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. 289 с. EDN: QVJSQE.
23. *Сергеев М. Е., Нецветов М. В., Дацько А. М.* Вековые деревья Донецка // Заповідна справа. 2015. № 21, Вып. 1. С. 28–33.
- 24..*Уразгильдин Р. В., Кулагин А. Ю.* Повреждения, адаптации, стратегии древесных видов в условиях техногенеза: структурно-функциональные уровни реализации адаптивного потенциала // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142, № 1. С. 52–69. DOI: 10.31857/S0042132422010082. EDN: QYTXAZ.
- 25..*Уразгильдин Р. В., Полякова Г. Р., Аминева К. З., Галиахметов Р. Д., Кулагин А. Ю.* Прирост стволовой древесины сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения // Бюл. моск. общ-ва испытателей природы. Отд. Биол. 2018. Т. 123, вып. 2. С. 45–61.
- 26..*Хархота Л. В.* Коллекция растений рода *Pyrus* L. (Rosaceae) в дендрарии Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 1. С. 40–46. DOI: 10.5281/zenodo.10930820.
- 27..*Шнайдер С. Л., Борейко В. Е., Стеценко Н. Ф.* 500 выдающихся деревьев Украины. К.: Киевский-эколого-культурный центр, 2011. 204 с.
- 28..*Netsvetov M., Sergeyev M., Nikulina V., Korniyenko V., Prokopuk Yu.* The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe // Dendrochronologia. 2017. Vol. 44. P. 31–38. DOI: 10.1016/j.dendro.2017.03.004.
- 29..*Safonov A., Glukhov A.* Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 31. P. 00020. DOI: 10.1051/bioconf/20213100020. EDN: XYLEQZ.
- 30..*Zhang R, Zhang M, Tan S, Li Z.* Mechanistic insights into leaf senescence regulation in woody plants: a molecular perspective // Tree Physiol. 2024 Vol. 44. No 12. doi: 10.1093/treephys/tpae150.
- 31..*Zinivovskaia I. I., Safonov A. I., Yushin N. S., Nespirnyi V. N., Germonova E. A.* Phytomonitoring in Donbass for identifying new geochemical anomalies // Russian Journal of General Chemistry. 2024. Vol. 94, No 13. P. 3472–3482. DOI: 10.1134/S1070363224130048. EDN: QXJUMP.

Поступила в редакцию 24.02.2025 г.

Kornienko V. O. Ecological and biological features of old-growth trees of Donetsk city. – The article presents the results of a study of old-growth trees in Donetsk. As a result of the conducted research, 7 species have been identified that reach the age of ~100 years or more in the urbanocenoses of Donetsk. Among them are native species: *Quercus robur* L., *Populus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Pyrus communis* L. and introduced species: *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Ulmus laevis* Pall. *P. nigra* and *R. pseudoacacia* in urban conditions, they are able to reach their maximum size and even significantly exceed the average for these species, while remaining viable.

According to the values of mechanical and morphometric parameters, as well as viability in relation to age, the most stable species (both in an ecologically clean area and anthropogenic pollution) that have reached 50 years or more can be distinguished: *Q. robur* and *Q. robur* f. *fastigiata*, *R. pseudoacacia*, *P. nigra* and *Populus alba* L., *F. excelsior*, *Acer campestre* L. and *Corylus colurna* L.

Keywords: biomechanics of living systems, critical load, dendrocenoses, accelerated aging, old-age woody plants, Donetsk.

Корниенко Владимир Олегович

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

Kornienko Vladimir Olegovich

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

© А. Ю. Минаева, К. Т. Дусупова, И. В. Землянская, А. В. Яницкая

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЛАПЧАТКИ СЕРЕБРИСТОЙ (*POTENTILLA ARGENTEA* L.)

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Россия, 400131, г. Волгоград, площадь Павших борцов, 1

Минаева А. Ю., Дусупова К. Т., Землянская И. В., Яницкая А. В. Изучение морфологических и анатомических признаков лапчатки серебристой (*Potentilla argentea* L.). – В данной работе приводятся результаты изучения морфологических и анатомических признаков надземной части лапчатки серебристой (*Potentilla argentea* L.), произрастающей на территории Волгоградской области. Составлены подробные описания морфологических и анатомо-гистологических признаков лекарственного растительного сырья «Лапчатки серебристой трава», которые можно использовать для актуализации нормативной документации, регламентирующей данный вид лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: Лапчатка серебристая, *Potentilla argentea* L., лекарственное растительное сырье, макроскопический анализ, микроскопический анализ, петиолярная анатомия.

Введение

Лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.) – многолетнее травянистое растение, семейства Розоцветные (Rosaceae J.), широко распространенное в Северной Евразии, в том числе на территории Волгоградской области [17, 19].

Надземная часть Лапчатки серебристой содержит дубильные вещества (эллаготаннины, эллаговая кислота), флавоноиды (производные флавана (флаван-3-олы), антоцианы, флавоны, флавонолы – гиперозид, цинарозид, рутин, кверцетин, кемпферол, С-глюкозид кемпферола, и др.), полисахариды (доминирующий моносахарид – галактоза), тритерпеновые сапонины, фенилпропаноиды (хлорогеновая, кумаровая и феруловая кислоты), проантоцианидины, тритерпеноиды (торментол), витамин С, каротиноиды, кумарины, эфирное масло, а также тилирозид, метилбревифолинкарбоксилат, умбеллиферон, скополетин и β-ситостерин [3, 4, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 20].

Дубильные вещества, входящие в состав *P. argentea*, оказывают вяжущее, противовоспалительное и противоожоговое действие [4, 9]. Исследования также показывают, что надземная часть *P. argentea* обладает седативными, антибактериальными и антифунгальными свойствами, усиливает детоксикационную функцию печени [2, 11, 12, 14, 23]. Обнаруженные в надземной части *P. argentea* тилирозид и метилбревифолинкарбоксилат являются ингибиторами топоизомеразы I и II ДНК человека и оказывают цитотоксический эффект в отношении клеточной линии рака молочной железы человека (MCF-7) [21, 22]. Тилирозид также обладает антиоксидантной активностью [18]. *P. argentea* входит в состав противоракового сбора М. Н. Здренко, в народной медицине траву *P. argentea* используют при заболеваниях органов желудочно-кишечного тракта и печени (энтеритах, гастритах, желтухе, циррозе, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки), при гипертонии, острых респираторных заболеваниях и кожных проявлениях (наружно отвары в виде компрессов и как полоскание ротовой полости) [1, 3, 4, 8, 13, 14].

Несмотря на многочисленные исследования [2, 11, 12, 14, 21–23], которые подтверждают фармакологическую активность надземной части *P. argentea*, в настоящий момент данное сырье не входит в действующую Государственную фармакопею РФ. Качество сырья регламентируется ФС 42-2172-84, которая была издана более 50 лет назад и с тех пор ни разу не подвергалась актуализации. Приводящиеся там методы исследований, а также описания внешних и микроскопических признаков не соответствуют современному формату

данных. В частности, описания микроскопии Лапчатки серебристой, не включают описания поперечных срезов стеблей, черешков листьев, не приводятся фотографии микроскопии.

Данная статья является продолжением серии публикаций, посвященных исследованиям представителей рода Лапчатка, произрастающим в Волгоградской области. Ранее нами была выявлена ценопопуляция Лапчатки серебристой, в Городищенском районе Волгоградской области, представители которой накапливают в траве дубильные вещества в количестве, значительно превышающем средние показатели для данного сырья (более 20 %).

Цель работы – изучить особенности анатомического строения надземной части *P. argentea* и составить описание макроскопических и микроскопических признаков сырья «Лапчатки серебристой трава».

Материал и методы исследования

Материалом для выполнения работы послужило сырье «Лапчатки серебристой трава», собранное в Городищенском районе Волгоградской области в мае 2023 и 2024 гг.

Макроскопический анализ сырья «Лапчатки серебристой трава» проводили с использованием стереомикроскопа Микромед MC-5-ZOOM LED 8х-50х, руководствуясь ОФС.1.5.1.0002 [6], линейные размеры листьев и цветков определяли как среднее арифметическое.

Микропрепараты готовили, руководствуясь ОФС.1.5.3.0003 [7]. Для размягчения и удаления пузырьков воздуха стебли и черешки *P. argentea* поместили в смесь вода – этанол 1 : 1 и выдержали в течение 7 суток. Для просветления листьев исследуемый образец кипятили в фарфоровой чашке с раствором натрия гидроксида 5 %, разведенным водой (1 : 1). Микроскопический анализ сырья проводили с использованием микроскопа Zeiss «Primo Star». Снимки микропрепаратов были сделаны с использованием цифровой камеры Zeiss «Axioscam 105 color».

Результаты и обсуждение

Исследуемое сырье «Лапчатки серебристой трава» представляет собой прямые или слегка изогнутые цветonoсные облиственные стебли без грубых нижних частей растения длиной до 25 см. Стебли опушены простыми шелковистыми волосками, придающими серебристый оттенок.

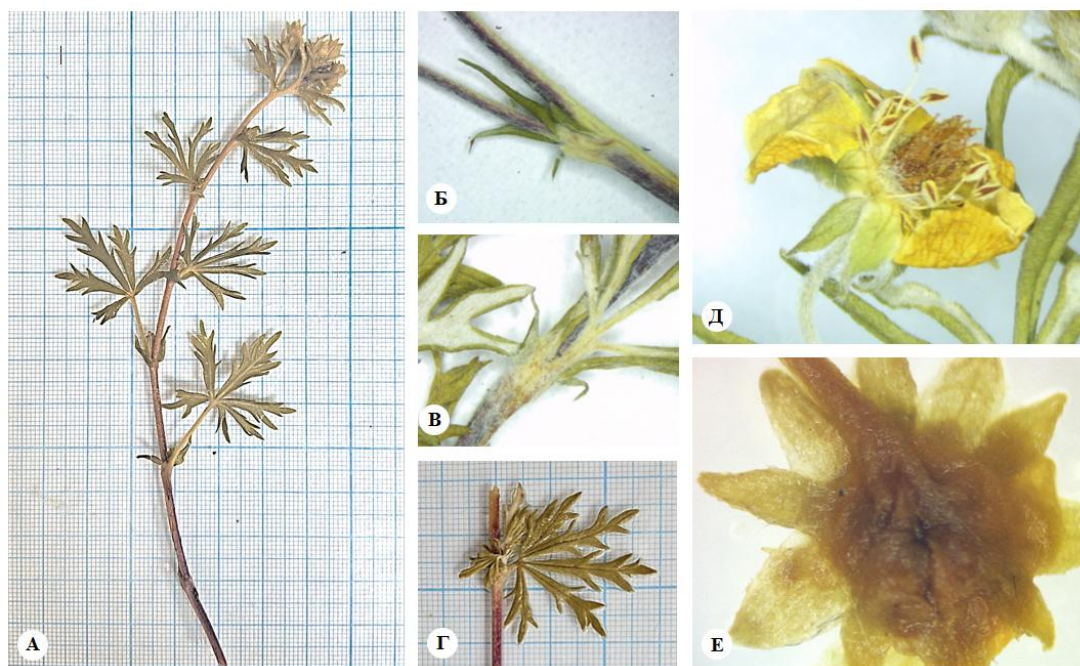


Рис. 1. Сырье «Лапчатки серебристой трава»:

А – общий вид сырья, Б, В – прилистники стеблевых листьев, Г – лист (верхняя сторона), Д – цветок, Е – чашечка цветка

Листья очередные, пальчато-сложные. Нижние листья имеют длинные черешки, верхушечные листья практически сидячие. Листочки сложного листа узко-обратнояйцевидные, 2–3 см длиной, перисто-раздельные, неравно-зубчатые, имеют узко-клиновидное основание. Доли листочков вытянутые, с острым окончанием, край листовой пластинки слегка завернут на нижнюю сторону. Листовые пластинки сверху почти голые, с небольшим количеством простых прямых волосков, снизу обильно опушенные беловолоочными простыми волосками. Прилистники, приросшие к основанию черешка, пальчато-раздельные с шиловидными долями.

Цветки собраны в верхушечные щитковидно-метельчатые соцветия. Цветки мелкие, 10–12 мм в диаметре, желтые, с двойной чашечкой. Чашечка и подчашие пяти-раздельные, опушенные. Листочки чашечки яйцевидные, листочки подчашия узкие, более мелкие. Длина лепестков около 4 мм (рис. 1).

Выявленные морфологические признаки сырья «Лапчатки серебристой трава» (*Potentilla argentea herba*) соответствуют имеющимся описаниям в литературных источниках [1, 3, 14], средние размеры листьев и цветков совпадают с таковыми в ФС 42-2172-84 [4].

При микроскопировании с поверхности были выявлены следующие особенности анатомического строения листьев *P. argentea* (рис.2). Клетки верхнего эпидермиса с почти прямыми, нижнего – с извилистыми стенками. Устьица аномоцитного типа присутствуют на обеих сторонах листа. На верхней стороне листа устьиц почти не встречается ($1,9 \pm 1,2$ в поле зрения), на нижней стороне их значительно больше ($13,3 \pm 5,4$ в поле зрения), околоустьичных клеток 5–7. Волоски встречаются по всей поверхности листовой пластинки с обеих сторон. На верхней стороне листа преимущественно встречаются простые прямые относительно короткие волоски, на нижней – длинные, мягкие, извилистые. Околоволоосковые клетки, как правило, на препаратах окрашены темнее, чем остальные клетки эпидермиса. С нижней стороны на листьях встречаются крупные округлые железы с темным содержимым 130–150 мкм диаметром, и, довольно редко, головчатые волоски с двухклеточной ножкой и двухклеточной головкой.

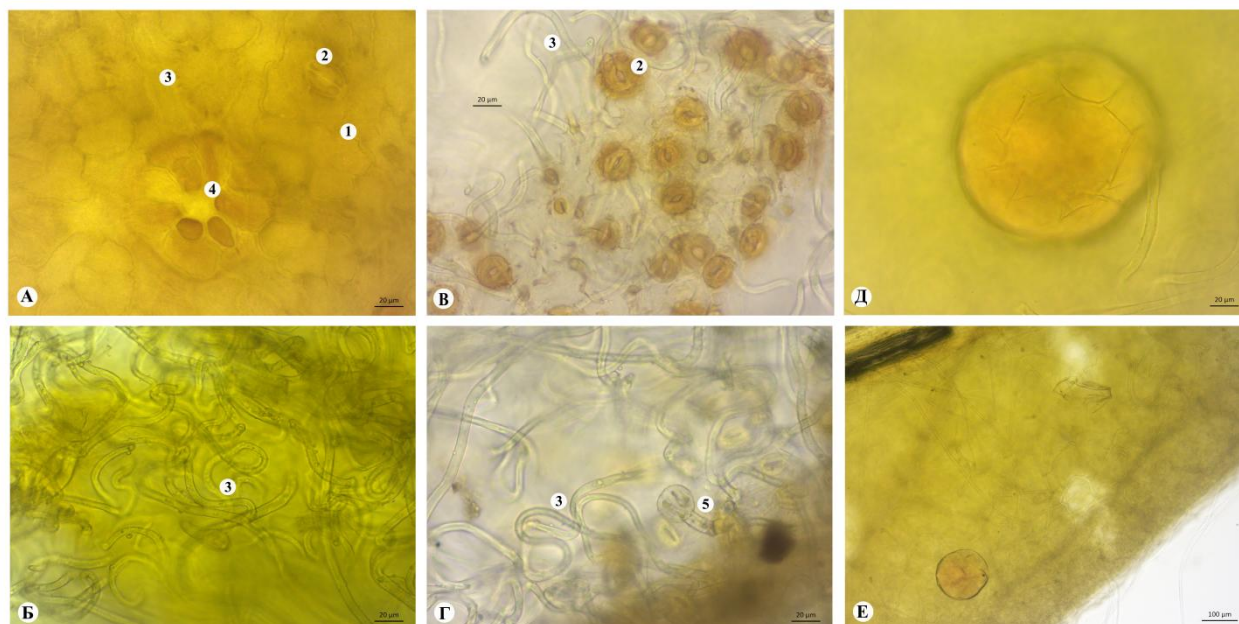


Рис. 2. Фрагменты поверхностного микропрепарата листа *Potentilla argentea* L.:

А – верхний эпидермис; Б – Е – нижний эпидермис, Б – простые волоски, В – простые волоски и устьица, Г – простые и головчатый волоски, Д (40х), Е (10х) – железа. 1 – эпидермальные клетки, 2 – устьица, 3 – простой волосок, 4 – основание волоска, 5 – головчатый волосок

На микропрепарате поперечного среза стебля *P. argentea* наблюдается характерное для двудольных растений пучковое строение. Покровная ткань представлена однослойной эпидермой с остатками кутикулы. Имеются многочисленные простые волоски. Ткани

первичной коры представлены пластинчатой колленхимой, ассимилирующей паренхимой с крупными клетками и остатками эндодермы. Флоэма и ксилема располагаются в открытых проводящих пучках коллатерального типа. Со стороны флоэмы каждый проводящий пучок окружен плотной обкладкой из склеренхимных волокон. Проводящие пучки сближены и образуют почти сплошной круг. Центральная часть стебля занята сердцевинной паренхимой, клетки которой постепенно увеличиваются к центру. В клетках сердцевинной паренхимы встречаются идиобласты с друзами оксалата кальция (рис. 3).

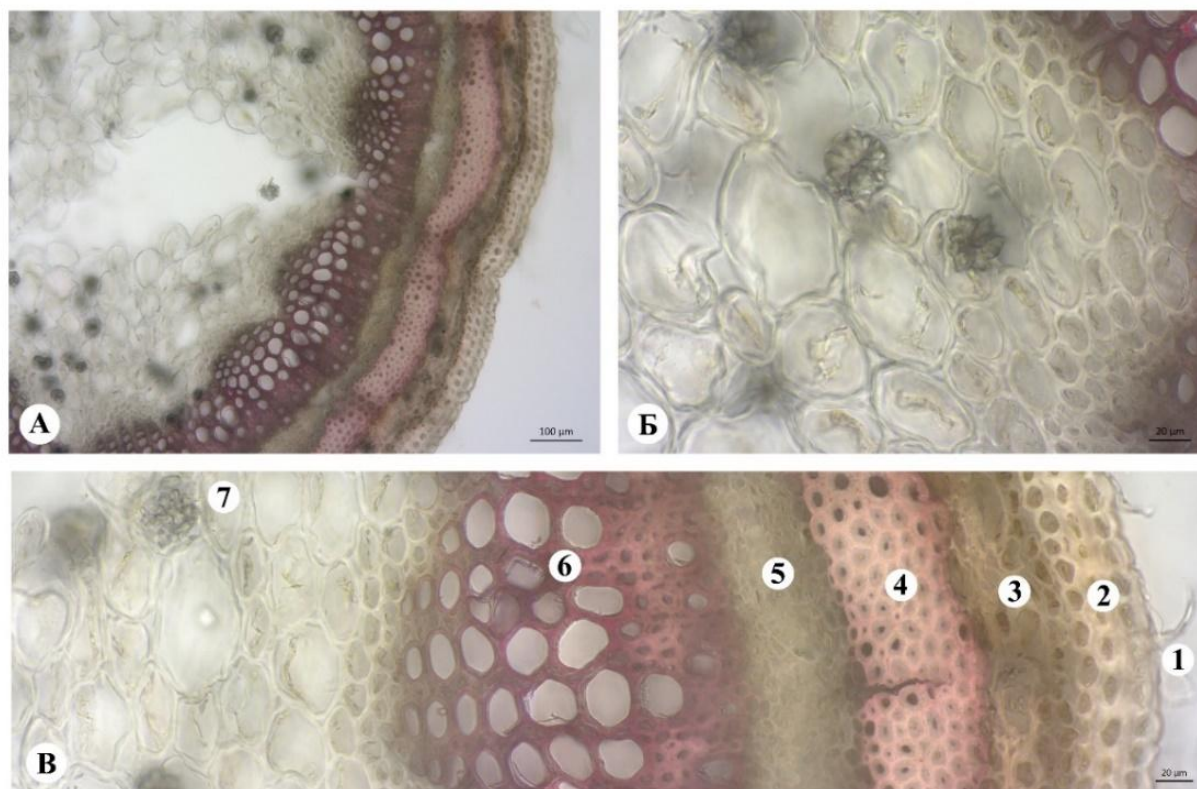


Рис. 3. Фрагменты микроскопии поперечного среза стебля *Potentilla argentea* L.:
 А – поперечный срез стебля (10х), Б – друзы оксалата кальция (40х), В – поперечный срез стебля (40х):
 1 – эпидерма, 2 – колленхима, 3 – ассимилирующая паренхима, 4 – склеренхимные волокна, 5 – флоэма,
 6 – ксилема, 7 – сердцевинная паренхима и идиобласты с друзами оксалата кальция

На всем протяжении черешок имеет подковообразную форму на поперечном сечении с четко выраженными крыльями, выемчатую с абаксиальной стороны и вогнутую – с адаксиальной. Проводящая система представлена закрытыми проводящими пучками коллатерального типа. В ходе исследования мы обратили внимание на то, что ближе к основанию черешка проводящих пучков пять: из них четыре мелких латеральных пучка располагаются по крыльям черешка и один более крупный основной пучок расположен ближе к центру. По направлению к листовая пластинке два из латеральных пучков сближаются с центральным, а затем сливаются с ним, образуя синтетический пучок. В результате образуются три проводящих пучка: один крупный центральный проводящий пучок и два латеральных мелких пучка локализованных в крыльях черешка (рис. 4). Такое строение наблюдалось во всех исследуемых черешках листьев срединной формации (мы рассматривали листья 30 растений, собранных в данной популяции). В литературных источниках для черешка лапчатки серебристой, произрастающей на Дальнем Востоке, приводятся только три проводящих пучка [5]. Поскольку дальневосточные популяции лапчатки серебристой достаточно удалены от ниже-волжских, возможно, данное строение является особенностью исследуемой популяции и связано с условиями произрастания.



Рис. 4. Микрофотографии поперечных срезов черешков стеблевых листьев *Potentilla argentea* L.:

А (4х), Б, В (10х) – общий вид: 1 – абаксиальная сторона черешка, 2 – адаксиальная сторона черешка, 3 – центральный проводящий пучок, 4 – латеральный проводящий пучок, 5 – центральный проводящий пучок после слияния с латеральными

Эпидермис черешков образован клетками округлой формы и покрыт с наружной поверхности толстым слоем кутикулы. Под эпидермой располагаются 1–2 слоя пластинчатой колленхимы, глубже – ассимилирующая паренхима. Паренхимная обкладка проводящих пучков хорошо развита и отделяет основной пучок от латеральных. Со стороны ксилемы к пучкам прилегает колленхима, со стороны флоэмы хорошо развита склеренхимная обкладка. В концах крыльев и в середине абаксиальной стороны черешка отмечается увеличение количества слоев колленхимы до 4–5 (рис. 5).

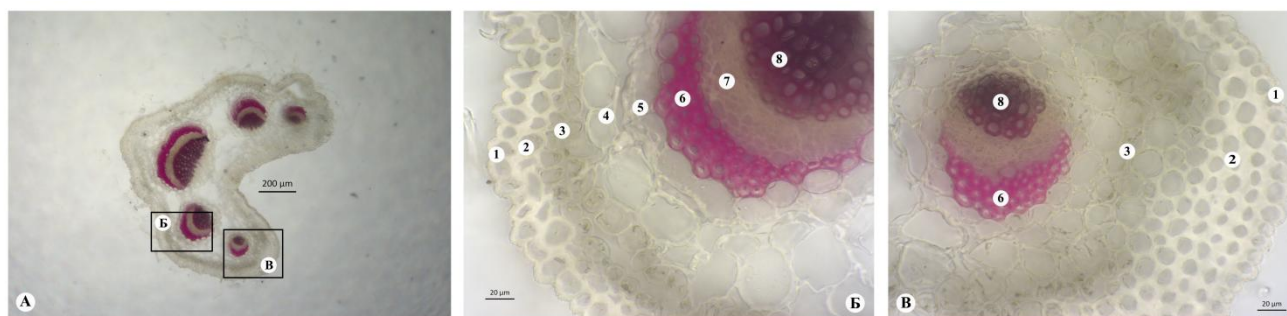


Рис. 5. Фрагменты поперечных срезов черешков стеблевых листьев *Potentilla argentea* L.:

А – общий вид (4х), Б – напротив среднего латерального пучка (40х), В – на конце крыла черешка (40х): 1 – эпидерма, 2 – колленхима, 3 – ассимилирующая паренхима, 4 – основная паренхима, 5 – паренхимная обкладка пучка, 6 – склеренхимная обкладка пучка, 7 – флоэма, 8 – ксилема

На адаксиальной стороне черешка в основной паренхиме имеются крупные межклетники, которые образованы в результате частичного разрушения паренхимных клеток. У других видов лапчаток здесь часто образуется воздушная полость [5]. В наших образцах в черешках воздушная полость отсутствует. Другие авторы также отмечают, что у *P. argentea* в черешках не образуется воздушная полость [5]. Это говорит о том, что данный признак является устойчивым и может использоваться для диагностики лекарственного растительного сырья «Лапчатки серебристой трава».

Выводы

При макроскопическом исследовании сырья «Лапчатки серебристой трава» показано, что морфологические признаки стебля, листьев, черешков и цветков в исследуемой популяции соответствуют морфологическим признакам, описанным в литературе для данного сырья [1, 3, 10, 12], являются стабильными и могут использоваться в качестве диагностических при макроскопическом анализе сырья.

В ходе микроскопического исследования выявлены наиболее характерные признаки для поперечного среза стебля *P. argentea*. К ним относятся: открытые проводящие пучки коллатерального типа в количестве 12–16 (в зависимости от толщины стебля), почти

сливающиеся между собой, плотная обкладка пучков из склеренхимных волокон со стороны флоэмы, наличие многочисленных идиобластов с друзами оксалата кальция в сердцевине.

Для поверхности листовой пластинки характерными особенностями являются: наличие устьиц аномоцитного типа, простых одноклеточных прямых и извилистых волосков, редких головчатых волосков, крупных округлых железок (1–2 в поле зрения).

Для поперечных срезов черешка листа характерными признаками являются: подковообразная форма на поперечном сечении с четко выраженными крыльями, отсутствие воздухоносной полости в центре черешка, увеличение количества слоев колленхимы в концах крыльев черешка и напротив центрального пучка с абаксиальной стороны, для увеличения прочности и противостояния статическим и динамическим нагрузкам.

Количество проводящих пучков в черешках листьев может варьировать от трех до пяти, но при этом на протяжении черешка дополнительные латеральные пучки могут сливаться и образовывать синтетический пучок с центральным.

Список литературы

1. Абрамчук А. В., Карпухин М. Ю. Особенности применения лапчатки (*Potentilla* L.) в медицине // Вестник биотехнологии. 2019. № 3 (20). С. 15.
2. Болотова В. Ц., Скляревская Н. В., Попова К. В. Биологическая активность травы лапчатки серебристой // Фармация. 2014. № 6. С. 54–56.
3. Князева Г. Е., Пашков А. Н., Карташова Н. М., Чепрасова А. А., Обыденных Е. В. Действующие вещества в некоторых видах рода Лапчатка (*Potentilla* L.) // Метод Z, 2022. №3 (5). С. 9–11.
4. Куркин В. А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов: 2-е, перераб. и доп. Самара: Офорт, 2007. 1239 с.
5. Моторыкина Т. Н. Анатомическое строение черешков стеблевых листьев у некоторых видов рода *Potentilla* (Rosaceae) // Turczaninowia. 2015. Т. 18, № 3. С. 75–83.
6. ОФС.1.5.1.0002 «Травы» // Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-2/travy/> (дата обращения 20.02.2025).
7. ОФС.1.5.3.0003 «Микроскопический и микрохимический анализ лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» // Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/mikroskopicheskiy-i-mikrokhimicheskiy-analiz-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya-i-lekarstvennykh-sred/> (дата обращения 20.02.2025).
8. Романтеева Ю. В., Дурнова Н. А. Фитохимический анализ травы лапчатки серебристой *Potentilla argentea* L., произрастающей в П. Чардым Саратовской области // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. Саратов. 2015. № 13. С. 74–78.
9. Романтеева Ю. В., Игонина Е. А. Исследование сырья лапчатки серебристой, произрастающей в Саратовской области // Бюллетень медицинских интернет-конференций. Саратов: ООО «Наука и инновации», 2014. Т. 4, № 5. С. 785.
10. Романтеева Ю. В. Изучение травы лапчатки серебристой // Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин: матеріали I Міжнарод. науково-прак. internet-конф. Харків: Видавництво НФаУ, 2014. С. 151.
11. Скляревская Н. В., Попова К. В. Стандартизация травы лапчатки серебристой // Фармация. 2013. № 5. С. 12–14.
12. Хисямова Д. М., Куркин В. А., Лямин А. В., Жестков А. В. Антимикробная активность водных извлечений из подземных органов некоторых видов лапчатки // Фармация. 2016. Т. 65, № 1. С. 32–34.

13. Хисямова Д. М. Сравнительное фармакогностическое исследование некоторых представителей рода Лапчатка (*Potentilla* L.): дис. ... канд. фарм. наук: спец. 14.04.02. Самарский государственный медицинский университет. Самара, 2017. 24с.
14. Шишло М. С. Описание некоторых видов рода *Potentilla* sp. // World science. 2016. Vol. 2, No 8 (12). С. 5–8.
15. Augustynowicz D., Latte K. P., Tomczyk M. Recent phytochemical and pharmacological advances in the genus *Potentilla* L. sensu lato – An update covering the period from 2009 to 2020 // Journal of Ethnopharmacology. 2021. Vol. 266. С. 113412. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113412>.
16. Bazylo A., Tomczyk M., Flazinska A., Legas A. Chemical fingerprint of *Potentilla* species by using HPTLC method // Journal of Planar Chromatography-Modern TLC. 2011. Vol. 24, No 5. С. 441. <https://doi.org/10.1556/JPC.24.2011.5.14>.
17. IntIPNI (2025). International Plant Names Index. Published on the Internet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipni.org/n/727660-1> (accessed 20.02.2025).
18. Li X., Tian Y., Wang T., Lin Q., Feng X., Jiang Q., Liu Y., Chen D. Role of the p-coumaroyl moiety in the antioxidant and cytoprotective effects of flavonoid glycosides: comparison of astragaloside and tiliroside // Molecules. 2017. T. 22, No 7. С. 1165. <https://doi.org/10.3390/molecules22071165>.
19. Plants of the World Online // Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew [Электронный ресурс]. URL: https://powo.science.kew.org/taxon/727660-1?_gl=1*xtzz0v*_ga*NTE5MDA0ODU1LjE2NTIzNTUyODc.*_ga_ZVV2HHW7P6*MTc0MDIxMjQwMC4xNy4xLjE3NDAYMTMzMjYuMC4wLjA (accessed 20.02.2025).
20. Sut S., Dall'Acqua S., Uysal S., Zengin G., Aktumsek A., Picot-Allain C., Mahomoodally F. LC-MS, NMR fingerprint of *Potentilla argentea* and *Potentilla recta* extracts and their in vitro biopharmaceutical assessment // Industrial Crops and Products, 2019. Vol. 131. С. 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.047>.
21. Tomczyk M., Tumanov A., Zaniowska A., Surazynski A. The potential mechanism of tiliroside-dependent inhibition of t-butylhydroperoxide-induced oxidative stress in endometrial carcinoma cells // Planta medica. 2010. T. 76, No 10. С. 963–968. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1240900>.
22. Tomczyk M., Drozdowska D., Bielawska A., Bielawski K., Gudej J. Human DNA topoisomerase inhibitors from *Potentilla argentea* and their cytotoxic effect against MCF-7 // Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences. 2008. T. 63, No 5. С. 389–393.
23. Tomczyk M., Leszczyńska K., Jakoniuk P. Antimicrobial activity of *Potentilla* species // Fitoterapia. 2008. T. 79, No 7–8. С. 592–594. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.06.006>.

Поступила в редакцию 24.02.2025 г.

Minaeva A. Y., Dusupova K. T., Zemlyanskaya I. V., Yanitskaya A. V. Study of morphological and anatomical characters of silvery cinquefoil (*Potentilla argentea* L.). – This paper presents the results of the study of morphological and anatomical characters of the above-ground parts of *Potentilla argentea* L. growing on the territory of Volgograd region. Detailed descriptions of morphological and anatomo-histological features of medicinal plant raw material “*Potentillae argentea* herba” are compiled, which can be used to update the regulatory documentation governing this type of medicinal plant raw material.

Key words: *Potentilla argentea* L., medicinal plant raw material, macroscopic analysis, microscopic analysis, petiolar anatomy.

Минаева Алина Юрьевна

студентка 5-го курса фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Волгоград, РФ
E-mail: minaeva14.02@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8374-5427

Minaeva Alina Yuryevna

5th year pharmacy student Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Volgograd, Russian Federation.

Дусупова Карина Тулегеновна

студентка 5-го курса фармацевтического
факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации, г. Волгоград, РФ
E-mail: dusupovakarina4@gmail.com
ORCID: 0009-0000-7410-8733

Dusupova Karina Tulegenovna

5th year pharmacy student Volgograd State Medical
University, Ministry of Health of the Russian
Federation,
Volgograd, Russian Federation.

Землянская Инна Владимировна

кандидат биологических наук,
доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации, г. Волгоград, РФ
E-mail: ignis@list.ru
ORCID: 0000-0001-5114-8492
Author ID: 6504546814

Zemlyanskaya Inna Vladimirovna

Candidate of Biological Sciences;
Docent Volgograd State Medical University, Ministry
of Health of the Russian Federation,
Volgograd, Russian Federation.

Яницкая Алла Владимировна

кандидат биологических наук;
доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации, г. Волгоград, РФ
E-mail: a.yanitskaya@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-8458-897X
Author ID: 6506592639

Yanitskaya Alla Vladimirovna

Candidate of Biological Sciences;
Docent Volgograd State Medical University, Ministry
of Health of the Russian Federation,
Volgograd, Russian Federation.

© Н. С. Мирненко

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОНТЕКСТЕ АДАПТАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ *DIPLOTAXIS MURALIS* (L.) DC.

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

Мирненко Н. С. Результаты исследований в контексте адаптационных стратегий и репродуктивной способности *Diplotaxis muralis* (L.) DC. – В статье представлены результаты исследований репродуктивной системы *Diplotaxis muralis* (L.) DC. в условиях степной зоны при повышенных температурах, а также в районах с высоким уровнем антропогенного воздействия. Установлено, что размер, стерильность и морфологические особенности пыльцы, а также количество семязачатков варьируют в зависимости от экологических и климатических факторов. В экстремальных условиях доля стерильной пыльцы достигала 65 %, что связано с нарушениями в развитии тапетума и дегидратацией тканей археспориальной ткани микроспорангия. В районах с повышенным загрязнением воздуха (вблизи транспортных путей и промышленных объектов) наблюдалось увеличение доли деформированной пыльцы и снижение ее фертильности. В то же время в более защищенных и изолированных участках показатели фертильности оставались высокими (до 96 %).

Ключевые слова: *Diplotaxis muralis*, репродуктивная система, пыльцевые зерна, стерильность пыльцы, фертильность, адаптационные стратегии, экологическое состояние.

Введение

Пыльцевое зерно является уникальной структурой в жизненном цикле покрытосеменных растений, обеспечивая транспорт мужских гамет для опыления и последующего оплодотворения. Сложная организация пыльцевого зерна, включающая внутренние и внешние оболочки, играет важную роль в адаптации растений к различным экологическим условиям и защите от неблагоприятных факторов среды [1–3].

Покрытосеменные растения демонстрируют большое разнообразие в строении пыльцевых зерен, что обусловлено их эволюционными стратегиями и экологической нишей. Внешняя оболочка пыльцы – экзина – состоит из спорополленина, одного из наиболее устойчивых биополимеров, обеспечивающего защиту от ультрафиолетового излучения, механических повреждений и патогенов. Внутренняя оболочка – интина – состоит из целлюлозы и пектина, участвует в регуляции водного баланса и обеспечивает прорастание пыльцы при достижении рыльца пестика. Морфология пыльцевого зерна, включая его размер, форму, текстуру поверхности и структуру пор, отражает адаптацию к способу опыления (ветром, насекомыми, водой и т.д.) и климатическим особенностям среды обитания [4–6].

Особый интерес представляет изучение пыльцы покрытосеменных растений, произрастающих в регионах с жарким климатом, таких как Донбасс. Климатические особенности Северного Причерноморья включают контрастные температуры, колебания влажности и техногенные воздействия, которые формируют уникальные условия для изучения структурных и химических адаптаций пыльцевых зерен [7].

Зачастую внимание ученых в палинологических исследованиях уделяется покрытосеменным растениям, которые демонстрируют широкое разнообразие форм и структур пыльцы. Эти особенности связаны как с механизмами опыления (ветроопыляемые, насекомоопыляемые или самоопыляемые виды), так и с климатическими условиями, в которых обитают растения. Регион Донецка, с его умеренно-континентальным климатом и значительным техногенным влиянием, представляет собой уникальную среду для изучения структурных и адаптационных особенностей пыльцы [8–10].

Соотношение количества пыльцевых зерен к числу семязачатков (pollen/ovule ratio) представляет собой один из ключевых параметров, описывающих особенности репродуктивной биологии растений. Этот показатель отражает вероятность доставки необходимого количества пыльцы на рыльце для обеспечения оптимального образования семян. Иными словами, он определяет минимальное количество пыльцы, при превышении которого дальнейшего роста семенной продуктивности не наблюдается. Значение данного соотношения обратно пропорционально эффективности переноса пыльцы от тычинок к рыльцу. Следовательно, величина pollen/ovule ratio тесно связана с типом репродуктивной системы конкретного вида. Наименьшие значения этого показателя отмечаются у растений с преимущественно самоопыляющейся системой размножения, особенно у видов с клейстогамией [9].

Цель работы – анализ адаптационных свойств пыльцы растений в условиях климатической изменчивости и антропогенного воздействия на территории пгт. Новый Свет, а также выявление закономерностей, определяющих эволюционные стратегии выживания растений в условиях динамичной среды.

Материал и методы исследования

В работе проведены исследования адаптации репродуктивной системы и выявлению адаптационных возможностей эмбриологических показателей развития пыльцевого зерна двурядника стенного (*Diplotaxis muralis* (L.) DC.) (рис. 1). Данный вид является одним из типичных представителей флоры Донбасса, что обусловлено его способностью произрастать в самых разнообразных условиях, включая сухие и меловые склоны, сорные и каменистые участки, а также вдоль дорог. В степной зоне северного Причерноморья *D. muralis* испытывает дефицит влаги из-за длительного засушливого периода характерного для Юга России.



Рис. 1. Общий вид двурядника стенного (*Diplotaxis muralis* (L.) DC.) (фото автора)

Сбор материала проводили выборочно с цветущих экземпляров двурядника стенного в августе и сентябре 2018 г. и 2024 г. Часть собранных образцов помещали в бумажные пакеты, на которых указывали дату и место сбора, другая часть фиксировалась в 70 %-ном этиловом спирте для дальнейшего анализа.

Для оценки качества пыльцы применялся йодный метод [4, 6, 9], основанный на выявлении крахмала при помощи йодной реакции. Фертильные и стерильные пыльцевые зерна отличаются по содержанию крахмала: фертильное зерно полностью заполнено крахмалом, тогда как стерильное его не содержит. Пыльцевые зерна с незавершенным развитием содержат меньше крахмала, чем зрелые. При микроскопическом исследовании фертильные зерна окрашивались в темно-фиолетовый цвет, благодаря взаимодействию крахмала с йодом, тогда как стерильные оставались неокрашенными из-за отсутствия крахмала. Неокрашенными также оставались оболочки пыльцевых зерен [9].

Для каждого образца определяли процент фертильных пыльцевых зерен от общего количества, наблюдаемого в 3–5 полях зрения микроскопа. В рамках анализа подсчитывали более 1 000 пыльцевых зерен на каждой исследуемой площадке.

Морфологические признаки пыльцы устанавливали под микроскопом Primo Star (Carl Zeiss) с соблюдением правил микроскопирования (увеличение 40×10 и 90×10) [9, 10]. Также при анализе отмечали различные морфологические дефекты пыльцы. К ним относили пыльцевые зерна с нехарактерной формой (тератные).

Сбор материала производили на 5 пробных площадках пгт. Новый Свет:

- 1) ул. Энергетическая (на берегу Старобешевского водохранилища);
- 2) ул. Промышленная; 3) ул. Энгельса; 4) ул. Школьная; 5) ул. Строительная.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было установлено, что пыльцевые зерна *D. muralis* варьировали в размерах от $23,7 \pm 1,8$ мкм до $27,2 \pm 2,8$ мкм. Среднее количество пыльцевых зерен в каждой теке пыльника составляло от $1\,247 \pm 97$ до $2\,563 \pm 202$ шт., тогда как число семязачатков находилось в пределах от 61 до 73 (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые параметры генеративных структур *Diplotaxis muralis* (L.) DC.

Исследуемый параметр <i>D. muralis</i>	Год	
	2018	2024
Количество пыльцы в теке	$192,6 \pm 16,7$	$164,7 \pm 15,3$
Степень стерильности пыльцы	$27,2 \pm 21,1$	$21,9 \pm 22,2$
Размер пыльников мкм	$4\,421 \pm 211,2$	$3\,768 \pm 189,3$
Размер пыльцевых зерен мкм	$27,2 \pm 2,8$	$23,7 \pm 1,8$
Количество семязачатков	$67 \pm 0,6$	$72 \pm 0,6$
Соотношение числа пыльцевых зерен и семязачатков	57,2	26,7

Анализ собранных данных показывает, что степень стерильности пыльцы и ее морфологические характеристики у *D. muralis* тесно связаны с локальными экологическими условиями, в частности, с уровнем антропогенного воздействия и удаленностью от источников загрязнения. В августе и сентябре количество стерильной пыльцы изменялось от 4 % до 15 % в зависимости от точки отбора. Максимальная доля стерильной пыльцы наблюдалась в районах, находящихся вблизи транспортных путей и Старобешевской ТЭС (ул. Энергетическая, ул. Промышленная и ул. Энгельса), что, вероятно, связано с высоким уровнем загрязнения воздуха и сопутствующим экологическим стрессом. В более изолированных районах (ул. Школьная и ул. Строительная) стерильность пыльцы была минимальной, что указывает на значительное влияние защитных факторов, таких как удаленность от источников загрязнения и наличие природных барьеров.

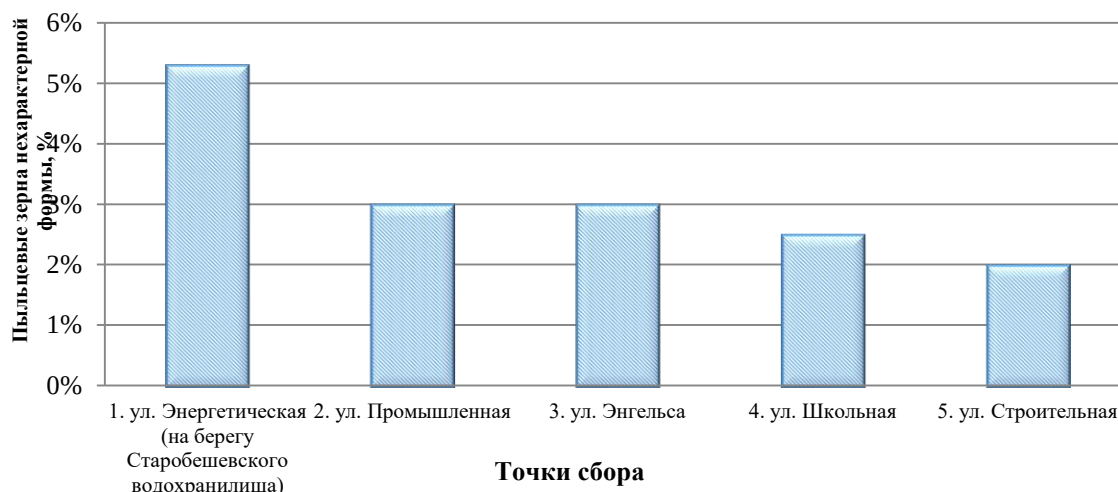


Рис. 2. Количество деформированной пыльцы *Diplotaxis muralis* (L.) DC.

Наибольшая доля фертильной пыльцы (до 96 %) отмечена в точках с низким уровнем загрязнения (ул. Строительная), тогда как минимальные значения (85–87 %) зафиксированы на ул. Энергетической, что подтверждает гипотезу о негативном влиянии антропогенных факторов на репродуктивную функцию растений (рис.2). Уровень деформации пыльцы (тератные пыльцевые зерна) также оказался выше в районах с повышенным стрессовым воздействием (до 5 % на ул. Энергетической, Промышленной и Энгельса) по сравнению с более благоприятными участками (2 % на ул. Строительная).

Стратегически *D. muralis* демонстрирует способность адаптироваться к неблагоприятным условиям, включая загрязнение и жаркий климат. Однако, высокая степень стерильности и деформации пыльцы в условиях повышенного антропогенного воздействия может ограничивать успешное воспроизводство, требуя перекрестного опыления и дополнительных энергетических затрат. Таким образом, антропогенные факторы становятся не только стрессорами, но и ключевым барьером для выживания и распространения вида в условиях урбанизированных территорий.

Соотношение количества пыльцевых зерен и семязачатков указывает на принадлежность *D. muralis* к типу факультативной ксеногамии, что обуславливает характерное для этого вида развитие протерандрии. Этот механизм способствует самонесовместимости, и для успешного расселения растений необходимо перекрестное опыление. Установлено, что размеры пыльцевых зерен и их стерильность могут быть связаны с повышением температуры и снижением уровня доступной влаги. В некоторых точках отбора стерильность пыльцы достигала 65 % от общего количества, что свидетельствует о нарушениях в развитии тапетума пыльников (рис. 3 и 4).

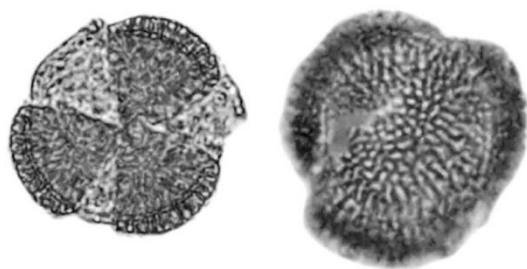


Рис. 3. Пыльца двурядника стеного (*Diplotaxis muralis* (L.) DC.), увеличение 90×10 (фото автора)

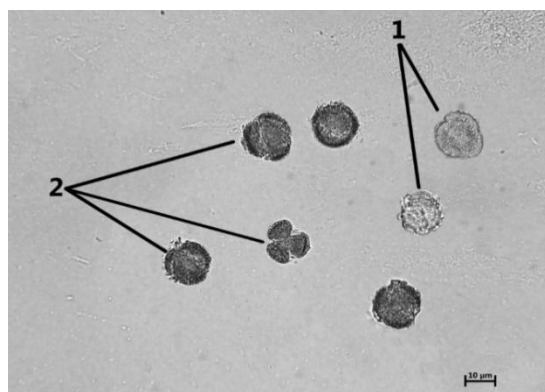


Рис. 4. Окрашенная (1), неокрашенная (2) пыльца *Diplotaxis muralis* (L.) DC., увеличение 40×10 (фото автора)

Репродуктивная способность растений в условиях массовой деградации пыльцевых зерен может компенсироваться увеличением их общего числа. Однако достаточное развитие пыльцевых зерен требует соблюдения условий оптимума, (необходимое минеральное питание, наличие влаги и др.), что может быть скомпенсировано повышенными энергетическими затратами.

В условиях наблюдений дефицит влаги был идентифицирован как лимитирующий фактор, оказывающий значительное влияние на созревание пыльцевых зерен, особенно на уровне археспориальной ткани. Со временем в популяциях *D. muralis* проявлялась гетерогенность, связанная с адаптацией к неблагоприятным условиям, что сопровождалось уменьшением числа пыльцевых зерен в теке и снижением их размера. Таким образом, для нормального формирования пыльцы в степной зоне растениям необходим избыток влаги, хотя одновременно наблюдалось энергосбережение, направленное на поддержание общей жизнедеятельности оставшихся органов в ущерб репродуктивным функциям.

Фенологические наблюдения показали асинхронность цветения и созревания репродуктивных структур, что проявлялось в не раскрытии пыльников при полном развитии семязачатков.

Необходимо отметить, что при дефиците влаги пыльцевые зерна изменяли свою нормальную сферическую форму. Неравномерное разрастание экзины из-за изменения тургорного давления внутри пыльцевого зерна приводило к появлению сплюснутых форм, появлению морщин и крупных борозд.

На некоторых степных участках, вблизи асфальтированных дорог и в промежутках между бордюрами, были обнаружены цветки с признаками андромоноэтии, полностью лишенные тычинок, что может указывать на проявление гермафродитизма у *D. muralis* в условиях экстремального стресса окружающей среды.

Выводы

Стратегии выживания *D. muralis* в условиях дефицита влаги и повышенных температур демонстрируют адаптационный баланс между энергосбережением и поддержанием репродуктивной способности. Несмотря на снижение качества и количества пыльцы, а также деградацию семязачатков, растения сохраняют способность к воспроизводству за счет структурных и функциональных изменений, направленных на минимизацию потерь. Высокий уровень стерильности пыльцы и частичная абортация семязачатков указывают на перенаправление ресурсов для поддержания жизнеспособности оставшихся репродуктивных структур.

Проявление андромоноэтии и гермафродитизма в экстремальных условиях свидетельствует о гибкости репродуктивной системы, которая адаптируется к неблагоприятным факторам, создавая новые механизмы размножения. Это позволяет *D. muralis* не только выживать, но и сохранять популяции в условиях стресса, характерных для степной зоны. Таким образом, снижение репродуктивной продуктивности компенсируется развитием энергоэффективных стратегий, обеспечивающих продолжение рода в условиях нестабильной среды.

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

Список литературы

1. Захаренкова Н. С. Анализ пыльцевых зерен сорно-рудеральных видов в воздушной среде г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докл. XI Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2017. С. 312–314.

2. Мирненко Н. С. Формирование базы пыльцы растений техногенных экотопов г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник материалов XVI Междунар. конф. аспирантов и обучающихся (Донецк, 02–04 июня 2022 г.). Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2022. С. 41–42. EDN: FBUKAP.
3. Мирненко Н. С. Состояние пылевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 12–17.
4. Нуралиев М. С. Соотношение числа пылевых зерен и семязачатков в цветках пяти азиатских представителей *Schefflera* S.L. (Araliaceae) с разным планом строения цветка и его возможное значение для репродуктивной биологии этих видов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2012. Т. 117, № 4. С. 48–55. EDN PLRDZX.
5. Папонов А. Н. К введению в культуру двурядки тонколистной (*Diplotaxis tenuifolia*). Особенности выращивания этого салатного растения // Аграрный вестник Урала. 2010. № 1(67). С. 36–38. EDN: MSXWDL.
6. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.
7. Сафонов А. И. Атипичный морфогенез фитоиндикаторов в экологическом мониторинге Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 4. С. 94–101. DOI: 10.5281/zenodo.14227649. EDN: SDSJHS.
8. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций: монография. Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. 289 с. ISBN 978-5-605-24266-6. EDN QVJSQE.
9. Юдакова О. И. Специфика адаптации системы семенного размножения *Deschampsia antarctica* E. Desv. к условиям Прибрежной Антарктики // Онтогенез. 2016. Т. 47, № 3. С. 170–180. DOI: 10.7868/S0475145016030071. EDN: VYMBZB.
10. Safonov A. Assessing landscape disturbance in Donbass using phytomonitoring data // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 126. P. 01031. DOI: 10.1051/bioconf/202412601031. EDN: EMSANF.

Поступила в редакцию 30.01.2025 г.

Mirnenko N. S. Results of research on adaptation strategies and reproductive capacity of *Diplotaxis muralis* (L.) DC. – The article presents the results of studies on the reproductive system of *Diplotaxis muralis* (L.) DC. under the conditions of the steppe zone with elevated temperatures and moisture deficit, as well as in areas with a high level of anthropogenic influence. It was found that the size, sterility and morphological characteristics of pollen, as well as the number of seedpods, varied according to environmental factors. The proportion of sterile pollen reached 65 % under extreme conditions, which is associated with disturbances in tapetum development and dehydration of archesporium tissues. In areas of increased air pollution (near traffic routes and industrial facilities), the proportion of deformed pollen increased and its fertility decreased. At the same time, in more protected and isolated areas, fertility rates remained high (up to 96 %).

Key words: *Diplotaxis muralis*, reproductive system, pollen grains, pollen sterility, fertility, adaptation strategies, ecological condition, Donetsk.

Мирненко Наталья Сергеевна

ассистент кафедры ботаники и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: natalya_zaharenkova@mail.ru
ORCID: 0000-0001-9918-3123
Author ID: 1053365

Mirnenko Natalya Sergeevna

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

© Д. В. Рудой, А. В. Ольшевская, В. Н. Шевченко, Л. С. Головки, М. М. Оганисян

**ТЕМПЫ РОСТА САМОК АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА
CHERAX QUADRICARINATUS VON MARTENS, 1868 В УЗВ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ
К ИНДУСТРИАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ**ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1

Рудой Д. В., Ольшевская А. В., Шевченко В. Н., Головки Л. С., Оганисян М. М. Темпы роста самок австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 в УЗВ в период адаптации к индустриальным условиям. – Красноклещевый рак *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 занимает второе место в мировой аквакультуре по объемам его выращивания. В Российской Федерации в настоящее время фиксируется интерес хозяйствующих субъектов к данному объекту, однако дальнейшее масштабирование бизнес-проектов невозможно без тщательной проработки всех элементов биотехнологии его выращивания. В работе проведен эксперимент по адаптации самок красноклещевого рака к бассейновым условиям (УЗВ) после этапа прудового выращивания. В течение 42 суток адаптации выживаемость раков составила 85 %, прирост индивидуальной массы – 8,03 г (19,04 %).

Ключевые слова: аквакультура, *Cherax quadricarinatus*, биотехнология, темпы роста, ракообразные, экологическая безопасность

Введение

Ракообразные выполняют важную роль в водных экосистемах [16]. Высокая чувствительность раков к изменению качества воды обосновывает использование этой группы животных в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды. В частности, в качестве индикаторных организмов используют *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), *Astacus astacus* Linnaeus, 1758, *Cherax cainii* Austin, 2002, *Paranephrops planifrons* White, 1842 [21]. С давних времен эти животные используются в пищу человеком, что отражается на состоянии запасов ракообразных в различных водоемах. Помимо регулируемой добычи на природные популяции раков существенное влияние оказывает ННН-промысел (незаконный, нерегулируемый, несообщаемый), который, по некоторым оценкам, может превышать промышленный лов на 500–600 % [5]. Запасы раков в водоемах юга Российской Федерации активно эксплуатируются. Например, в Веселовском водохранилище (Ростовская область), исследователями регистрируется сокращение численности промысловых скоплений раков и снижение ракопродуктивности водоема с 14 кг/га в 2017 г. до 10,2 кг/га в 2021 г., а запас снизился с 34,0 т до 22,8 т (~33 %) [10]. В Ахтарско-Гривенской группе лиманов Азовского моря (Краснодарский край) с 1990 г. по 2009 г. запасы раков снизились с 420 до 22 т (~95 %) [5]. К 2020 г. запасы в этой группе водоемов оценивались на уровне 27,7 т [11], чему способствовала активная природоохранная деятельность.

Постоянный рост потребительского спроса на эту деликатесную продукцию и критическое снижение запасов привело к необходимости развития астакикультуры в разных регионах мира, в результате чего раки стали важным объектом искусственного выращивания [17]. Направления исследований отечественных ученых на протяжении длительного времени были сосредоточены на разработке биотехнологий выращивания автохтонных видов: широкопалого *Astacus astacus* и длиннопалого *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) раков. В Российской Федерации в 2020 г., согласно рыбохозяйственной статистике, в

условиях аквакультуры выращена 71 т ракообразных, среди которых раков (без указания видового состава) – 31 т (остальные 40 т – креветки) [8].

В настоящее время в отечественном секторе аквакультуры повышается интерес к новому объекту аквакультуры – австралийскому красноклешневому раку *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868, который уже стал вторым по популярности выращиваемым видом в мире [17]. *C. quadricarinatus* имеет ряд преимуществ по сравнению с автохтонными видами, среди которых наиболее значимые – высокие темпы роста и повышенное содержание мяса, составляющее до 30 % от массы тела рака (у автохтонных видов 15–20 %) [9]. В последние годы проводятся исследования по отработке элементов биотехники выращивания этого вида. Например, на научно-производственной базе ООО «Экотропик» (Астраханский государственный технический университет) проводились исследования влияния способа выращивания на темпы роста молоди [13]. Исследователями поднимаются вопросы анализа рыбоводно-биологических параметров объектов при их выращивании в разных условиях, в том числе индустриальных. Проведены исследования влияния различных кормовых рецептур из дешевых компонентов на темпы роста самцов в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) [6]. Множество исследований посвящено исследованию динамики роста молоди [2, 3, 7, 12, 14 и др.]. Разработка устойчивой биотехнологии, масштабирование выращивания и проведение кампаний по популяризации нового объекта среди потребителей, вероятно, позволит снизить прессинг на запасы автохтонных видов из-за перераспределения спроса на другой вид ракообразных.

В условиях V–VI зон прудового рыбоводства климатические условия позволяют осуществлять комбинированный тип выращивания красноклешневых раков: содержание маточного стада и получение молоди в УЗВ, товарное выращивание – в условиях земляных прудов. Такой метод выращивания считается экономически более эффективным по сравнению с бассейновым способом в течение всего цикла [18]. Эффективность выращивания зависит от состояния маточного поголовья. Биотехника выращивания любого объекта аквакультуры подразумевает проведение определенных работ по обслуживанию особей-производителей, в частности, обновление стада и его пополнение особями, продемонстрировавшими наилучшие ростовые показатели. Один из возможных способов пополнения и обновления стада производителей красноклешневых раков заключается в отборе особей после этапа товарного выращивания в условиях земляных прудов. Адаптация производителей к УЗВ является важным звеном, определяющая дальнейшую эффективность использования этих особей в воспроизводстве. В связи с этим целью настоящего исследования являлась оценка темпов роста и выживаемости самок красноклешневого рака *C. quadricarinatus*, выращенных в земляных прудах, в период адаптации к индустриальным (бассейновым) условиям.

Материал и методика исследования

Работы проводились в научно-исследовательской лаборатории «Центр агrobiотехнологии» и лаборатории индустриальной аквакультуры ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону). Для исследования использованы клинически здоровые самки австралийского красноклешневого рака *C. quadricarinatus* в возрасте 6 мес. после товарного выращивания в земляных прудах в условиях VI зоны прудового рыбоводства. Средняя масса экспериментальных особей составила $42,12 \pm 3,5$ г, длина – $12,69 \pm 0,79$ см. Всего в эксперименте по индустриальной адаптации задействовано 40 экз., которые в случайном порядке были распределены на 2 группы и помещены в бассейны из полипропилена размером 100×100 см с высотой столба воды 30 см. Плотность посадки в каждой экспериментальной емкости составила 20 экз./м². Каждый бассейн снабжен индивидуальной фильтрационной системой, обеспечивающей механическую и биологическую очистку оборотной воды. Ежедневно осуществлялась замена 30 % отработанной воды в системе на свежую. В каждом бассейне были размещены укрытия для снижения каннибализма в количестве 15 шт./бассейн. В качестве укрытий

использовали трубы из поливинилхлорида диаметром 8 см. Длина каждого укрытия составляла 15 см.

Длительность наблюдений составила 42 дня, в ходе которых ежедневно осуществляли контроль за температурой воды и концентрацией растворенного в воде кислорода при помощи кислородомера/БПК-тестера Анион-7040 (Инфраспек-Аналит НПП, Россия) с дискретностью по температуре 0,1 °С, по кислороду – 0,01 мг/л. Оптимальная температура воды поддерживалась с использованием терморегуляторов PROTEMP S 50 Вт (JBL, Германия).

Кормление раков в первые 28 суток эксперимента осуществлялось замороженными личинками хирономид Chironomidae Newman, 1834 и замороженными молодыми плодами фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*). Суточный рацион составлял 6,0 % от биомассы гидробионтов, среди которых 50 % – личинки хирономид, 50 % – замороженная фасоль. С 29 дня в рацион раков стали вводить гранулированные корма (размер гранулы 1 мм), которые составляли 50 % от задаваемой суточной нормы. В состав корма входили следующие компоненты: рыбная мука, пшеничный глютен, мясокостная мука, пшеница, жир рыбий, соевый изолят, масло подсолнечное, гаммарус, моноклоргидратлизина, DL – метеонин, L – треонин, витаминно-минеральный премикс, монокальцийфосфат, говяжий гемоглобин, плазма крови, поваренная соль, фосфат дефторированный, сода пищевая, астровим, лимонная кислота и сульфат меди.

Контрольные измерения (бонитировка) проводились каждые 14 суток эксперимента. В ходе бонитировки оценивали индивидуальную массу каждой особи (m, г) с использованием лабораторных весов II класса точности BEL LG-2202i с дискретностью 0,01 г (ChangZhou XingYun Electronic Equipment Co., Китай), а также проводили измерения общей длины тела (L, мм) при помощи штангенциркуля с погрешностью измерений $\pm 0,03$ мм.

Для оценки эффективности бассейновой адаптации производили расчет следующих показателей:

– коэффициент упитанности по Фультону (КУ, усл. ед.) согласно формуле:

$$Q\Phi = \frac{m \cdot 100}{l^3},$$

– индивидуальный прирост массы (WGi, г) с применением формулы:

$$WGi = m_1 - m_0,$$

– выживаемость (S, %) оценивали с применением формулы:

$$S = 100 * \frac{N_1}{N_0},$$

– удельную скорость роста по массе (SGRw, %/день) определяли согласно:

$$SGRw = 100 * \frac{\ln(m_1) - \ln(m_0)}{t},$$

– удельную скорость роста по длине (SGRL, %/день) согласно формуле:

$$SGRL = 100 * \frac{\ln(l_1) - \ln(l_0)}{t},$$

где m – средняя индивидуальная масса, г;

m_0 – средняя индивидуальная масса в начале периода, г;

m_1 – средняя индивидуальная масса в конце периода, г;

l – общая длина, см;

l_0 – общая длина в начале периода, см;

l_1 – общая длина в конце периода, см;

N_0 – количество особей в начале периода, экз.;

N_1 – количество особей в конце периода, экз.;

t – продолжительность периода, дней.

Результаты и обсуждение

В связи с тем, что красноклешневый рак – представитель тропического фаунистического комплекса [17], поддержание оптимальной температуры воды является лимитирующим фактором при его содержании в условиях бореального и умеренно-континентального климата. Температура воды в пруду на момент изъятия экспериментальных особей составляла в среднем $22,0^{\circ}\text{C}$. Транспортировка живых раков осуществлялась по безводной технологии, как указано в работе Y. P. Lu с соавт. [19]. При первичной профилактической обработке раков температура воды в карантинных емкостях поддерживалась на уровне значений, характерных для пруда. Обработка проводилась 5 % раствором NaCl с экспозицией 20 мин, что позволяет освободить раков от возможных инвазий эктопаразитарными агентами, а также от условно-патогенных бактерий. Лечебно-профилактическая обработка объектов аквакультуры в виде ванн с раствором NaCl различных концентраций на протяжении длительного времени используется в рыбоводстве и демонстрирует положительный терапевтический эффект [4]. В ходе профилактической обработки двигательная активность красноклешневых раков была значительно снижена, выживаемость составила 100 %.

Для снижения возможного температурного шока при первичной адаптации раков после их доставки в лабораторию скорость повышения температуры воды до оптимальных значений составляла $0,5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ в соответствии с рекомендациями Imad P. Saoud с соавт. [22], после чего поддерживалась на одном уровне и составляла в среднем $28,12 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Созданные температурные условия соответствуют оптимальным значениям для красноклешневого рака [24].

Австралийский рак толерантен к широкому диапазону pH, но тем не менее оптимальными значениями являются 7,5–8,0 усл. ед. [20]. В ходе эксперимента по адаптации уровень pH составлял в среднем $7,63 \pm 0,45$ усл. ед. (рис. 1), что соответствует зоне оптимума для вида, однако в некоторые дни наблюдений кратковременно фиксировалось защелачивание среды до 8,6 усл. ед.

При проведении работ концентрация растворенного в воде кислорода ежедневно фиксировалась на уровне ≥ 6 мл/л.

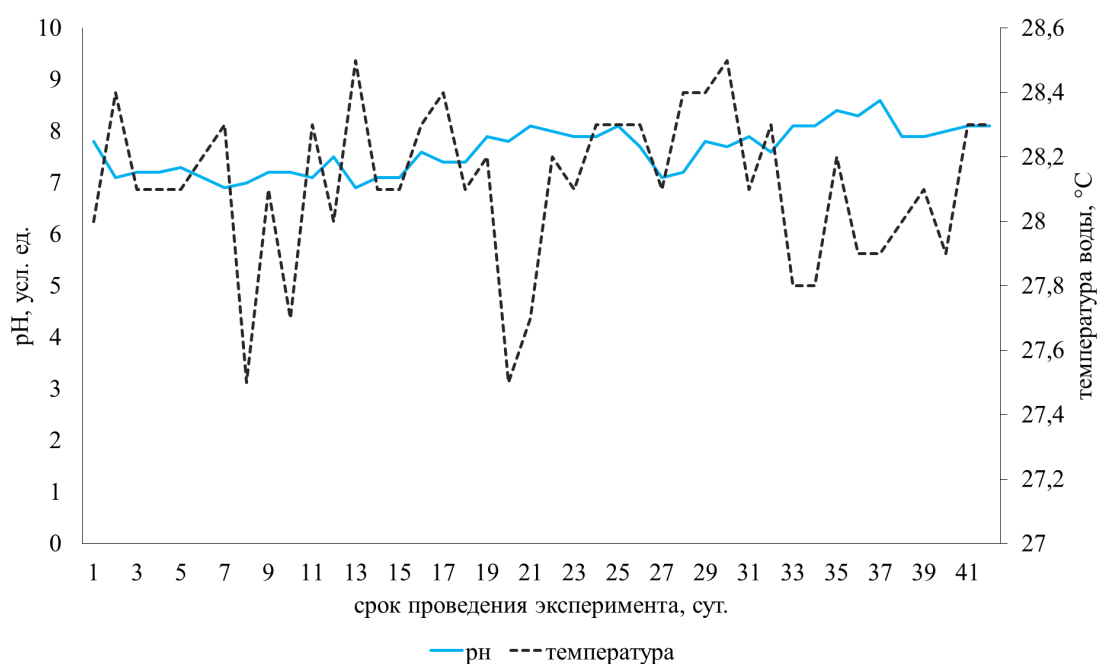


Рис. 1. Динамика изменения температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) и уровня pH (усл. ед.) в течение эксперимента по адаптации самок *Cherax quadricarinatus* к промышленным условиям

При прудовом выращивании красноклешневого рака применяется разреженная плотность посадки, позволяющая снизить возможный каннибализм и конкуренцию за кормовые ресурсы. При плотности 1,2 экз./м², 1,8 экз./м², 2,4 экз./м² за 70 дней выращивания можно добиться прироста средней индивидуальной массы раков на 50,3 г [23]. При содержании красноклешневых раков в бассейнах используются иные биотехнологические значения, в особенности, увеличенная плотность посадки, что позволяет эффективнее использовать площадь раководных емкостей. В исследовании Hsin Sheng Yeh и David B. Rouse продемонстрировано, что возможно применение плотности посадки до 20 экз./м² в период нереста раков [25]. Некоторыми исследователями проводились успешные работы по содержанию производителей при плотности посадки 40 и 60 экз./м² [15]. В работе Б. М. Анкешевой, Р. Р. Тангатарова и О. В. Пятикопова, посвященной формированию маточного стада в УЗВ, для особей массой 25,8–39,4 г использована плотность посадки 16 экз./м² [1]. Imad P. Saoud с соавт. рекомендуют при содержании маточного стада в бассейнах применять плотность посадки 6–25 экз./м² [22]. Перевод гидробионтов из прудовых условий, где сформирована естественная кормовая база, а также присутствуют различные экотопы, является достаточно серьезным стрессом для организма. В связи с этим в дизайне нашего эксперимента не использовалась критически высокая плотность посадки. По нашим предварительным наблюдениям за жизнедеятельностью *C. quadricarinatus*, плотность 20 экз./м² является оптимальной при содержании производителей, позволяющая им свободно передвигаться по площади бассейна и употреблять пищу, не формируя близкорасположенные группы.

В первые 14 суток адаптации самки красноклешневого рака проявляли низкую пищевую активность, при внесении кормовых объектов поведенческая реакция наблюдалась спустя 3–5 мин. Полной поедаемости кормовых объектов не фиксировалось. Более предпочтительным кормом были личинки хирономид. В связи с низкой пищевой активностью в этот период темпы роста были незначительны (табл. 1).

Таблица 1

Показатели роста самок австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* в период адаптации к содержанию в бассейновых условиях

Критерий, ед. изм.	Срок проведения эксперимента, сутки (N*)		
	14 (n=15 экз.)	28 (n=15 экз.)	42 (n=15 экз.)
Средняя индивидуальная масса ± ошибка среднего (диапазон min-max) (m), г	<u>44,75 ± 4,81</u> (31,9–52,1)	<u>46,05 ± 4,73</u> (36,3–54,8)	<u>50,15 ± 4,32</u> (42,9–60,5)
Общая длина ± ошибка среднего (диапазон min-max) (L), см	<u>13,46 ± 1,28</u> (10,9–15,50)	<u>13,51 ± 0,81</u> (12,03–15,63)	<u>13,96 ± 0,69</u> (12,12–15,97)
Коэффициент упитанности по Фультону (Q _ф), усл. ед.	<u>1,92 ± 0,46</u> (1,33–2,93)	<u>1,85 ± 0,23</u> (1,34–2,35)	<u>1,85 ± 0,27</u> (1,47–2,47)
Индивидуальный прирост массы (WGt), г	2,63	3,93	8,03
Индивидуальный прирост массы (RGMi), %	6,24	9,33	19,04
Удельная скорость роста по массе (SGRw), %/день	0,14	0,07	0,21
Индивидуальный прирост длины (WGl), см	0,77	0,82	1,27
Индивидуальный прирост длины (RGMl), %	6,07	6,46	10,01
Удельная скорость роста по длине (SGRl), %/день	0,004	0,002	0,002
Коэффициент выживаемости (S), %	95,00	95,00	85,00

Примечание – *размер выборки

С 14 по 28 сутки наблюдалось постепенное повышение пищевой активности, к концу этого этапа регистрировалась реакция на вносимые кормовые объекты в течение 10–20 сек.

Кроме того, на этом этапе раки полностью съедали предлагаемый корм в течение 20–30 мин. На 28 сутки средняя индивидуальная масса особей составляла 46 г (прирост от начального значения практически 4 г) (табл. 1). В связи с появлением у 16 % особей на первой паре конечностей ватообразного налета, свидетельствующем о возможном инфицировании раков возбудителями сапролегниоза, был проведен повторный курс обработок в виде лечебных ванн с 5 % раствором поваренной соли. После 5 дней обработок клинические признаки не фиксировались.

На 42 сутки эксперимента раки активно употребляли в пищу все виды вносимых кормов: личинки хирономид, молодые плоды фасоли и гранулированные корма. К концу исследования средняя масса самок составляла более 50 г, единичные особи достигли навески в 60 г. Высокая выживаемость на фоне набора индивидуальной массы свидетельствуют об успешном проведении работ по адаптации особей, выращенных в прудовых условиях, к содержанию в УЗВ. Будущие исследования будут сосредоточены на разработке комбикормов, учитывающих все биологические особенности красноклешневых раков, особенно в период линьки. Применение в технологическом процессе кормов снижает уровень вовлеченности персонала в ежедневное обслуживание, что снизит итоговую себестоимость продукции.

Выводы

В ходе исследовательской работы по адаптации самок *Cherax quadricarinatus* к индустриальным условиям в первые 14 суток была установлена низкая пищевая активность объектов, что сказалось на темпах роста. К 42 дню задействованные в эксперименте животные быстро реагировали на вносимые кормовые объекты. Выживаемость за 42 дня составила 85 %. При использовании особей, выращенных в земляных прудах, в качестве источника пополнения и обновления стада производителей рекомендуется осуществлять периодические лечебно-профилактические обработки. Рекомендуется осуществлять постепенный перевод объектов на питание искусственными кормами.

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Список литературы

1. Анкешева Б. М., Тангатарова Р. Р., Пятикопова О. В. Формирование ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в индустриальной аквакультуре // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2021. Т. 201, № 4. С. 948–959.
2. Анупова А. М., Шумейко Д. В., Скафарь Д. Н., Марков А. Д., Кошелева Е. Е., Борисова С. О. Влияние растворов хлорида натрия на рост и выживаемость молоди австралийского красноклешневого рака // Труды ВНИРО. 2023. Т. 194. С. 143–154.
3. Асанова А. В. Морфобиологические особенности австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) при выращивании в УЗВ // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сборник трудов научно-практ. конф. научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета. (Новосибирск, 09–14 декабря 2019 г.). Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. С. 48–51.
4. Гарлов П. Е., Аршаница Н. М., Шинкаревич Е. Д., Стекольников А. А., Гребцов М. Р., Бугримов Б. С. Эффекты содержания производителей и молоди рыб в растворах поваренной соли различной концентрации // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 1. С. 69–80.
5. Глушко Е. Ю., Марушко Е. А., Саенко Е. М. Современное состояние популяций раков в Азовских лиманах и пути восстановления их промыслового значения // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования. 2019. С. 556–558.
6. Гобелков П. В. Темп роста самцов австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в условиях индустриальной аквакультуры при использовании кормов различного состава // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление,

- рациональное использование: Материалы II Международ. научно-практ. конф. (Керчь, 27–30 мая 2020 г.). Керчь. 2020. С. 283–287.
7. Жигин А. В., Борисов Р. Р., Ковачева Н. П., Загорская Д. С., Арыстангалиева В. А. Выращивание австралийского красноклещевого рака в циркулярной установке // Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 61–65.
 8. Ковачева Н. П., Жигин А. В., Борисов Р. Р., Никонова И. Н. Современные тенденции развития аквакультуры ракообразных в России // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. 2022. С. 69–80.
 9. Лагуткина Л. Ю., Пономарев С. В. Новый объект тепловодной аквакультуры австралийский красноклещевый рак (*Cherax quadricarinatus*) // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2008. № 6. С. 220–223.
 10. Саенко Е. М., Котов С. В. Результаты исследований состояния популяций раков Веселовского водохранилища Ростовской области // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства. 2023. С. 491–495.
 11. Саенко Е. М., Марченко А. О. Результаты исследования состояния популяции раков в Ахтарско-Гривенских лиманах в 2020 году // Промысловые беспозвоночные. 2020. С. 68–72.
 12. Севастеев С. В., Асанова А. В., Литови Т. А. Динамика основных морфобиологических параметров у австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) при выращивании в УЗВ // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник III национальной (всероссийской) науч. конф. с международ. участием, (Новосибирск, 28 февраля 2020 г.). Новосибирск. 2020. С. 705–709.
 13. Томакала Б. П., Крючков В. Н. Сравнительный анализ роста молоди австралийского красноклещевого рака при различных условиях содержания // Высшая школа: научные исследования: Материалы Межвузовского международ. конгресса. (Москва, 28 октября 2021 г.). Москва: Инфинити, 2021. С. 154–160.
 14. Шокашева Д. И. Рост молоди австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в промышленных условиях в зависимости от температуры среды // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2018. № 2. С. 98–103.
 15. Barki A., Karplus I. Crowding female red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, under small-tanks hatchery conditions: what is the limit? // Aquaculture. 2000. Vol. 181. No 3–4. P. 235–240.
 16. Boudreau S. A., Worm B. Ecological role of large benthic decapods in marine ecosystems: a review // Marine Ecology Progress Series. 2012. Vol. 469. P. 195–213.
 17. Haubrock P. J., Oficialdegui F. J., Zeng Y., Patoka J., Yeo D. C. J., Kouba A. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. 2021. Vol. 13. No 3. P. 1488–1530.
 18. Jones C. M., Ruscoe I. M. Assessment of stocking size and density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen pond conditions // Aquaculture. 2000. Vol. 189. No 1–2. P. 63–71.
 19. Lu Y. P., Zheng P. H., Zhang X. X., Li J. T., Zhang Z. L., Xu J. R., Yong-Qi Meng Y. Q., Jia-Jun Li J. J., Xian J. A., Wang A. L. New insights into the regulation mechanism of red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) hepatopancreas under air exposure using transcriptome analysis // Fish & Shellfish Immunology. 2023. Vol. 132. P. 108505.
 20. Masser M.P., Rouse D.B. Australian red claw crayfish. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center. 1997. P. 1–8.
 21. Reynolds J., Souty-Grosset C., Richardson A. Ecological roles of crayfish in freshwater and terrestrial habitats // Freshwater Crayfish. 2013. Vol. 19. No 2. P. 197–218.
 22. Saoud I. P., Ghanawi J., Thompson K. R., Webster C. D. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Journal of the World Aquaculture Society. 2013. Vol. 44. No 1. P. 1–29.

23. Webster C. D., Thompson K. R., Muzinic L. A., Yancey D. H., Dasgupta S., Xiong Y. L., Rouse D. B., Manomaitis L. A preliminary assessment of growth, survival, yield, and economic return of Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, stocked at three densities in earthen ponds in a cool, temperate climate // Journal of Applied Aquaculture. 2004. Vol. 15. No 3–4. P. 37–50.

24. Wu D. L., Liu Z. Q., Huang Y. H., Lv W. W., Chen M. H., Li Y. M., Zhao Y. L. Effects of cold acclimation on the survival, feeding rate, and non-specific immune responses of the freshwater red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Aquaculture International. 2018. Vol. 26. P. 557–567.

25. Yeh H. S., Rouse D. B. Effects of water temperature, density, and sex ratio on the spawning rate of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) // Journal of the World Aquaculture Society. 1995. Vol. 26. No. 2. P. 160–164.

Поступила в редакцию 24.01.2025 г.

Rudoy D. V., Olshevskaya A. V., Shevchenko V. N., Golovko L. S., Oganisyan M. M. Growth rates of female Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 in RAS during the period of adaptation to industrial conditions. – Red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 ranks second in world aquaculture in terms of its cultivation volumes. In the Russian Federation, economic entities are currently showing interest in this object, but further scaling of business projects is impossible without careful elaboration of all elements of its cultivation biotechnology. The experiment on the adaptation of female red-claw crayfish to pool conditions (RAS) after the pond cultivation stage was conducted in the present work. Within 42 days of adaptation, the survival rate of crayfish was 85 %, the increase in individual weight was 8.03 g (19.04 %).

Keywords: aquaculture, *Cherax quadricarinatus*, biotechnology, growth rates, crustaceans, environmental safety.

Рудой Дмитрий Владимирович

доктор технических наук, доцент,
декан факультета «Агропромышленный»,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: rudoy.d@gs.donstu.ru
ORCID: 0000-0002-1916-8570
AuthorID: 625281
SPIN-код: 3297-3460

Rudoy Dmitry Vladimirovich

Doctor of Engineering Sciences,
Dean of the Faculty “Agribusiness”, Don State
Technical University,
Rostov-on-Don, Russian Federation.

Ольшевская Анастасия Владимировна

кандидат технических наук,
заместитель декана факультета «Агропромышленный»,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: olshevskaya.av@gs.donstu.ru
ORCID: 0000-0001-8318-3938
AuthorID: 784811
SPIN-код: 8026-6860

Olshevskaya Anastasiya Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences,
Deputy Dean of the Faculty “Agribusiness”, Don State
Technical University,
Rostov-on-Don, Russian Federation.

Шевченко Виктория Николаевна

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник научно-исследовательской
лаборатории «Центр агробиотехнологии»,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: vikakhorosheltseva@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5001-4959
AuthorID: 1031771
SPIN-код: 5860-1478

Shevchenko Victoria Nikolaevna

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher of the Research Laboratory
“Agrobiotechnology Center”, Don State Technical
University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Головко Лилия Сергеевна

кандидат медицинских наук,
старший научный сотрудник научно-исследовательской
лаборатории «Центр агробиотехнологии»,
старший преподаватель кафедры «Техника и

Golovko Liliya Sergeevna

Candidate of Medical Sciences,
Senior Researcher of the Research Laboratory
“Agrobiotechnology Center”, Don State Technical
University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО
«Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: liliya_s_golovko@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6883-7155
AuthorID: 1257329
SPIN-код: 6532-6105

Оганисян Марина Мушеговна

магистр 2-го года обучения кафедры «Технические
средства аквакультуры», ФГБОУ ВО «Донской
государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, РФ
E-mail: marina.oganisyan04@mail.ru
ORCID: 0009-0009-0775-9515
AuthorID: 1208776
SPIN: 9503-9741

Oganisyan Marina Mushegovna

2nd year master of the Department “Technical Means of
Aquaculture”, Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russian Federation.

© С. Д. Трискиба

**МАКРОМИЦЕТЫ ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА ИМ. ЛЕНИНСКОГО
КОМСОМОЛА Г. ДОНЕЦКА (ПО СОСТОЯНИЮ НА 2018–2024 ГГ.)***ФГБНУ Донецкий ботанический сад
Россия, 283023, ДНР, г. Донецк, проспект Ильича, 110*

Трискиба С. Д. Макромицеты парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка (по состоянию на 2018–2024 гг.). – Представлены сведения о видовом составе макромицетов парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка. Парк условно разделен на пять зон, различающихся по условиям функционирования и обитания микоценоза. Составлены аннотированные списки макромицетов для каждой из зон. Выявлено 34 вида макромицетов из 20 семейств и 4 порядков, определены эколого-трофические группы макромицетного сообщества парка.

Ключевые слова: парк культуры и отдыха, микоценоз, экосистема, антропогенно измененные территории, макромицеты, аннотированные списки, макромицетное сообщество, биоценоз

Введение

Донецк – крупнейший промышленный город, который является центром угледобывающей, металлургической и химической промышленности. Этот факт, с одной стороны, свидетельствует о развитии промышленных зон города, с другой стороны, обязывает развивать и укрупнять зеленое строительство с целью обеспечения населения экологически безопасными условиями жизни. В современном градостроительстве роль зеленых насаждений огромна, учитывая экологические проблемы такого промышленного города как Донецк.

Зеленые искусственные насаждения в городах испытывают большие нагрузки, и их состояние поможет оценить характеристика макромицетного сообщества. Макромицетное сообщество играет важную регуляторную функцию, выполняя роль деструкторов органического вещества, и находится в тесной взаимосвязи с другими организмами экосистемы [4]. Грибы городских растительных сообществ осуществляют важнейшие процессы круговорота азота, который находится в дефиците в антропогенно измененных экосистемах, обеспечивая тем самым физико-химические и энергетические условия существования городских экосистем.

Микобиота урбанизированных территорий исследована слабо, а для г. Донецка (ДНР) исследования микоценоза городских территорий находятся в начальной стадии. Макромицеты Донецкого региона изучались практически только на уровне природных сообществ, что представлено в работах С. П. Вассера [3], С. Д. Трискибы с соавт. [14–18], И. И. Полохиной с соавт. [13]. Мониторинг и анализ макромицетов растительных сообществ урбанизированных территорий г. Донецка предприняли в своих работах Т. А. Лешан [8], Т. А. Лешан и О. М. Курдюкова [9], Г. С. Морочковская [11]. Макромицетные сообщества урбанизированных экосистем других городов исследовали в своих работах Л. Г. Переведенцева, Т. А. Шилкова (г. Пермь) [19]. Т. А. Макарова с соавт. исследовали шляпочные грибы г. Сургута и его окрестностей [10]. Однако, исследования этих авторов относятся к сообществу городских парков, экоценоз которых максимально приближен к естественным лесным, и не несет антропогенных городских нагрузок.

Целью исследований было выявление видового состава и особенностей распределения макромицетов в фитоценозах парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка.

Материал и методы исследования

Парк культуры и отдыха г. Донецка – парк в Киевском районе Донецка в 2006 г. в процессе реконструкции решением Донецкого горсовета получил название «Парк культуры и отдыха города Донецка». В ДНР используется советское название «Парк культуры и отдыха им. Ленинского комсомола» [22]. Парк занимает на сегодняшний день площадь более 180 гектаров. Формирование зеленых насаждений парка осуществлялось десятилетиями. Исследованная территория находится на Донецкой возвышенности – геоморфологической области, имеющей сложный и разнообразный рельеф, обусловленный особенностями геологической истории ее развития. Вся западная граница парка совпадает с границей Нижнекальмиусского водохранилища – искусственного водоема, созданного в 1952 г. на реке Кальмиус для нужд металлургического завода. В эту часть парка входит участок коренной степи на берегу реки, местами малоизмененной, с незначительной рекреационной нагрузкой. Юго-восточная часть парка находится на возвышенности, в то время как северо-восточная и северо-западная части – в низине, что является причиной формирования различных по микроклиматическим особенностям биоценозов.

В работе приведены результаты наблюдений, проведенные в разные сезоны 2018–2024 гг., по инвентаризации макромицетов разных ландшафтных участков парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка (ДНР). Использованы маршрутный и стационарный методы, сбор материала проводился по апробированной методике [1]. Данные полевых обследований указанной территории, а также и определение видов грибов осуществлялось при камеральных [2, 3, 5, 6, 12, 20] и флористических исследованиях [7]. Названия видов в аннотированном списке приведены в соответствии с международной базой данных по номенклатуре грибов Mycobank [21].

Для наших исследований территория парка была условно разделена на пять зон (рис. 1).



Рис 1. Зоны исследования макромицетов на территории парка им. Ленинского комсомола г. Донецка

В первой зоне представлены искусственные, примерно шестидесятилетние, посадки дуба (*Quercus robur* L.), примыкающие к полотну Детской железной дороги с одной стороны, и к «Поляне сказок» с другой. Эта зона несет большую рекреационную нагрузку в силу активной посещаемости Детской железной дороги и «Поляны сказок» (рис. 2–5), в результате чего наблюдается вытаптывание подлеска, а также выкашивание и выметание его коммунальными службами, что затрудняет обнаружение макромицетов.



Рис. 2. Вид станции «Пионерская» детской железной дороги (фото автора)



Рис. 3. Дубовые посадки с подлеском между станцией Пионерской и Поляной сказок (фото автора)



Рис. 4. Входные «ворота» на Поляну сказок (фото автора)



Рис. 5. Дубовые насаждения вокруг Поляны сказок (фото автора)

Во второй зоне представлены искусственные посадки дуба черешчатого (*Q. robur* L.), возрастом 45–60 лет, робинии лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.) между полотном Детской железной дороги и берегом реки Кальмиус, которые разделяет проспект 75-летия ФК «Шахтер». В этой зоне также встречается яблоня ранняя лесная (*Malus sylvestris* L.), груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), клен полевой (*Acer campestre* L.) (рис. 6, 7). В данной зоне хорошо сформирован подлесок из кустарниковых и травянистых культур. Кустарниковые культуры представлены боярышником обыкновенным (*Crataegus laevigata* L.), терном степным (*Prunus stepposa* L.), жостером слабительным (*Rhamnus cathartica* L.), чернокленом (*Acer tataricum* L.), бузиной черной (*Sambucus nigra* L.), шиповником (*Rosa cinnamomea* L.). Травянистые культуры представлены следующими видами: лопух (*Aretium lappa* L.), пырей (*Elytrigia repens* L.), репешок (*Agrimonia eupatoria* L.), чистотел (*Chelidonium majus* L.), шалфей двух видов (*Salvia tesquicola* и *S. nutans* L.). Этот участок почти не несет рекреационной нагрузки.

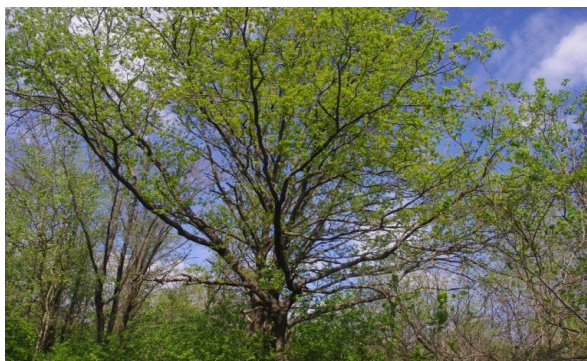


Рис. 6. Дубы искусственных посадок в нижней части парка (фото автора)



Рис. 7. Подлесок дубовых посадок нижней части парка (фото автора)

На территории этой зоны находятся маленькие остаточные участки придомовых посадок, расположенного ранее частного сектора. Помимо дуба в этой зоне встречаются

минирующие абрикоса (*Prunus armeniaca* L.), вишни (*Prunus* subg. *Cerasus* (Mill.) A. Gray) и тополя белого (*Populus alba* L.).

К северно-восточной части парка примыкает участок с искусственными дубовыми насаждениями и сформировавшимся в нем подлеском, площадью 295 га, составляющий с основной территорией нижнего парка единый массив.

Третья зона – зона степной растительности, расположенная на берегу реки Кальмиус, с характерным для Донецкой степи травостоем: полынь (*Artemisia abrotanum* L., *A. vulgaris* L., *A. austriaca* Jacq.), гусиный лук (*Gagea lutea* (L.) Ker Gawl), фиалка (*Viola odorata* L.), типчак (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin), конский щавель (*Rumex confertus* Willd), чертополох (*Carduus nutans* L.). Также в этой зоне находится старый массив робинии лжеакалии. Границу зоны определяют остаточная пойменная растительность: дуб черешчатый, лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), боярышником обыкновенным, терном степным, чернокленом, бузиной, шиповником.

Четвертая зона располагается на самозарастающем отвале шахты Семеновская. В связи с его микроклиматическими особенностями здесь сформировался отличающийся от других участков парка микоценоз, описанный ранее [18].

Пятая зона – это зона обновленных газонов – реконструированная газонная часть парка, окружающая Донбасс Арену. В результате реконструкции на данном участке были высажены крупномерные растения сосны (*Pinus sylvestris* L.) современных декоративных форм, ясень (*Fraxinus angustifolia* Vahl), черешня (*Cerasus avium* (L.) Moench), тисс европейский (*Taxus baccata* L.), пампасская трава (*Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn.), форзиция европейская (*Forsythia europaea* Vahl), вейгела японская (*Weigela japonica* Thunb), кустарниковая лапчатка (*Dasiphora fruticosa* (L.) O. Schwarz.) и другие декоративные кустарники из питомников дальнего зарубежья.

Результаты и обсуждение

Исследованные участки парка им. Ленинского комсомола в силу своих отличительных микроклиматических условий показали различный видовой состав макромицетов (табл. 1). Так, в первой зоне с засушливыми участками и с большой антропогенной нагрузкой было обнаружено 26 вида макромицетов. Однако северо-западная часть этой зоны имеет самозарастающие участки с густым тенистым подлеском, что является благоприятным местом для произрастания макромицетов, таких как *Peziza vesiculosa* Bull., *Phallus impudicus* L. – грибов хорошо сложившихся стабильных лесных экосистем.

Таблица 1

Видовой состав макромицетов парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка

№ п/п	Семейство	Виды макромицетов	Эколого-трофическая группа	Зоны Парка				
				I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Класс Pezizomycetes (Пециномицеты)								
I. Порядок Pezizales (Пецицевые, оперкулятные дискомицеты)								
Отдел Ascomycota (Аскомикота, сумчатые грибы)								
1	Pezizaceae	<i>Peziza vesiculosa</i> Bull.	гумусовый сапротроф	x	x			
Отдел Basidiomycota (Базидиомицота)								
Класс Agaricomycetes (Агарикомицеты)								
II. Порядок Agaricales (Агариковые)								
2	Agaricaceae	<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.	гумусовый сапротроф	x	x			
3		<i>Agaricus bitorquis</i> (Qué.) Sacc	гумусовый сапротроф	x	x			
4		<i>Lepiota cristata</i> (Bolton) P. Kumm	гумусовый сапротроф	x	x		x	
5		<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	гумусовый сапротроф		x			

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6		<i>Coprinus comatus</i> (O. F. Mull.) Pers.	гумусовый сапротроф	x				x
7		<i>Lycoperdon pretense</i> Pers	гумусовый сапротроф	x				x
8		<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	гумусовый сапротроф	x		x	x	x
9	Entolomataceae	<i>Entoloma vernum</i> S. Lundell	гумусовый сапротроф	x				x
10	Tricholomataceae	<i>Clitocybe geotropa</i> (DC. & Lam.) Qu l.	гумусовый сапротроф				x	
11	Inocybaceae	<i>Crepidotus variabilis</i> (Pers.) P.Kumm.	ксилотроф				x	
12	Cyphellaceae	<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.)	ксилотроф	x		x	x	
13	Pleurotaceae	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm	ксилотроф	x	x		x	x
14	Phallaceae	<i>Phallus impudicus</i> L.	гумусовый сапротроф	x				
15	Bolbitiaceae	<i>Panaeolus foenisecii</i> (Persoon) Maire	гумусовый сапротроф	x	x	x		
16	Pluteaceae	<i>Pluteus cervinus</i> (Schaeff.) P. Kumm.	ксилотроф		x			
17	Schizophyllaceae	<i>Schizophyllum commune</i> (Fries)	ксилотроф	x	x	x	x	
18	Physalacriaceae	<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer.	ксилотроф				x	
19	Suillaceae	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	микоризный гриб					x
20	Auriculariaceae	<i>Auricularia auricula-juda</i> (Bull.) J. Schröt.	ксилотроф	x	x		x	
21		<i>Exidia glandulosa</i> (Bull.) Fr.	ксилотроф				x	
22	Fomitopsidaceae	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	ксилотроф	x	x			x
23	Polyporaceae	<i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	ксилотроф	x	x	x	x	
24		<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen) Lloyd	ксилотроф	x	x		x	x
25		<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	ксилотроф	x	x		x	
26		<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst	ксилотроф	x	x			
27		<i>Cerioporus squamosus</i> (Huds.)Quél.	ксилотроф	x	x		x	
28	Psathyrellaceae	<i>Coprinellus micaceus</i> (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson	гумусовый сапротроф	x				x
29		<i>Coprinellus disseminatus</i> (Pers.) J. E. Lang	гумусовый сапротроф	x				x
30		<i>Coprinopsis atramentaria</i> (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo	гумусовый сапротроф	x				x
31	Marasmiaceae	<i>Marasmius oreades</i> P. Kumm	гумусовый сапротроф			x	x	
32		<i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murrill	ксилотроф	x	x			
III. Порядок Russulales								
33	Stereaceae	<i>Stereum subtomentosum</i> Pouzar	ксилотроф	x	x	x	x	x
IV. Порядок: Tremellales								
34	Tremellaceae	<i>Tremella mesenterica</i> Retz	ксилотроф	x	x	x	x	
Количество видов макромицетов в зонах				26	19	8	17	12

Во второй исследованной зоне было найдено 19 видов макромицетов. Эта зона находится на склоне, ведущем к берегу реки Кальмиус, дубовые насаждения имеют густой теневой подлесок, что является причиной большей, чем остальные участки увлажненности. На этом участке были найдены грибы – *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm., *Macrolepiota*

procera (Scop.) (рис. 8), которые так же являются типичными представителями лесной микобиоты.



Рис 8. *Macrolepiota procera* (Scop.) (фото автора)

Третья зона парка представляет собой остаточный участок степи, примыкающей непосредственно к берегу р. Кальмиус, с ярко выраженными для степи характеристиками. Здесь обнаружено 8 видов макромицетов, среди которых – *Lycoperdon perlatum* Pers., *Schizophyllum commune* (Fries), развивающийся на разлагающейся древесине робинии и других древесно-кустарниковых растений, произрастающих в данной условной зоне.

В четвертой исследуемой зоне на самозарастающем терриконе бывшей шахты Семеновская обнаружено 17 видов грибов, среди которых степные виды *Lycoperdon perlatum* Pers., *Marasmius oreades* P. Kumm.

Пятая исследованная зона парка сформирована обновленными в результате реконструкции насаждениями. В этой зоне парка, несмотря на сильную антропогенную нагрузку и повышенное внимание коммунальных служб, обнаружено 12 видов макромицетов. Среди них неожиданно был идентифицирован микоризный гриб *Suillus granulatus* (L.) Kuntze (масленок зернистый), который вступал в симбиоз с крупномерным растением сосны.



Рис. 9. *Suillus granulatus* (L.) Kuntze (фото автора)

Необходимо отметить ряд грибов, которые обнаружены в нескольких зонах. Так, во всех пяти исследованных зонах встречался – *Stereum subtomentosum* Pouzar., в зонах 1, 3 и 4 – *Chondrostereum purpureum* (Pers.), в зонах 1, 2 и 3 – *Tremella mesenterica* Retz; в зонах 1, 2

и 4 – *Tremella mesenterica* Ret, *Cerioporus squamosus*(Huds.)Quél., *Lepiota cristata* (Bolton) P. Kumm; в зонах 1, 2, 4 и 5 – *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd.

Распределение макромицетов парка им. Ленинского комсомола по эколого-трофическим группам представлено на рисунке 11. Установлено, что в исследованном парке, несмотря на его расположение в степной зоне, встречались в основном ксилотрофы (17 видов), гумусовые сапротрофы (16 видов) и микоризный гриб (1 вид). Такое распределение в большей степени соответствует лесным биоценозам.

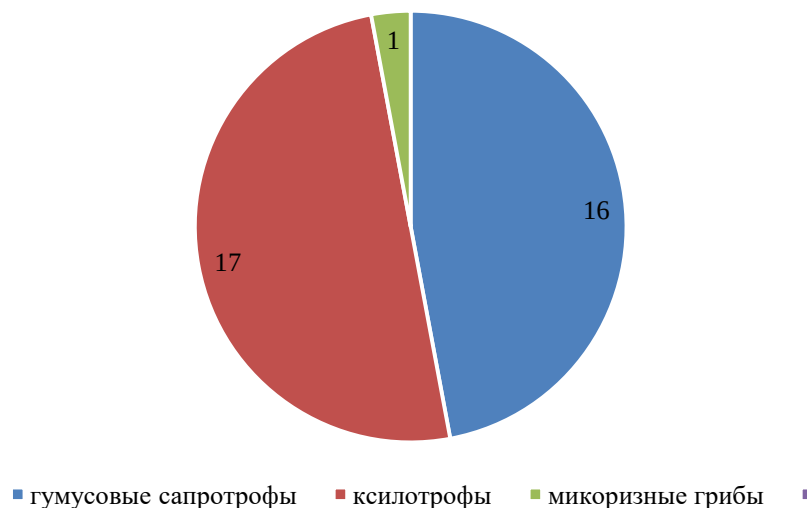


Рис. 11. Эколого-трофические группы макромицетов парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка

Выводы

Таким образом, условные зоны парка культуры и отдыха им. Ленинского комсомола г. Донецка отличаются по микроклиматическим характеристикам в силу особенностей ландшафта, что обуславливает в них формирование участков, отличающихся по сформированным в них экотопам, а это, в свою очередь, приводит к функционированию в них различных микоценозов.

За исследованный период 2018–2024 гг. (три последних из которых отличались сильной засухой) в парке культуры и отдыха им. Ленинского комсомола найдены 34 вида макромицетов, относящиеся к 4 порядкам и 20 семействам. Обнаруженные макромицеты принадлежат к следующим эколого-трофическим группам: ксилотрофы – 17 видов, гумусовые сапротрофы – 16 видов, микоризный гриб – 1 вид. Уникальными можно считать находки *Suillus granulatus* (L.) Kuntze, являющийся микоризообразователем *Pinus sylvestris* L., а также *Phallus impudicus* L, *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm., *Macrolepiota procera* (Scop.) как типичных представителей лесных биоценозов.

Список литературы

1. Бондарцев А. С., Зингер Р. А. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 73 с.
2. Вассер С. П. Флора грибов Украины. Агариковые грибы / отв. ред. И. А. Дудка. К.: Наукова думка, 1980. С. 292–306.
3. Вассер С. П., Солдатова И. М. Высшие базидиомицеты степной зоны Украины. К.: Наукова думка, 1977. 356 с.
4. Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Регуляция высшими базидиомицетами структуры мико- и микробиоты почв и подстилки лесных экосистем. II. Влияние базидиомицетов на

видовое разнообразие почвенных микромицетов // Микология и фитопатология. 1998. Т. 32. № 1. С. 33–36.

5. Виды грибов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wikigrib.ru/vidy/> (дата обращения 25.02.2021).

6. Зерова М. Я. Атлас грибов України. К.: Наукова Думка. 1974. 252 с.

7. Кондратюк Е. Н., Бурда Р. И., Остапко В. М. Конспект флоры юго-востока Украины. Сосудистые растения. К.: Наукова думка, 1985. 272 с.

8. Лешан Т. А. Екологічні групи макроміцетів Сходу України // Матер. 12 з'їзду УБТ. Одеса, 2006. С. 268.

9. Лешан Т. А., Курдюкова О. М. Мікобіота Сходу України. Макроміцети. Луганськ: «Альма-Матер», 2006. 352 с.

10. Макарова Т. А. Макаров П. Н. Звягина Е. А. Бобриков А. А. Шляпочные макромицеты и их фитоценоотическое распределение на территории города Сургута и его окрестностей Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23001>. (дата обращения 20.03.2021).

11. Морочковская Г. С. Микофлора Велико-Анадольского лесничества и полезащитных лесонасаждений Донецкой области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. К., 1967. 34 с.

12. Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. К.: Наукова думка, 1987. 548 с.

13. Полохина И. И., Трискиба С. Д., Сухомлин М. Н. Аманитальные грибы национального природного парка «Святые горы» // Промышленная ботаника. 2011. № 11. С. 124–129.

14. Трискиба С. Д., Полохина И. И., Дьяков В. А. Макромицеты нагорных дубрав национального природного парка «Святые горы» // Промышленная ботаника. 2005. № 5. С. 221–227.

15. Трискиба С. Д., Кутковая О. В., Полохина И. И. Редкие и охраняемые виды макромицетов Донецкой области. // Матер. 12 з'їзду УБТ. Одеса, 2006. С. 267.

16. Трискиба С. Д., Полохина И. И. Макромицеты старого самозарастающего отвала бывшей шахты Семеновская (г. Донецк) // Промышленная ботаника. 2021. Вып. 21, № 2. С. 24–28.

17. Трискиба С. Д., Полохина И. И. Макромицеты байрачного леса балки Грушевая в окрестностях г. Снежное // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1–2. С. 103–110.

18. Трискиба С. Д. Макромицеты породных шахтных отвалов г. Донецк // Изучение и сохранение биоразнообразия природной и антропогенной микобиоты: Материалы международ. науч. конф. (Красноуфимск, 24–31 августа 2024 г.). С 119–121.

19. Шилкова Т. А. Агарикоидные базидиомицеты города Перми: таксономическое разнообразие и экология: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2015. 21с.

20. Ainsworth G. C., Kirk P. M., Bisby G. R. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi / ed. by P. M. Kirk, P. F. Cannon, G. David, J. A. Stalpers. CAB International, 9th edit, 2001. 655 p.

21. MycoBank. A nomenclatural database. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mycobank.org>. (accessed 12.03.24).

22. Парк культуры и отдыха имени Ленинского комсомола (Донецк). [Электронный ресурс]. URL: <https://translated.turbopages.org/> (дата обращения 15.12.2024).

Поступила в редакцию 26.12.2024 г.

Triskiba S. D. Macromycetes of the Park of culture and recreation named after Leninsky Komsomol of Donetsk (as of 2018–2024). – Information on the species composition of the macromycetes of the Park of culture and recreation after Leninsky Komsomol of Donetsk is presented. The park is conditionally divided into five zones, differing in the conditions of functioning and habitat of mycocenosis. Annotated lists of macromycetes have been

compiled for each of the zones. 34 species of macromycetes from 20 families and 4 orders have been identified, and ecological and trophic groups of the macromycete community of the park have been identified.

Keywords: park of culture and recreation, mycocenosis, ecosystems, anthropogenic altered territories, macromycetes, annotated lists, macromycete community, biocenoses

Трискиба Сергей Дмитриевич

младший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований

ФГБНУ Донецкий ботанический сад

Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: triskiba.serg@mail.ru

ORCID: 0009-0001-6512-3162

AuthorID: 1183232

Triskiba Sergey Dmitrievich

Junior Researcher at the Laboratory of Soil and Environmental Research

Donetsk Botanical Garden

Donetsk, DPR, Russian Federation,

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

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

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:

УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ

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

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

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

Ключевые слова: не более 5–8 слов.

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

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

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

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках.

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

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

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

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

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

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

Таблица 1

Название таблицы

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

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

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

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

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

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

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

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

Адрес редакции:

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

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

Тел.: +7 (856) 302-09-93

<http://donnu.ru/ecolog>

Научно-практический журнал

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

2025

№ 2

Учредитель: ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:
Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

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