

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

№ 3

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

No 3

Founded in 1999

2024

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3

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 № 13 от 03.12.2024 г.

© ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 2024

Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2024. No 3

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 13 dated 03.12.2024*

© Donetsk State University, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Голубничая С. Н., Фрунзе О. В.</i> Фитооптимизация территорий рекреационно-туристских учреждений Донецкого Приазовья	6
<i>Калинина Ю. С., Сафонов А. И.</i> Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем	14
<i>Пирко И. Ф., Корниенко В. О.</i> Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды порядка Злакоцветные (<i>Poales</i> Small) для озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации	24
<i>Сафонов Р. А.</i> Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем.....	38

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Амолин А. В., Кустова О. К.</i> К изучению консортивных комплексов антофильных насекомых и энтомофильных растений в Донецком ботаническом саду	45
---	----

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Демченко С. И.</i> Влияние источников углеродного и азотного питания на рост и спорообразовательную активность гриба <i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich.	57
<i>Загнитко Ю. П.</i> Физико-химические свойства препарата пектиназ грибного происхождения.....	66
<i>Кузьмин П. А.</i> Экофизиологический аспект содержания фотосинтетических пигментов в листьях <i>Tilia cordata</i> Mill. в урбанизированной среде.....	71
Правила для авторов	78

C O N T E N T S

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

Golubnichaya S. N., Frunze O. V. Phytooptimization of the territories of recreational and tourist institutions of the Donetsk Azov region	6
Kalinina Yu. S., Safonov A. I. Working scheme of landscape indication in Donetsk: design and criteria of sustainability of geosystems	14
Pirko I. F., Kornienko V. O. Flora resources of the south of the East European Plain. Native species of the order Poales Small for landscaping the cities of the Donetsk-Makeyevka agglomeration.....	24
Safonov R. A. Design of sample collection routes for ecological phytodiagnostics of urban geosystems.....	38

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Amolin A. V., Kustova O. K. Research on consortive complexes of anthophilous insects and entomophilous plants in the Donetsk Botanical Garden.....	45
---	-----------

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Demchenko S. I. The influence of carbon and nitrogen nutrition sources on the growth and spore-forming activity of the fungus <i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich.....	57
Zagnitko Yu. P. Physico-chemical properties of the preparation of pectinase of fungal origin	66
Kuzmin P. A. Ecophysiological aspect of the content of photosynthetic pigments in the leaves of <i>Tilia cordata</i> Mill. in technogenic environment.....	71
Rules for authors	78

© С. Н. Голубничая¹, О. В. Фрунзе²**ФИТООПТИМИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТСКИХ
УЧРЕЖДЕНИЙ ДОНЕЦКОГО ПРИАЗОВЬЯ**

¹ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет
экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»,
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 31

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Голубничая С. Н., Фрунзе О. В. Фитооптимизация территорий рекреационно-туристских учреждений Донецкого Приазовья. – Исследовали возможности оптимизации территорий учреждений отдыха и населенных пунктов Донецкого региона средствами фитодизайна. Комплексное решение по восстановлению ландшафтов рекреационных территорий за счет дизайнерской, технологической и эстетической проработки позволит создавать на небольших рекреационных территориях в течение всего летнего сезона комфортные условия для отдыха. В населенных пунктах Донецкого Приазовья озеленять нужно не только учреждения отдыха, но и создавать зеленые насаждения общего пользования. По данным индекса толерантности выделены растения, устойчивые к загрязнению почвы ионами цинка, которые можно рекомендовать для озеленения территорий населенных пунктов – это *Linum usitatissimum* L. и *Zinnia angustifolia* L. Целесообразно зонирование территории учреждений отдыха. В каждой зоне своя специфика зеленых насаждений.

Ключевые слова: Донецкое Приазовье, фитооптимизация, фитодизайн, цинк, декоративные травянистые растения, индекс толерантности.

Введение

Освоение азовского побережья является одной из приоритетных задач устойчивого развития Российской Федерации. Агентством стратегических инициатив и Государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ» разработана Стратегия развития Приазовья, рассчитанная на 3 этапа до 2040 г., включающее 8 муниципальных образований 7 субъектов Российской Федерации, в том числе Донецкую Народную Республику (ДНР). Отмечается, что драйвером развития макрорегиона в целом и всех субъектов РФ должен стать туризм. Создано туристическое пространство «Созвездие Парусник», в которое вошли такие населенные пункты ДНР как Донецк, Мариуполь, Новоазовск и Мангуш. Планируется создание в ДНР 5 туристских кластеров и 11 инвестиционных проектов. Общий объем инвестирования превысит 2,6 млрд. рублей [5].

При создании туристско-рекреационных ресурсов важно учитывать принципы устойчивого развития. В этом плане актуальным является оптимизация территорий учреждений отдыха с помощью растений [1, 4]. Декоративные травянистые растения, применяемые в данном направлении, помимо эстетической функции, должны обладать адаптивными свойствами как к климатическим, так и к антропогенным факторам, в частности к загрязнению почвы [6, 7].

Поэтому целью нашего исследования было рассмотреть возможности оптимизации территорий учреждений отдыха и населенных пунктов Донецкого региона средствами фитодизайна и по данным индекса толерантности выделить декоративные травянистые растения, устойчивые к техногенным факторам.

Материал и методы исследования

Под Донецким Приазовьем в работе понимается территория Мангушского и Новоазовского муниципальных округов и городского округа Мариуполь.

Азовское море самое мелкое на планете: его глубина не превышает 15 м. Поэтому вода очень хорошо прогревается. Состав воды делает его важным ресурсом для лечебно-оздоровительного туризма. В пределах ДНР в Азовском море расположено несколько месторождений сульфатной лечебной грязи, применяемой для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы. Наиболее перспективно в этом плане Новоазовское месторождение. К побережью приурочены месторождения минеральных вод без специфических компонентов сульфатного типа, применяемых для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта и обмена веществ, в частности для снижения индекса массы тела. На данный момент на побережье нет санаторно-курортных учреждений отдыха. Для их создания целесообразно проведение научных исследований запасов бальнеологических ресурсов [2].

В качестве объектов исследований при проведении эксперимента были использованы декоративные травянистые растения: лен обыкновенный (*Linum usitatissimum* L.), цинния обыкновенная (*Zinnia angustifolia* L.) и петуния крупноцветковая (*Petunia×hybrida* hort. ex Vilm.). Исследование по влиянию загрязнения почвы ионами цинка на декоративные травянистые растения проводили по схеме полного однофакторного пятиуровневого эксперимента

В качестве загрязнителей использовали нитрат цинка по стехиометрическому отношению. Концентрации цинка составляли 0, 0,5 ПДК, 1 ПДК, 1,5 ПДК, 2 ПДК. Семена растений проращивали согласно их биологическим особенностям. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, продолжительности светового дня 14 ч, при температуре 20–22 °С и влажности почвы около 70 % полной влажности. В каждый сосуд вносили по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм, в который предварительно вносили нитрат цинка согласно схеме эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

Схема эксперимента влияния загрязнения почвы ионами цинка на некоторые виды декоративных травянистых растений

Вариант загрязнения	Концентрации загрязнителя
	Zn (NO ₃) ₂ , мг/кг (в перерасчете на Zn ²⁺)
1	0 (контроль)
2	11,5 (0,5 ПДК)
3	23 (1 ПДК)
4	34,5 (1,5 ПДК)
5	46 (2 ПДК)

В качестве показателей, характеризующих устойчивость растений к тяжелым металлам и степень токсичности последних, мы использовали индекс толерантности (индекс Д. Уилкинса) – это отношение длины корня (стебля) растения, выращиваемого в присутствии металлов, к длине корня (стебля) контрольного растения, выращенного на незагрязненной почве, выраженное в %:

$$I_t = \frac{I_{me}}{I_c}, \quad (1)$$

где I_{me} – прирост корня растений, выращенных в почве, загрязненной тяжелыми металлами,

I_c – прирост корня растений, выращенных на незагрязненной почве.

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью специально разработанных программ.

Результаты и обсуждение

Немаловажным является факт наличия на обозначенных территориях объектов (точек) туристического притяжения для проведения отдыха и досуга. Так, на территории Новоазовского муниципального округа размещены 14 точек туристического притяжения, среди них музей Г. Я. Седова, памятник природы «Кривая коса». В Мангушском муниципальном округе 6 точек туристического притяжения: Парк отдыха и досуга, Храм Архистратига Михаила в с. Урзуф, Белосарайский маяк, Греческая площадь п. Ялта, Национальный природный парк «Меотида» [2].

Рекреационно-туристское освоение данных территорий активно велось с середины XX в. На побережье Азовского моря расположены средства размещения различной формы собственности, включая гостиницы, пансионаты, базы отдыха, гостевые дома, туристские базы, кемпинги, детские оздоровительные лагеря, индивидуальные и иные аналогичные средства размещения (далее – КСР).

На территории Новоазовского муниципального округа расположены 221 ед. КСР, из них 36 ед. государственной формы собственности (не функционирующих 30 ед.) и 32 ед. частной формы собственности. Количество индивидуальных предпринимателей, предоставляющих услуги по временному проживанию, составляет 153 ед.

На территории Мангушского муниципального округа количество КСР – 382 ед., из них 77 ед. государственной формы собственности (не функционирующих 54 ед.) и 34 ед. частной формы собственности. Количество индивидуальных предпринимателей, предоставляющих услуги по временному проживанию, составляет 27 ед. Информация о точном количестве КСР отсутствует, работа по формированию реестра объектов туристической инфраструктуры продолжается.

Большинство из учреждений отдыха в пределах Донецкого Приазовья строились в середине XX в. За более чем полувековую историю они морально и физически устарели. События 2014 г. усугубили ситуацию, так как владельцы некоторых учреждений отдыха оказались по разные стороны линии разграничения от своих баз отдыха и пансионатов. Ухудшалось и состояние инфраструктуры. С 2022 г. проводится масштабная реконструкция дорог. В октябре 2024 г. запущена в эксплуатацию трасса Р-280 «Новороссия».

В целях улучшения условий проживания на территории Республики в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие туризма», Национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства», а также согласно программы социально-экономического развития ДНР на исследуемой территории планируется строительство 78 модульных некапитальных средств размещения (глэмпинги) круглогодичного функционирования. Предусмотрено предоставление услуг для лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Кроме того, согласно Порядку предоставления в аренду имущества и расчета стоимости аренды имущества, находящихся в государственной собственности по договорам аренды имущества, в целях реализации соглашений о размещении объектов социально-культурного и социально-бытового назначения, о реализации масштабного инвестиционного объекта, формируются соглашения о реализации масштабных инвестиционных проектов с инвесторами по реконструкции гостиниц «Европейская», «Чайка», расположенных в г. Мариуполь, а также инвестиционное соглашение на реконструкцию гостиницы «Вертикаль», расположенной в Мангушском муниципальном округе (с. Белосарайская Коса). Реализация инвестиционных соглашений позволит создать 166 комфортабельных номеров.

При планировании и строительстве новых коллективных средств размещения сложно переоценить роль озеленения. Зеленые насаждения решают три основные задачи:

1. Эстетическая. Красота и привлекательность пейзажа выступают в качестве главного фактора предпочтения людьми одних территорий другим. Учет эстетического потенциала

расширяет методическую направленность оценки в сторону создания комфортности территорий, предназначенных для отдыха.

2. Экологическая. Растения обогащают воздух кислородом и поглощают углекислый газ, снижают уровень загрязнения, в том числе и шумового, неблагоприятно действующего на нервную систему человека. Поддерживает биологическое разнообразие и способствует сохранению природных ресурсов.

3. Санитарно-гигиеническая. Зеленые растения способствуют укреплению здоровья благодаря ионизирующим свойствам, летучим фитоорганическим соединениям, которые оздоравливают микробную флору. Древесные растения существенно изменяют микроклимат территории, понижая температуру в теплое время года и повышая – в холодное.

Выполнение всех этих трех задач и формирует в совокупности эффект фитооптимизации территории в регионе высокого антропогенного воздействия.

В научной литературе существуют различные, иногда противоречивые, методы определения устойчивости растений с целью их дальнейшего использования в озеленении техногенных территорий и зон отдыха. Актуальным является изучение уровня устойчивости растений при комплексном воздействии загрязнителей по параметрам интенсивности роста [10, 11].

Информации об адаптационном потенциале декоративных травянистых растений, устойчивости отдельных видов к разным загрязнителям мало. Считается, что адаптация растений к действию поллютанта связана с изменениями на уровне физиологических процессов, однако морфометрические показатели признают интегральным показателем адаптации растений к тяжелым металлам. Так, в классическом тесте для характеристики устойчивости к тяжелым металлам Д. Уилкинс использовал соотношение прироста корней растений в опыте и контроле.

Проведенные нами исследования показали, что индекс толерантности изученных видов декоративных травянистых растений в значительной степени зависит от видовой специфики растений и концентрации загрязнителя в среде произрастания. Так, при внесении в почву 0,5 ПДК цинка (вариант 2) индекс толерантности проростков *L. usitatissimum* увеличился на 5,8 %. При увеличении концентрации цинка до 1 ПДК (вариант 3), показатель индекса толерантности оставался на уровне контроля. При дальнейшем увеличении концентрации цинка до 1,5 и 2 ПДК (вариант 4, 5) индекс толерантности растений также оставался на уровне контроля (рис. 1).

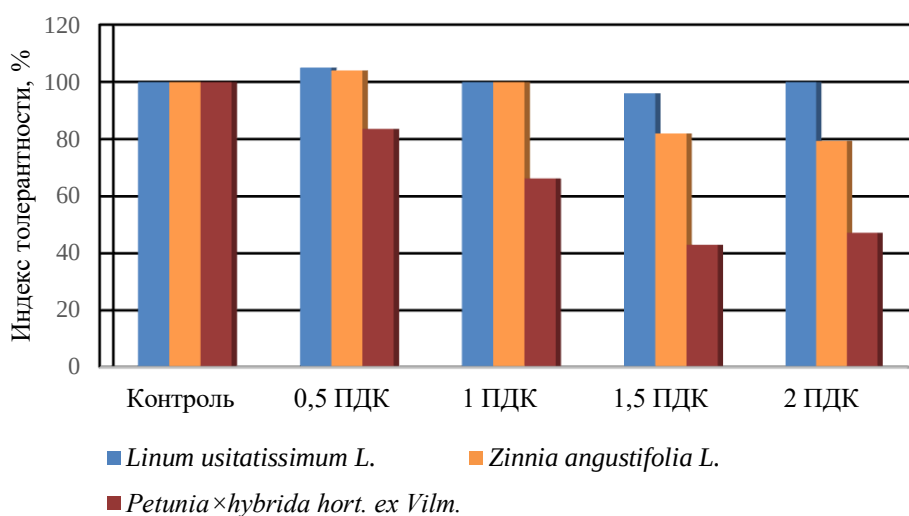


Рис. 1. Изменение индекса толерантности декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами цинка

Экспериментальные данные показали, что при внесении в почву 0,5 ПДК цинка индекс толерантности проростков *Z. angustifolia* увеличился на 4 %, а при повышении концентрации

загрязнителя до 1 ПДК, показатель оставался на уровне контроля. При внесении в почву 1,5 ПДК цинка индекс толерантности *Z. angustifolia* уменьшился на 17,9 %. При дальнейшем увеличении концентрации загрязнителя до 2 ПДК, показателя индекса толерантности растений уменьшился на 20,6 % в сравнении с растениями, выращенными на незагрязненной почве.

Проведенные исследования показали, что наибольшее негативное влияние ионы цинка оказывали на индекс толерантности *P. ×hybrida*. Так, при внесении в почву 0,5 ПДК цинка индекс толерантности проростков уменьшился на 16,4 %. При дальнейшем увеличении концентрации поллютанта до 1 ПДК показатели индекса толерантности снизились на 33,7 %. В условиях внесения в почву 1,5 ПДК цинка, исследуемый показатель проростков *P. ×hybrida* уменьшился на 57,1 %, в сравнении с растениями, выращенными на незагрязненной почве. При увеличении концентрации загрязнителя до 2 ПДК показатель индекса толерантности растений снизился на 52,8 %.

При создании зеленых насаждений на территории учреждений отдыха важно соблюдать следующие принципы.

1. Комплексность: план высадки растений должны быть согласован с инженерными коммуникациями, малыми архитектурными формами и другими объектами.

2. Рациональность: система озеленения должна соответствовать потребностям и интересам отдыхающим, следует учитывать экономическую целесообразность и технологичность создания и поддержания зеленых насаждений.

3. Экологичность: проводимое озеленение должно учитывать природную среду конкретной местности, не нарушая законов развития экосистем. Данный принцип основывается на учете условий произрастания растений. Наиболее полно соответствуют климатическим и эдафическим условиям виды местной флоры, а также те, которые акклиматизированы в данном районе [8].

4. Оригинальность: система озеленения должна учитывать индивидуальность учреждения отдыха, местные традиции и культурный контекст [9].

В зависимости от роли растений в композиции требования к их декоративности различны, так как одни растения используются как фон, другие являются доминантой композиции. Для образования эффектных и красочных сочетаний нужно использовать все внешние декоративные элементы растений. Например, рябина скандинавская имеет красные плоды, дуб черешчатый оригинален своим габитусом, липа сердцелистная привлекает во время своего ароматного цветения, а скумпия кожевенная неповторима со своей яркой красной окраской листвы осенью.

Гармония и контраст – два важных принципа, используемых в озеленении. Гармоничными или контрастными могут быть сочетания красок, света и тени, образов и линий. Гармоничный образ чаще всего достигается объединением аналогичных элементов – красок или форм. Например, гармоничный образ можно создать различными оттенками зеленого цвета, создавая группы, или повторением разновеликих, но одинаковых по форме растений, например, деревьев и штамбовых кустарников. Гармоничная композиция производит успокаивающее впечатление, так как в ней нет резких перемен и напряжения. Излишняя гармонизация, однако, может вызвать ощущение однообразия.

Контраст – резко выраженная противоположность, он может быть достигнут композиционным объединением противоположных друг другу размеров, форм, цветов. Так, на фоне темной хвои контрастно смотрятся белые стволы берез, на фоне газона – одиноко стоящее дерево. Неправильное использование контраста создает ощущение смятения, раздробленности.

Важно учитывать цветовую палитру, так как цвет углубляет впечатление, производимое композицией, вызывая у человека определенные ощущения и настроения. Художественное воздействие цветовых эффектов основывается либо на одинаковости красок, либо на их разнообразии. Красочная композиция не может носить случайный характер. Приятное впечатление вызывают комбинации таких цветов как красный и зеленый,

желтый и фиолетовый, синий и оранжевый. Однако и другое сочетание красок может в определенных ситуациях создать эффектную цветовую композицию, например, белый цвет смягчает дисгармонию в сочетании красного и оранжевого цветов.

Другой фактор, который нужно учитывать при подборе цветовых комбинаций – яркость красок. Яркими красками считаются все так называемые «теплые» тона – красный, оранжевый, желтый и их оттенки. Их противоположностью являются «холодные» тона – синий, зеленый, фиолетовый. Комбинация чрезмерно ярких красок может быть крикливой, вызывать утомление. При создании участков для отдыха важно не перегружать их красками ярких оттенков – зелень листвы, голубая поверхность водоемов смягчит яркость. При создании цветников очень важно учитывать принцип цветового соответствия, Форма кроны древесных растений также может оказывать влияние на эмоции человека. Пирамидальные, сферические кроны вызывают стимулирующие эмоции, а овальные и плакучие успокаивают. Так, рядом с водоемом красиво выглядят деревья с плакучей формой кроны, с серебристой окраской листвы. Ива белая (форма плакучая) органически сочетает в себе эти качества, к тому же она соответствует водоему и по экологическому принципу.

Пирамидальную форму кроны имеет большинство вечнозеленых растений, а их более темная окраска вызывают у человека серьезное настроение, минимальное движение их ветвей создает впечатление неподвижности, торжественности [3]. Поэтому такие растения целесообразно высаживать там, где нужно подчеркнуть строгость обстановки, например, в мемориальных комплексах. Но такое впечатление создается, когда подобные деревья или кустарники сгруппированы в одном месте. В случае, когда они сочетаются с лиственными породами, цветниками, хвойные придают последним выразительность, контрастность. Лиственные деревья и кустарники более интересны своими сезонными изменениями. В приморских зонах именно лиственные породы предпочтительнее, так как эти зоны пользуются популярностью летом, ранней осенью и поздней весной.

На территории Донецкого Приазовья существуют удачные примеры озеленения учреждений отдыха. Так, на территории пансионата «Урзуф» в одноименном селе с 1959 г. произрастают сосны крымская и обыкновенная, ель колючая, береза бородавчатая, дуб черешчатый, клен остролистный, робиния ложноакациевая, ясень высокий, каштан конский, катальпа бигониевая. Кустарники представлены сиренью обыкновенной, бирючиной обыкновенной, скумпией кожевенной, можжевельниками казацким и виргинским. К сожалению, цветочные культуры в пансионате почти не представлены, так как учреждение не функционирует с 2022 г.

В п. Седово примером был пансионат «Металлург», который озеленяли ученые Донецкого ботанического сада. Помимо уже отмеченных растений здесь произрастают яблоня Недзвецкого, слива пурпурнолистная, айлант высочайший, шелковица, сумах красильный, барбарис Тунберга, спирея Ван-Гута, гибискусы сирийский и травянистый, опунция и другие декоративные многолетники. Широко были представлены и однолетние цветочные культуры, но пансионат также не действует с 2023 г.

Из действующих сейчас КСР в п. Седово следует отметить кемпинг «Дельмар (Золотое руно)». После генеральной реконструкции в 2019 г. здесь созданы декоративные композиции, высажено много деревьев сосны крымской, цветочных культур. Особенно декоративен розарий. Все насаждения находятся в отличном состоянии, что свидетельствует о должном уходе. Недостатком кемпинга является маленькая площадь, где зоны для различных рекреационных занятий не отделены друг от друга, однако кемпинг продолжает развиваться.

Выводы

В населенных пунктах Донецкого региона озеленять нужно не только учреждения отдыха, но и создавать зеленые насаждения общего пользования. При подборе растений для озеленения нужно учитывать время их вегетации и сезон наибольшей декоративности с целью создания разнообразных композиций, что придаст территории более привлекательный

вид в течение всего сезона отдыха. По данным индекса толерантности выделены растения, устойчивые к загрязнению почвы ионами цинка, которые можно рекомендовать для озеленения территорий городской среды – это *Linum usitatissimum* L. и *Zinnia angustifolia* L. Целесообразно зонирование территории учреждений отдыха. В каждой зоне своя специфика зеленых насаждений. Входная зона – лицо учреждения, здесь должны быть высажены декоративные растения, цветы и кустарники. Зона спокойного отдыха должна подчеркивать индивидуальность природного ландшафта. Для зон физкультурно-оздоровительных занятий и активного отдыха, а также детской площадки должен быть газон, устойчивый к вытаптыванию. От зоны отдыха эти зоны должны быть отделены древесно-кустарниковыми насаждениями.

Список литературы

1. *Абрамова В. В., Керимова Н. А.* Роль растений в организации береговых территорий // Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды: Материалы IV Межрегион. научно-практ. конф. (Санкт-Петербург, 04–05 апреля 2022 г.). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. С. 26–30.
2. *Голубничая С. Н., Мишечкин Г. В.* Северное Приазовье как перспективный туристско-рекреационный район // Проблемы развития индустрии туризма: Материалы VIII Международ. научно-практ. конф. (Чита, 31 октября 2022 г.) / Отв. ред. О. А. Лях, С. А. Батоева. Чита: Забайкальский государственный университет, 2022. С. 169–174.
3. *Голубничая С. Н.* Оптимизация рекреационных территорий средствами фитодизайна // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы IV Международ. науч. конф. (Донецк, 29–31 октября 2019 г.). Т. 2. Донецк: Донецкий национальный университет, 2019. С. 334–336.
4. *Елгина Е. В., Любимова Н. В., Гончаров А. В.* Рациональное природопользование и особенности озеленения санатория «Победа» города Сочи // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международ. научно-практ. конф. (Балашиха, 30 мая 2024 г.). Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В. И. Вернадского, 2024. С. 211–216.
5. *Овчаренко Л. А.* Стратегические ориентиры формирования туристических кластеров в Приазовье // Пути повышения эффективности управленческой деятельности органов государственной власти в контексте социально-экономического развития территорий: Материалы VIII Международ. научно-практ. конф. (Донецк, 06–07 июня 2024 г.). Донецк: Донецкая академия управления и государственной службы, 2024. – С. 94–99.
6. Приказ Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу от 15 декабря 1999 г. N 153 «Об утверждении Правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: https://tiflocentre.ru/documents/sp_82.13330.2016_blagoustroystvo_territoriy.php (дата обращения: 15.06.2024).
7. *Приходько С. А., Макогон И. В., Кустова О. К., Козуб-Птица В. В., Покора Н. Н.* Актуальный ассортимент декоративных растений и перспективы его обогащения в городском озеленении Донбасса // Ботанические сады в современном мире. 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnyy-assortiment-dekorativnyh-rasteniy-i-perspektivy-ego-obogascheniya-v-gorodskom-ozelenenii-donbassa> (дата обращения: 25.06.2024).
8. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75 [Электронный ресурс]. URL: https://tiflocentre.ru/documents/sp_82.13330.2016_blagoustroystvo_territoriy.php (дата обращения: 15.06.2024).

9. Тихонова Е. С., Коренькова О. О. Принципы озеленения и благоустройства санаториев для людей с ограниченными возможностями // ДНИ НАУКИ КФУ им. В. И. Вернадского: Сборник тезисов участников III научно-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых (Симферополь, 01–03 ноября 2017 г.) Т. 7. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2017. С. 376–377.

10. Kramer U. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils // Current Opinion in Biotechnology. 2008. Vol. 16, No 2. P. 133–141.

11. Pilon-Smits E., Pilon M. Phytoremediation of metals using transgenic plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2014. Vol. 21, No 5. P. 439–456.

Поступила в редакцию 14.11.2024 г.

Golubnichaya S. N., Frunze O. V. Phytooptimization of the territories of recreational and tourist institutions of the Donetsk Azov region. – We investigated the possibilities of optimizing the territories of recreation facilities and settlements in the Donetsk region by means of phytodesign. A comprehensive solution to restore the landscapes of recreational areas through design, technological and aesthetic study will allow creating comfortable conditions for recreation in small recreational areas throughout the summer season. In the settlements of the Donetsk Azov region, it is necessary to green not only recreation facilities, but also to create public green spaces. According to the tolerance index, plants resistant to soil contamination with zinc ions have been identified, which can be recommended for landscaping the territories of settlements – these are *Linum usitatissimum* L. and *Zinnia angustifolia* L. It is advisable to zone the territory of recreation facilities. Each zone has its own specifics of green spaces.

Key words: Donetsk Azov region, phytooptimization, phytodesign, zinc, ornamental herbaceous plants, tolerance index.

Голубничая Светлана Николаевна

кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры туризма
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет
экономики и торговли имени Михаила Туган-
Барановского»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: sg197@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-9076-982X
AuthorID: 834884

Golubnichaya Svetlana Nikolaevna

PhD in Biology, associate professor,
Associate Professor of Donetsk National University of
Economics and Trade named after Mikhail Tugan-
Baranovsky, Donetsk, DPR, Russian Federation.

Фрунзе Оксана Валентиновна

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

Frunze Oksana Valentinovna

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

© Ю. С. Калинина, А. И. Сафонов

**РАБОЧАЯ СХЕМА ЛАНДШАФТНОЙ ИНДИКАЦИИ В ДОНЕЦКЕ:
ДИЗАЙН И КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОСИСТЕМ***ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Калинина Ю. С., Сафонов А. И. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем. – На основании теоретических рекомендаций и собственных практических результатов по ландшафтно-эстетическим оценкам территорий рекреационного назначения в условиях урбанизированной среды и (или) техногенного импакта (в парковых и рекреационных объектах г. Донецка) предложена схема реализации процесса ландшафтной индикации по доступным критериям регионального фитомониторинга. Основным требованием к создаваемым ландшафтным конструкциям является устойчивость формируемых локальных геосистем при соблюдении принципов совместимости природных характеристик и антропогенных воздействий, а также рационализма в эксплуатационном функционировании. Приведен иллюстративный материал для фрагментарной демонстрации некоторых позиций предложенной рабочей схемы ландшафтной фитоиндикации в г. Донецке.

Ключевые слова: Донецк, ландшафтный дизайн, геосистемы, критерий устойчивости, озеленение, фитоиндикация, функциональное планирование.

Введение

Любой фактор антропогенеза вносит в природный баланс определенные дополнительные воздействия, которые могут иметь как деструктивный, так и стабилизирующий функциональный эффект при сохранении целостности и способности к восстановлению геосистемы любой размерности на Земле. Ландшафтная индикация [19, 24] как часть программы, сопряжённой с ландшафтной архитектурой [8, 31], а также благоустройство городских и техногенных территорий [1, 7, 13, 18, 28, 30] являются неотъемлемой частью инициатив и крупномасштабных экологических проектов [3, 6, 9, 17, 23, 25]. Помимо современных методов моделирования и экстраполяции ландшафтной экологии [19, 20, 22, 32] и анализа климатообразующих эффектов человеческой деятельности [3, 21, 27, 29], важным компонентом учета и анализа состояния экосистем является фитоиндикационный [4, 21] критерий, который отражает успешность внедряемых человеком технологий по оптимизации среды в условиях глубоких антропогенных трансформаций.

Цель работы – предложить блок-схему для реализации процесса оценки успешности фитооптимизационных работ на примере конкретных объектов рекреационной деятельности в условиях промышленного и урбанизированного региона – Донбасса.

Материал и методы исследования

Основой для методического сопровождения работы являются рекомендации ученых по вопросам зеленого строительства [8, 13, 18, 29, 31] и комплексного благоустройства городских территорий [1, 9, 13, 19, 20, 22, 25, 29, 32] и экологически напряженных регионов [2, 3, 6, 23, 26, 31]. С точки зрения ботанико-экологического мониторинга [5, 14, 15, 23] и анализа растительных объектов как элементов эстетической ценности [7, 10–12, 16] в Донбассе накоплен некоторый актуальный материал, используемый для обобщения и понимания специфики региона в отношении фитодизайна и ландшафтной архитектуры [10, 14].

При подготовке графического и фотоматериала были разработаны маршрутные схемы на местности, чтобы можно было осуществить сбор материала со смотровых площадок и мест обзора в разные сезоны, а также зафиксировать разницу в межгодовом сравнении

основных показателей устойчивости объектов зеленой архитектуры. В целевой программе проведенных наблюдательных и экспертных мероприятий основная задача была поставлена в подтверждении сохранения целостности и назначений парковых местностей, созданных до 2014 г. и прошедших осложненный войной период эксплуатации с 2014 по 2024 г. в Донецке.

Результаты и обсуждение

В качестве модельных объектов оценивания ландшафтно-эстетических характеристик и устойчивости геосистем в Донбассе были выбраны участки рекреационного назначения, имеющие дизайнерский проект и продолжительность эксплуатации не менее 15 лет, чтобы сохранить возможность межгодового сравнения в обозримом интервале времени и в условиях разной степени ухода за фитокомплексами.

По геометрическим закономерностям и с учетом топографических особенностей, планировка парковых мест в Донецке выполнена на высоком уровне проектного профессионализма (рис. 1), что подтверждается многолетним функционалом и сохранением основных скелетных структур за весь период исследований.

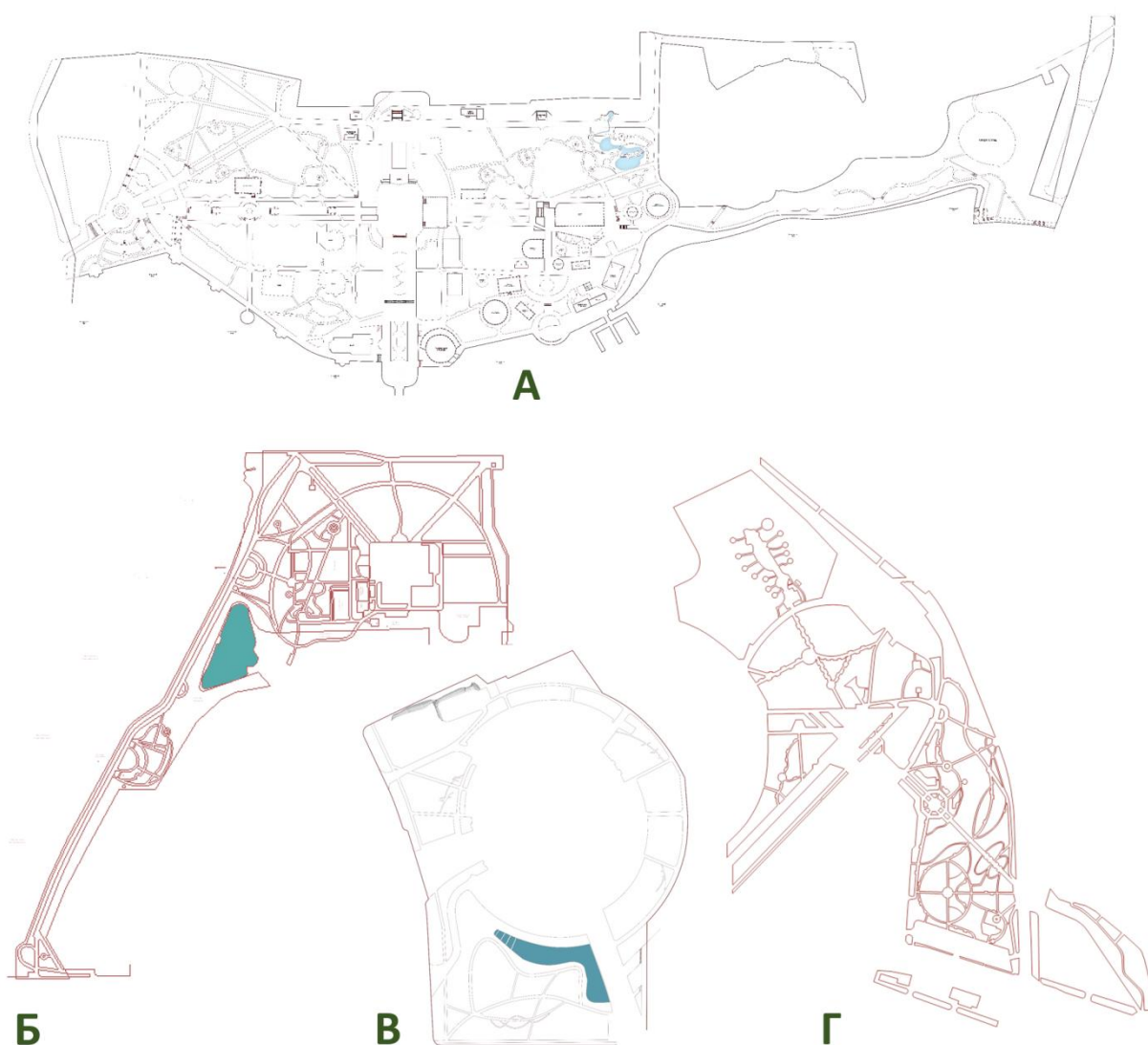


Рис. 1. Специфика планировки некоторых парков Донецка: Парк культуры и отдыха им. А.С. Щербакова (А), Парк Победы (Б), благоустройство Донбасс-Арены (В), городской парк культуры и отдыха «Освободителям Донбасса» – Парк Ленинского комсомола (Г)

В большинстве случаев строительство рекреационной зоны совпадает территориально с водоохранными объектами, от чего и зависит общая форма парков и скверов. Единообразие нанорельефа по нулевому углу наклона на 85–95 % территорий парков в Донецке позволяет

формировать разнообразие дендрокомпозиций и цветников, а оставшиеся склоны типично представлены стриженными газонами. Соблюдение таких правил и грамотный выбор местности также способствует устойчивости анализируемых геосистем при выполнении ими рекреационной функции, поскольку под устойчивостью в рабочей схеме оценивания подразумевается именно сохранение целостности структуры (согласно генеральному плану на местности) и функционального назначения даже в периоды сложных экономических потрясений в регионе, когда средства на стратегическую ландшафтную архитектуру и дизайн из городского бюджета не были предусмотрены в связи с военными событиями в Донбассе с 2014 г. по настоящее время.

Установлено, что парки характеризуются сочетанием различных стилей и направлений ландшафтной архитектуры и зеленого строительства с превалированием тенденций советского постмодернизма до локальных элементов пейзажных французских интонаций неоклассицизма, встроенных в английскую планировку города в целом, что согласуется с результатами предыдущих исследований в Донецке [7, 16].

Составленная блок-схема ландшафтной индикации с учетом фитообъектов (рис. 2) включает требование по соблюдению принципов совместимости природных характеристик и антропогенных вмешательств, а также рационализма в эксплуатации, сценарии и соответствующие им процессы в процедуре рассмотрения и целостной квантификации объектов ландшафтно-архитектурной ценности в Донецке.

РАБОЧАЯ СХЕМА ЛАНДШАФТНОЙ ФИТОИНДИКАЦИИ



Рис. 2. Принципиальная блок-схема этапов оценки успешности от стадии идеологического планирования до практического использования критериев на конкретных объектах ландшафтной индикации

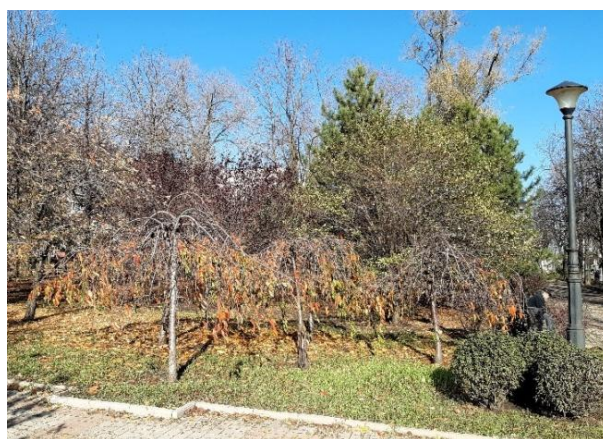
Пошаговая схема при анализе целостности и устойчивости искусственной геосистемы рекреационного назначения, созданной за счет приемов зеленой архитектуры, включает этап идентификации идеологического назначения на основании основных принципов, указанных на схеме, а также реализацию следующих четырех сценариев ландшафтного анализа: 1) оценочный, который предусматривает процедуру прямой квантификации, например, бонитета, проективного покрытия, эрозионных процессов почв, полевого водонасыщения корнеобитаемых эдафических горизонтов; 2) прогнозный, основанный на устойчивых тенденциях и описанных графиков динамических процессов за последние годы или за весь период наблюдений, если такие закономерности имеют колебательный характер развития; 3) результирующий сценарий сформирован несколькими тактиками, при этом особое значение уделялось типам ландшафтной индикации (предметный и помологический), и

важных процессов в степной зоне промышленного назначения при параметризации и физикализации, учитывающей ксерофитизацию, пайноморфность растительных объектов и, безусловно, процессы загрязнения в генетических рядах культурного ландшафта. Последний критерий определяется миграционными потоками технофильных элементов при проведении биогеохимического анализа по видам-доминантам и(или) ассектаторам. Интеграционный сценарий в рабочей схеме как правило связан со стратегией развития и эксплуатации местности.

В качестве иллюстративного примера успешного проекта реализации отдельных композиций в г. Донецке подготовлена серия фотоснимков сезонных преобразований южной экспозиции сквера Гурова (рис. 3) и восточной экспозиции сквера «Строитель» (рис. 4).



А



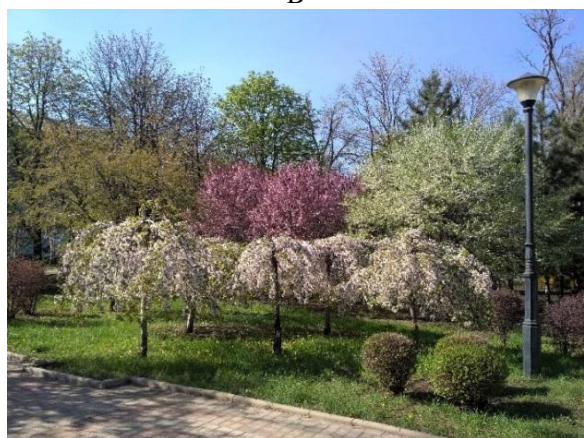
Б



В



Г



Д

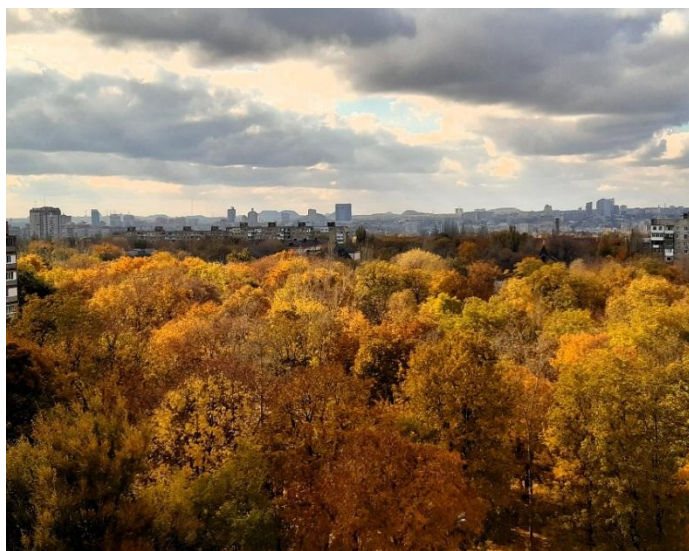


Е

Рис. 3. Южная экспозиция сквера Гурова (г. Донецк) в разные сезоны:
А – май 2023 г., Б – октябрь 2023 г., В – декабрь 2023 г., Г – декабрь 2023 г. (обледенение),
Д – апрель 2024 г., Е – май 2024 г.



А



Б



В



Г

**Рис. 4. Восточная экспозиция сквера «Строитель» (г. Донецк) в разные сезоны:
А – июль 2023 г., Б – ноябрь 2023 г., В – январь 2023 г.,
Г – январь 2024 г. (начало структурной реорганизации парковой зоны – федеральный проект)**

При подготовке иллюстративного материала выбраны одинаковые точки обзора и фотографирования местности. Такие материалы также можно рассматривать как хронографические летописи при установлении каких-либо фактов не только в мероприятиях зеленого строительства, но и при установлении климатических особенностей в межгодовом сравнении по фенологическим преобразованиям в растительных комплексах.

В оценке устойчивости геосистем также важно было подчеркнуть сбалансированный уход за искусственными насаждениями, которые, например, при экстремальных климатических условиях могут сохранить свою целостность. Испытание этого параметра проведено в период декабря 2023 г. при сильном обледенении всех объектов открытых ландшафтных систем, включая не только растительные элементы (рис. 3, Г), но и сооружения капитальной архитектуры. Также обязательно отмечены процессы переформирования парковых зон Донецка, которые локально организованы с 2023 г. как федеральные программы (проекты) благоустройства. При этом на начальных этапах переформирования рекреационная территория может резко утрачивать свой эстетизм, что отражено в оценочных колебаниях, проведенных в разные годы наблюдений.

Доказано, что сбалансированное и гармоничное цветовое оформление городской среды имеет положительное влияние на эмоциональное состояние человека. Выраженная сезонность в парковых участках Донецка также рассматривается как благоприятный показатель в успешности при эксплуатации рекреационных конструкций.

Установлено, что применяемые в технологиях ландшафтного дизайна комбинации создают уникальное и гармоничное окружение в условиях промышленно развитого г. Донецка, которое сочетает в себе природные характеристики с декоративными и архитектурными элементами. Ландшафтный дизайн (как часть городского ландшафта) выгодно интегрирует здания и сооружения в окружающий ландшафт. Представленные примеры сочетания элементов архитектуры и ландшафтного дизайна (рис. 5) имеют приятное и привлекательное пространство вокруг зданий, которые способствуют комфорту горожан. Элементы архитектуры в свою очередь приобретают больший эстетизм и привлекают к себе внимание.



А



Б

Рис. 5. Примеры сочетаний элементов архитектуры и ландшафтного дизайна:

А – бульвар им. А.С. Пушкина, Б – архитектурный ансамбль Донбасс Палас и гостиницы Пушкинская

Оценивая каждый из 10 критериев по 10-балльной шкале (рис. 2), в рабочей схеме оценки рекреационных объектов были получены результаты за 2012, 2015, 2018 и 2021 годы:

- Парк культуры и отдыха им. А.С. Щербакова: 95, 88, 90 и 91 балл;
- территория бульвара им. А.С. Пушкина: 96, 91, 92 и 93 балла;
- Городской парк культуры и отдыха «Освободителям Донбасса» (Парк Ленинского комсомола) – 85, 88, 85 и 89, отдельно оценена территория детской железной дороги в указанные годы – 50, 55, 53 и 54 баллов и музыкальный парк – 60, 72, 59 и 61 балл;
- Парк кованых фигур – 77, 79, 71 и 72 балла;
- Парк «Сокол» – 45, 48, 53 и 52 балла;
- Парк Победы (Калининский район) – 88, 87, 82 и 84 балла;
- Парк славянской культуры и письменности – 85, 85, 87 и 86 баллов;
- Парк гостиничного комплекса «Виктория» – 89, 77, 80 и 88 баллов.

Объемное озеленение, как особый вид ландшафтного дизайна, играет немаловажную роль в современной архитектуре, помогая тем самым создавать устойчивое и уникальное пространство, которое совмещает в себе красоту, функциональность и экологическую

ответственность. Специфическая устойчивость геосистем учтена также в период обледенения и выпадения осадков в виде инея (рис. 6).



Рис. 6. Примеры состояний ландшафтных фитокомпозиций в экстремальные природно-климатические периоды (А, Б) и при дополнительных аспектах эстетизма в зимний период (В, Г)

При этом была реализована попытка оценки устойчивости ландшафтных элементов по сохранности скелетных структур дендрологической фракции культурных насаждений по 100-балльной шкале в декабре 2023 г.: Парк культуры и отдыха им. А.С. Щербакова – 95, территория бульвара им. А.С. Пушкина – 91, Городской парк культуры и отдыха «Освободителям Донбасса» – 88, Парк кованых фигур – 72, Парк «Сокол» – 97, Парк Победы – 80, Парк славянской культуры и письменности – 86, Парк гостиничного комплекса «Виктория» – 75 баллов. Сделано предположение, что большинство повреждений обусловлено наличием в городских условиях древесных объектов, требующих обрезки и кронирования, что также связано с ограничением бюджетного финансирования в военное время в Донбассе.

Выводы

Функциональный ботанический эстетизм в Донбассе определяется в первую очередь надежностью (устойчивостью) создаваемых локальных ландшафтов на основании результативности процесса сохранения и выживания компонентов системы.

По дизайнерским планам, схемам конструкций, функционирования в эксплуатации и межсезонным аспектам парки и скверы Донецка оценены в категории высокого уровня эстетизма с некоторыми отличиями, связанными в первую очередь с размерами рекреационного объекта и спецификой его целевого использования.

Предложенная рабочая схема проведения ландшафтно-эстетической квантификации рекреационных местностей в г. Донецке показывает сравнительную дифференциацию полноценности создаваемых геосистем, устойчивость которых связана с подбором ассортимента растений, а также разнообразия композиционных вариантов. При этом подчеркнута общая линия использования стилевых приемов ландшафтной архитектуры и их совместимости с природными характеристиками в условиях антропогенного фактора.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4), а также инициативной темы кафедры ботаники и экологии ДонГУ «Ботаника антропогенеза: индикация и оптимизация» (№ 0122D000085).

Список литературы

1. Ватъян К. А., Прошунина К. А. Ландшафтный компонент в структуре делового центра // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования. Астрахань: Астраханский ГАСУ, 2021. С. 184–189. EDN: WENRMT.
2. Жуков К. О., Епринцев С. А. Качество окружающей среды городских территорий как показатель устойчивого развития // Региональные геоэкологические исследования. Воронеж: «АртПринт», 2022. С. 62–66. EDN: CEDHCS.
3. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. 2022. № 3. С. 321–334. DOI: 10.31857/S0024114822020073. EDN: KDUHDW.
4. Маркелов Д. А., Минеева Н. Я., Акользин А. П., Шаповалов Д. А., Григорьева М. А., Конуров Б. И., Алешко-Ожеская О. С. Биоиндикация в технологиях, проектах, решениях, как сигнальная система биосферы // Проблемы региональной экологии. 2022. № 2. С. 49–54. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-49-54. EDN: JGNNSB.
5. Калинина Ю. С. Выбор объектов для токсикологического фитомониторинга Донецко-Макеевской агломерации // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров: Вятский государственный университет, 2024. С. 112–115. EDN: FPVDVH.
6. Клепиков О. В., Епринцев С. А., Шекоян С. В. Анализ данных социальногигиенического мониторинга регионов России, определяющих эколого-гигиеническую безопасность населения // Санитарный врач. 2020. № 1. С. 60–66. DOI: 10.33920/med-08-2001-08. EDN: GCUFZF.
7. Мозговенко К. А. Зеленая архитектура промышленно развитого Донецка: эстетика, комбинаторика стилей // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 85–90. EDN: TCJSVK.
8. Мустафаева Н. И., Коноплева А. Д. Современные тенденции в ландшафтной архитектуре России // Русский язык и русская культура в мировом культурном. М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2023. С. 245–251. EDN: EKIKNZ.
9. Павлова В. А. Терапевтический ландшафт. Особенности изучения // Архитектура и современные информационные технологии. 2024. № 2 (67). С. 213–229. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-213-229. EDN: LUBXNH.
10. Петкогло О. В., Сафонов А. И. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022. № 3. С. 72–79. EDN: GTDLEL.
11. Пчеленко О. В., Сафонов А. И. Первичная оценка эстетической ценности видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде // Донецкие чтения 2017: Русский мир

как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Т. 2. Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. С. 109–110. EDN: YOUSWY.

12. Пчеленко О. В. Эстетическая ценность некоторых видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2018. Т. 1, № 10. С. 83–88. EDN: QXVDPА.

13. Репецкая А. И. Ассортимент для городского озеленения: взгляд ботаника, питомниковода, ландшафтного архитектора и чиновника // Ботанические сады в современном мире. Санкт-Петербург. 2023. Т. 3. С. 153–157. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-3-153-157.

14. Сафонов А. И., Калинина Ю. С. Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс ДонГУ // Ботанические сады и озеленение населенных мест. Симферополь: КФУ им. В. И. Вернадского. 2024. С. 252–254. DOI: 10.5281/zenodo.12813138.

15. Сафонов А. И., Мирненко Э. И., Мирненко Н. С., Калинина А. В., Калинина Ю. С., Палагута А. П. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 27–38. EDN: NSZYBT.

16. Сафонов Р. А. Геометрические особенности ландшафтной архитектуры г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 155–159. EDN: BKNVZY.

17. Солтани Г. А. Использование растительных ресурсов ботанических садов для проведения эколого-просветительских мероприятий // Ботанические сады в современном мире. Санкт-Петербург. 2023. Вып. 4. С. 123–125. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-4-123-125. EDN: WGEWZN.

18. Федорова С. А., Федоров А. В. Проблема современного благоустройства городских зон на примере Центральной площади г. Ижевска // Современные проблемы истории и теории архитектуры. Санкт-Петербург. 2022. С. 185–189. EDN: GBOZQE.

19. Черятова Ю. С., Джафарова А. Ф., Гресько А. И. Ландшафтная индикация в решении задач природопользования // Природообустройство. 2024. № 2. С. 111–116. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-2-111-116. EDN: LBWDYJ.

20. Chen Ch. Three-dimensional system modeling and design of ecological garden landscape based on the interlaced spatial pattern of light and shadow // Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering. 2023. Vol. 23, No. 3. P. 1503–1516. DOI: 10.3233/jcm-226712.

21. Dong Yu., Kuang W., Ren Zh., Dou Y., Deng X. Green or grain? Impact of green space expansion on grain production in Chinese cities and its implications for national urban greening schemes // Landscape Ecology. 2024. Vol. 39, No. 7. P. 117. DOI: 10.1007/s10980-024-01921-0.

22. Fang X., Kong L. Recent trends in landscape sustainability research – a bibliometric assessment // Land. 2024. Vol. 13, No. 6. P. 811. DOI: 10.3390/land13060811. EDN: VUTCAJ.

23. 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.

24. Lu X., Li Sh. Design of 3D environment combining digital image processing technology and convolutional neural network // Advances in Multimedia. 2024. Vol. 2024. P. 5528497. DOI: 10.1155/2024/5528497. EDN: HWYFRK.

25. Pera A. Assessing sustainability behavior and environmental performance of urban systems: A systematic review // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 17. P. 7164. DOI: 10.3390/su12177164.

26. Ryakhov R. V., Petrishchev V. P., Dubrovskaya S. A. Experience in analysing the landscape morphological structure based on innovative methodological approaches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012094. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012094.

27. Sukhoveeva O. E. Adaptation of land use to climate change in Russia // Russian Meteorology and Hydrology. 2020. Vol. 45, No. 12. P. 830–834. DOI: 10.3103/S106837392012002X.
28. Wu J. Landscape sustainability science (II): core questions and key approaches // Landscape Ecology. 2021. DOI: 10.1007/s10980-021-01245-3. EDN: ZQWJIK.
29. Yao L., Zhang X., Yu J., Liu Ya., Du H., Li X. Exploring ecological management plans for typical systems in arid areas from the perspective of ecosystem service value evolution // Systems. 2024. Vol. 12, No. 5. P. 166. DOI: 10.3390/systems12050166. EDN: LFCGEE.
30. Yeprintsev S. A., Klepikov O. V., Shekoyan S. V., Zhigulina E. V. Study of the impact of social and environmental factors on the spread of coronavirus infection in Russian Regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/688/1/012007. EDN: KNQAWL.
31. Zeng L. Urban landscape design based on VR immersive interactive experience app platform research and practice // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2022. Vol. 827 LNEE. P. 511–519. DOI: 10.1007/978-981-16-8052-6_63. EDN: IICPUN.
32. Zhang S. Modern urban landscape design under sustainable development // Journal of Advanced Oxidation Technologies. 2018. Vol. 21, No. 2. P. 201808740. DOI: 10.26802/jaots.2018.08740. EDN: YIODGH.

Поступила в редакцию 17.09.2024 г.

Kalinina Yu. S., Safonov A. I. Working scheme of landscape indication in Donetsk: design and criteria of sustainability of geosystems. – Based on theoretical recommendations and our own practical results on landscape-aesthetic assessments of recreational areas in the conditions of an urbanized environment and (or) man-made impact (in park and recreational facilities of Donetsk), a scheme for implementing the landscape indication process according to accessible criteria of regional phytomonitoring is proposed. The main requirement for the created landscape structures is the sustainability of the formed local geosystems while observing the principles of compatibility of natural characteristics and anthropogenic impacts, as well as rationalism in operational functioning. Illustrative material is provided for a fragmentary demonstration of some positions of the proposed working scheme of aesthetic landscape phytoindication in Donetsk.

Key words: Donetsk, landscape design, geosystems, sustainability criterion, landscaping, phytoindication, functional planning.

Калинина Юлия Станиславовна

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

Kalinina Yulia Stanislavovna

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

Сафонов Андрей Иванович

кандидат биологических наук, доцент,
зав. кафедрой ботаники и экологии
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,
Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.

© И. Ф. Пирко, В. О. Корниенко

**РЕСУРСЫ ФЛОРЫ ЮГА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ.
АБОРИГЕННЫЕ ВИДЫ ПОРЯДКА ЗЛАКОЦВЕТНЫЕ (POALES SMALL) ДЛЯ
ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»**Россия, 283001, ДНР, г. Донецк, пр-т Гурова, 14*

Пирко И. Ф., Корниенко В. О. Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды порядка Злакоцветные (Poales Small) для озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации. – Представлен обзор экологических, биоморфологических, феноритмотипических и габитуальных характеристик аборигенных видов порядка Злакоцветные, перспективных для формирования актуального ассортимента декоративных травянистых многолетников в соответствии с современными тенденциями озеленения и ландшафтного дизайна. Даны рекомендации по использованию предложенного ассортимента в различных объектах озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации. Определен диапазон типов цветочного оформления для каждого рекомендуемого вида.

Ключевые слова: *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss., *Typhaceae* Juss., аборигенная флора, травянистые многолетники, урбоэкосистемы, озеленение, биоремедиация.

Введение

Использование декоративных травянистых видов растений аборигенной флоры в озеленении всегда актуально [9, 42, 44, 55]. Однако на практике их соотношение в региональном ассортименте достаточно низкое. Основную долю в городском озеленении составляют интродуценты – чужеродные виды и культурные формы. При этом доля последних составляет в среднем 2/3 ассортимента [47]. Такие растения обладают неоспоримым эстетическим преимуществом, но интродуцируемые природные виды не всегда достаточно адаптированы к почвенно-климатическим условиям региона, а культурные формы, особенно культивгены, в силу ряда причин, связанных с их формированием, закономерно имеют более низкую жизнеспособность, что приводит к необходимости их культивирования на достаточно высоком и затратном агрофоне. С другой стороны, интродукция экологически пластичных видов, легко приспосабливающихся к новым условиям, имеет свои негативные последствия – неконтролируемое распространение иногда приводит к их инвазии в антропогенно трансформированные и даже природные фитоценозы [5, 50], что приводит к нарушению коэволюционных связей и снижению функциональной устойчивости экологических систем [41, 56]. Поэтому целесообразным и вполне оправданным является повышение интереса к представителям местных флор, что отражается в современных тенденциях ландшафтного дизайна, в основе которых лежит естественность и экологичность [7, 17, 22, 48]. Декоративные растения аборигенной флоры вполне приемлемы, а иногда и незаменимы в качестве исходного материала для ландшафтно-архитектурных стилей, используемых в рекреационных объектах, придорожном озеленении и различных селитебных территориях городов Донецко-Макеевской агломерации [29], а также способны обеспечить градиентный переход от искусственных насаждений к остаткам естественных экосистем в черте города [54].

Особую группу в озеленении и ландшафтном дизайне занимают так называемые «декоративные травы». Благодаря своим габитуальным и биоэкологическим особенностям они широко используются в качестве фоновых либо акцентных растений в различных элементах цветочного оформления в объектах озеленения разного типа. Под этим названием объединяют представителей порядка Злакоцветные (Poales Small), в первую очередь семейства *Poaceae* Barnhart и в меньшей мере *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss. и *Typhaceae*

Juss., габитуально и функционально близких к представителям семейства *Poaceae*. Декоративные многолетние виды семейства *Poaceae* аборигенной фракции местной флоры, анализ их биоэкологических особенностей и некоторые варианты использования в озеленении городов Донецко-Макеевской агломерации представлены нами ранее [29]. Поэтому целью данного исследования является анализ биоэкологических особенностей аборигенных видов семейств *Cyperaceae*, *Juncaceae* и *Typhaceae*, которые могут быть использованы для создания устойчивых долговременных малозатратных декоративных композиций и дизайнерских флорокомплексов, максимально приближенных к природным, активно выполняющих не только эстетические, но и экологические функции в городском озеленении и декоративном садоводстве региона.

Материал и методы исследования

Отбор декоративных видов порядка Злакоцветные (семейства *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Typhaceae*) проведен на основании региональных флористических списков и научных работ по изучению местной флоры [24, 31]. Основными критериями отбора послужили габитуальные характеристики и жизненная форма, а также представленность видов, либо рекомендации к их использованию в озеленении и декоративном садоводстве других регионов.

Латинские названия таксонов приведены в соответствии с последними данными таксономических исследований по международной онлайн-базе мировой флоры World Flora Online (июнь 2024) [57]. Биоэкологические характеристики представлены на основании анализа данных научной литературы в соответствии с общепринятыми методиками: биоморфы по Х. Раункиеру [53] и И. Г. Серебрякову [34], экоморфы приведены по классификациям А. Л. Бельгарда [3] и Н. М. Матвеева [21], феноритмотипы по И. В. Борисовой [4]. Экоморфы большинства изучаемых видов определены по описаниям экологических условий типичных для них мест произрастания, так как в биоэкологических характеристиках, приводимых в литературных источниках, как правило, приводятся только гидроморфы, реже гелио- и трофоморфы.

В связи с тем, что подавляющее большинство рассматриваемых видов так или иначе имеют отношение к водной среде и в настоящее время единой и всеми признанной классификации водных и околоводных растений не существует, как нет и точных критериев, определяющих их ценотип и экотип (экоморфу) [16, 18, 25, 26, 32], в данной работе использована наиболее логичная с точки зрения нашего исследования классификация, предложенная Г. О. Папченковым [25], основанная на приоритетном учете типичных мест произрастания:

Настоящие водные растения

Экотип I. Гидрофиты, или настоящие водные растения.

Экогруппа 1. Макроскопические водоросли и водные мхи.

Экогруппа 2. Гидрофиты, свободно плавающие в толще воды.

Экогруппа 3. Погруженные укореняющиеся гидрофиты.

Экогруппа 4. Укореняющиеся гидрофиты с плавающими на воде листьями.

Экогруппа 5. Гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды.

Прибрежно-водные растения

Экотип II. Гелофиты, или воздушно-водные растения.

Экогруппа 6. Низкотравные гелофиты.

Экогруппа 7. Высокотравные гелофиты.

Экотип III. Гигрогелофиты.

Группа экотипов. Заходящие в воду береговые (околоводные) растения

Экотип IV. Гигрофиты.

Экотип V. Гигромезо- и мезофиты.

По классификации природно-территориальных комплексов города Донецко-Макеевской агломерации расположены в степной зоне на юге Восточно-Европейской

равнины [13]. Климат региона умеренно континентальный с резкими колебаниями температур воздуха по временам года, с жарким сухим летом и малоснежной холодной зимой с частыми оттепелями. Метеорологические условия городской среды из-за воздействия антропогенных факторов характеризуются более высокой температурой, особенно в зимний период, которая может быть выше окружающей на 1–2 °С, а в отдельных случаях на 5–8 °С. Фиксируется также снижение притока радиации, в том числе ультрафиолетового спектра, до 15 % и сокращение продолжительности солнечного сияния на 25–30 мин в день. Отмечается повышенная облачность, но более низкая влажность воздуха по сравнению с зональными условиями. Из-за применения противогололедных реагентов и воздействия других техногенных факторов на многих участках наблюдается сильная засоленность почвы [19, 35].

Результаты и обсуждение

Порядок Злакоцветные в аборигенной флоре представлен 4 семействами, видовое разнообразие которых, в сравнении с мировой флорой, незначительно, несмотря на достаточно высокую репрезентативность семейств *Juncaceae* и *Typhaceae* на уровне родов установлено, что каждое из этих семейств обладает тем или иным ресурсом хозяйственно полезных видов. В их состав входят пищевые, пыльценосные, кормовые, пастбищные, а также технические, лекарственные, противозерозионные и грунтообразующие растения. Значительная часть может быть использована и в качестве декоративных. Так, только среди многолетников, наиболее рентабельных и перспективных для использования в городском озеленении и декоративном садоводстве региона, в аборигенной фракции местной флоры нами выделено 50 таксонов, что по семействам составляет от 35 до 100 % (табл. 1).

Таблица 1

Представленность декоративных видов порядка Злакоцветные (*Poales* Small) в аборигенной флоре

Семейства	Мировая флора		Аборигенная флора							
	количество		всего				из них декоративные многолетники			
	родов	видов	родов		видов		родов		видов	
			кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
<i>Poaceae</i> Barnhart	759	11 554	62	8	175	1,5	26	42	62	35
<i>Cyperaceae</i> Juss.	93	6 043	13	14	69	1	4	31	36	52
<i>Juncaceae</i> Juss.	8	517	2	25	16	3	1	50	8	50
<i>Typhaceae</i> Juss.	2	77	2	100	6	8	2	100	6	100

Некоторые декоративные аборигенные виды имеют зоологический статус разного уровня: Красная книга Украины. Растительный мир [39]: *Carex bohémica* Schreb. – уязвимый, *Typha angustifolia* L. – исчезающий; Красная книга Приазовского региона. Сосудистые растения [14]: *Carex melanostachya* M. Bieb. Ex Willd. – редкий европейско-малоазиатский вид с неопределенным статусом; Красная книга Ростовской обл. Растения [15]: *Carex hordeistichos* Vill. – редкий вид, имеющий значительный ареал, но находящийся на границе распространения, *Eriophorum latifolium* Норре – вероятно, исчезнувший вид, нахождение которого в природе не подтверждено в последние 50 лет; Красная книга ДНР [27] *Carex caryophyllea* Latourr. – вероятно, исчезнувший, *Carex cespitosa* L. – редкий вид азональных экотопов, *Carex diluta* M. Bieb. – редкий, *Carex elata* All. – редкий, *Carex humilis* Leys. – редкий, *Carex pilosa* Scop. – редкий. Широкое введение в культуру таких видов в пределах их естественного ареала, которое может способствовать увеличению их численности и занимаемых территорий – это не только один из вариантов сохранения генофонда или, как минимум, какой-то его части, но и возможность частичного восстановления потока генетической информации (за счет переноса пыльцы и плодов) через урбоэкосистемы, которые являются существенным препятствием для естественного обмена между природными популяциями.

Виды семейств *Cyperaceae* и особенно *Juncaceae* и *Typhaceae* в качестве декоративных стали рассматриваться относительно недавно и широкого распространения пока не получили, несмотря на достаточную эстетичность и высокую приспособляемость, связанную с их экологической приуроченностью. Наряду со Злаками они могут выполнять функцию базового ассортимента травянистых многолетников для формирования долговременных и устойчивых композиций. При подборе ассортимента для подобных композиций основным принципом является предварительная оценка экологической и биоморфологической совместимости видов, особенностей их ритмов развития и сроков прохождения фенологических фаз. Только на базе этих данных отбираются виды для планируемого колористического, а затем и композиционного решения [28].

В отличие от *Poaceae*, большинство видов которого приспособлены к засушливым условиям [12], семейства *Cyperaceae*, *Juncaceae* и *Typhaceae* преимущественно представлены влаголюбивыми, околотовыми, прибрежно-водными или водными растениями. В водной среде временно или довольно длительный период по разным обстоятельствам могут оказаться типично сухопутные растения расположенные выше уреза воды на береговой линии, подразделяемой на зону затопления, зону прибоя и заплеска, орошаемую брызгами воды, и периодически обсыхающую зону. Их границы, в силу ряда причин гидрологического характера, не являются постоянными, что и сказывается на формировании растительного покрова, в котором растения оказываются за пределами типичного эдафотопы [30, 26]. Многие виды, произрастающие в приграничной зоне, эволюционно адаптированы к флуктуирующим условиям, поэтому не всегда можно с уверенностью определить экотип вида. Так, спорным, например, является положение ряда представителей рода *Carex* L., которые многие гидробиологи рассматривают в качестве водных растений, растущих по берегам водоемов и в воде, однако, по мнению других исследователей это влаголюбивые, но не водные растения [25], на что указывает их способность произрастать в мезофильных и даже ксерофильных сообществах. Поэтому при определении экоморфы рассматриваемых аборигенных видов Злакоцветных нами учтены наиболее характерные места произрастания, указанные в различных источниках, в первую очередь во флористических списках [1, 2, 18, 20, 21, 23, 36–38]. В результате показано, что только 12 из 50 видов являются облигатными прибрежно-водными растениями (табл. 2): 10 – высокорослые гелофиты, у которых в водной среде находится корневая система и узел кущения, а основная часть вегетативных и генеративных побегов возвышается над водой, 2 – низкорослых гелофитов, при определенных условиях полностью погруженных. По ту или иную сторону от границы экотопов могут успешно произрастать 11 видов гигрогелофитов, одинаково хорошо приспособленных как к затопленным, так и хорошо увлажненным эдафотопам. Остальные 27 видов – типичные растения суши, предпочитающие почвы разной степени влажности – от гигромезофитов и мезогигрофитов, способных произрастать в условиях временного подтопления, до облигатных ксерофитов, не переносящих избыточного увлажнения.

По отношению к свету подавляющее большинство представленных Злакоцветных светолюбивые растения, часть из которых способна переносить легкое затенение, и только пять видов рода *Carex*, являясь световыносливыми, предпочитают затененные участки.

По приспособленности к почвенным условиям наблюдается широкий спектр варьирования по комплексу эдафоморф (см. табл. 2). Многие виды, независимо от их гидроморфы, могут произрастать на субстратах различной трофности – от достаточно плодородных, до бедных, по гранулометрическому составу – от глинистых до суглинистых, супесчаных и песчаных. Отдельные виды легко осваивают и каменистые субстраты. Особо ценную группу для городского озеленения составляют растения способные произрастать в условиях повышенной концентрации солей (галофиты, галофиты). Значительная доля среди них – представители семейства *Cyperaceae* (10 видов), большая часть из которых являются типичными галофитами.

Таблица 2

**Экологический спектр аборигенных видов семейств *Cyperaceae* Juss.,
Juncaceae Juss. и *Typhaceae* Juss., рекомендуемых для озеленения городов
Донецко-Макеевской агломерации**

Вид	Экоморфы по основным экологическим факторам					
	гелио- морфы	гидро- морфы	трофо- морфы	ацидо- морфы	гало- морфы	грануло- морфы
<i>Cyperaceae</i> Juss						
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	He	Hel	MsTr	Nt	Hal	Ps Al Arg
<i>Carex acuta</i> L.	ScHe	Hel	MsTr	Nt	Glk	Ps Al Arg
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	He	Hel	EuMsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Carex appropinquata</i> Schumach.	ScHe	Hel	MsTr	NtAc	HalGlk	Arg
<i>Carex atherodes</i> Spreng.	ScHe	HgHel	EuMsTr	AcNt	Hal	Arg
<i>Carex bohémica</i> Schreb.	He	HgMs	EuMsTr	AcNt	Hal	Ps Al Arg
<i>Carex buekii</i> Wimm.	ScHe	Ms	EuMsTr	Nt	Hal	Arg
<i>Carex canescens</i> L.	ScHe	Hg	EuMsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Carex caryophylla</i> Latourr.	ScHe	Ks	MsTr	AcNt	Glk	Ps Al
<i>Carex cespitosa</i> L.	HeSc	HgMs	MsTr	AcNt	HalGlk	Arg
<i>Carex diandra</i> Schrank	He	Hel	MsTr	Nt	HalGlk	Ps Al Arg
<i>Carex digitata</i> L.	HeSc	KsMs	MsTr	Nt	Glk	Ps Al
<i>Carex divulsa</i> Stokes	ScHe	KsMs	MsTr	Nt	Glk	Ps Al Arg
<i>Carex elata</i> All.	ScHe	MsHg	EuMsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Carex elata</i> ssp. <i>Omskiana</i> (Meinsh.) J alas	ScHe	HgHel	EuMsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Carex elongata</i> L.	HeSc	Hel	EuMsTr	Nt	Glk	Arg
<i>Carex hirta</i> L.	ScHe	HgHel	MsTr	Nt	Glk	Ps Al Arg
<i>Carex hordeistichos</i> Vill.	He	Hg	MsOgTr	Nt	Glk	Ps Al
<i>Carex humilis</i> Leyss.	ScHe	Ks	MsOgTr	Nt	Glk	Pt Al
<i>Carex leporina</i> L.	ScHe	Ms	MsTr	NtAc	Glk	Arg
<i>Carex melanostachya</i> M.Bieb. ex Willd.	He	KsMs	MsTr	Nt	Al	Hal
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	He	HgHel	MsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Carex otrubae</i> Podp.	ScHe	MsHg	EuMsTr	Nt	Hal	Arg
<i>Carex pilosa</i> Scop.	HeSc	Ks	MsTr	Nt	Glk	Ps Al Arg
<i>Carex praecox</i> Schreb.	ScHe	MsKs	MsTr	Nt	Hal	Ps Al Arg
<i>Carex pseudocyperus</i> DC.	He	HgHel	MsTr	Nt	Glk	Arg
<i>Carex rhizina</i> Blytt ex Lindblom	HeSc	Ks	MsTr	Nt	Glk	Al
<i>Carex riparia</i> Curtis	ScHe	Hg	MsTr	Nt	Glk	Al Arg
<i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.	He	Ks	MsOgTr	Nt	Hal	Pt Ps Al
<i>Carex supina</i> Willd. Ex Wahlenb.	He	Ks	MsOgTr	Nt	Glk	Pt Ps Al
<i>Carex vesicaria</i> L.	ScHe	HgHel	MsTr	AcNt	Glk	Ps Al Arg
<i>Carex vulpina</i> L.	ScHe	HgHel	EuMsTr	Ac	Glk	Arg
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	He	Hel	MsTr	AcNt	Glk	Ps Al Arg
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	He	Hel	MsTr	AcNt	Glk	Arg
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	He	HgHel	MsTr	Ac	Glk	Arg
<i>Eriophorum latifolium</i> Hoppe	He	HgHel	MsTr	Ac	Glk	Arg
<i>Juncaceae</i> Juss.						
<i>Juncus articulatus</i> L.	He	HgMs	MsTr	NtAc	Glk	Ps Al
<i>Juncus atratus</i> Krock.	He	HgMs	MsOgTr	NtAc	Glk	Ps Al
<i>Juncus compressus</i> Jacq.	He	HgMs	MsTr	NtAc	HalGlk	Pt Ps Al
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	He	HgMs	MsTr	NtAc	Glk	Pt Ps Al
<i>Juncus effusus</i> L.	He	HgMs	MsOgTr	NtAc	Glk	Pt Ps Al
<i>Juncus gerardii</i> Loisel.	He	HgMs	MsOgTr	NtAc	HalGlk	Pt Ps Al
<i>Juncus inflexus</i> L.	He	HgMs	MsOgTr	NtAc	HalGlk	Pt Ps Al
<i>Juncus maritimus</i> Lam.	He	HgMs	MsOgTr	NtAc	Hal	Pt Ps Al
<i>Typhaceae</i> Juss.						
<i>Sparganium erectum</i> L.	He	Hel	EuMsTr	Nt	Glk	Arg
<i>S. erectum</i> ssp. <i>Neglectum</i> (Beeby) K.Richt.	He	Hel	EuMsTr	Nt	Glk	Arg
<i>Sparganium natans</i> L.	He	Hel	EuMsTr	Nt	Glk	Arg
<i>Typha angustifolia</i> L.	He	Hel	MsTr	Nt	HalGlk	Al Arg
<i>Typha latifolia</i> L.	He	HgHel	MsTr	Nt	Glk	Al Arg
<i>Typha laxmannii</i> Lepech.	He	HgHel	MsTr	Nt	Glk	Al Arg

Примечание – Гелиоморфы: He – гелиофиты, ScHe – сциогелиофиты, HeSc – гелиосциофиты; гидроморфы: Ks – ксерофиты, MsKs – мезоксерофиты, KsMs – ксеромезофиты, Ms – мезофиты, HgMs – гигромезофиты, Hg – гигрофиты, HgHel – гигрогелофиты, Hel – галофиты; трофоморфы: EuTr – эутрофы, EuMsTr – эумезотрофы, MsTr – мезотрофы, MsOgTr – мезоолиготрофы, OgTr – олиготрофы; ацидоморфы: Ac – ацидофилы, NtAc – нейтроацидофилы, AcNt – ацидонейтрофилы, Nt – нейтрофилы; галоморфы: Glk – гликофиты, HalGlk – галогликофиты, Hal – галофиты; грануломорфы: Pt – петрофиты, Ps – псаммофиты, Al – алевритофиты, Arg – аргилофиты.

Достаточно высокой солевыносливостью характеризуются и некоторые представители семейств *Juncaceae* (4 вида) и *Typhaceae* (2 вида). Характерной особенностью почти всех видов является ацидофильность, однако все они, за исключением облигатных ацидофилов (*Carex vulpina* L., *Eriophorum angustifolium* Honck. И *E. latifolium* Hoppe), способны нормально развиваться и на грунтах с нейтральной кислотностью. В целом, такое разнообразие экоморф свидетельствует о широкой экологической пластичности и значительном адаптивном потенциале этих видов, позволяющем приспосабливаться к широкому спектру экологических и природно-климатических условий, что подтверждает распространение большинства из них на обширных территориях Евразийского континента, а отдельных видов и за его пределами – в Северной Америке и Северной Африке.

При формировании долговременных и устойчивых декоративных композиций немаловажную роль играет не только правильный подбор экологических групп, но и соответствие их биоморфологических и феноритмотипических характеристик. Биоморфологический спектр исследуемой группы растений по Х. Раункиеру [53] представлен гемикриптофитами (10 видов) и криптофитами (40 видов), среди которых 18 наземных (геофитов), 12 прибрежно-водных (гелофитов/гидрофитов) и 10 переходных форм (геогидрофитов, гидрогеофитов). В связи с тем, что данная группа растений по численности составляет от 50 % до 100 % аборигенных видов семейств *Cyperaceae*, *Juncaceae* и *Typhaceae* (см. табл. 1) такое соотношение биоморф вероятно является характерным для представителей этих таксонов в региональной флоре и обусловлено их экологической приуроченностью. По системе биоморф И. Г. Серебрякова [34] все виды являются корневищными, большинство из которых, как наземные, так и прибрежно-водные, способны образовывать дернину (табл. 3). Доминируют среди них длиннокорневищные, доля которых составляет 60 %. Такие особенности строения корневой системы имеют свои преимущества и недостатки. Корневищные растения, особенно длиннокорневищные, вегетативно подвижны, способны в короткий срок задернить большую поверхность, закрепляя при этом грунт и защищая его от водной и/или воздушной эрозии. С другой стороны, использование их в долговременных многокомпонентных насаждениях требует применения ограничительных приспособлений (контейнеры, бордюрные ленты и т. п.) для предотвращения их агрессивного разрастания и вытеснения других видов. Особенно это относится к видам семейства *Typhaceae*, обладающим очень мощными корневищами, способными не только вытеснить другие виды, но и разрушить стенки искусственных водоемов, созданных при помощи пленочных и других нестационарных каркасов.

Все исследуемые декоративные виды по феноритмотипу относятся к длительновегетирующим. Подавляющее большинство представителей семейства *Cyperaceae* и *Juncaceae* являются летне-зимнезелеными растениями, что существенно пролонгирует период декоративности объектов озеленения с их использованием. Для таких видов характерно формирование дициклических монокарпических побегов, которые, как правило, благополучно перезимовывают, проходят генеративную фазу и остаются ассимилирующими до конца вегетации. Одной из адаптивных реакций на неблагоприятные условия может быть факультативный переход к весенне-летне-осеннезеленому феноритмотипу. При этом в осенний период закладываются только почки возобновления, а развитие побегов начинается весной следующего года. В генеративную фазу раньше всех вступают представители семейства *Cyperaceae*, треть из которых (11 видов) зацветает уже в апреле, остальные – в мае (см. табл. 3). Цветение представителей семейств *Juncaceae* и *Typhaceae* начинается с мая по июль. В связи с тем, что соцветия представленных Злакоцветных в большинстве своем колористически не выражены, но достаточно фактурны как на стадии цветения, так и плодоношения, с эстетической точки зрения имеет значение не только фаза цветения, а весь генеративный период в целом. При сопоставлении фенофаз цветения и плодоношения рекомендуемых видов показано, что они распределены неравномерно, но охватывают практически весь вегетационный период (табл. 4), что при соответствующем комбинировании этих видов позволит придать композициям определенную динамичность.

Таблица 3

**Хозяйственно ценные признаки видов семейств *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss.
и *Typhaceae* Juss., рекомендуемых для озеленения городов
Донецко-Макеевской агломерации**

Виды	Биоморфа		Генера- тивная фаза	Высота расте- ния, см	Ширина листа, мм	Окраска листа/побега
	по Раункиеру	по Серебря- кову				
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	криптофит	ДК КО	V–X	30–100	3–8	зеленая
<i>Carex acuta</i>	криптофит	ДК ПД	V–VI	30–150	2–6	ярко-зеленая
<i>Carex acutiformis</i>	криптофит	ДК РД	V–VII	40–130	3–20	сизая
<i>Carex appropinquata</i>	криптофит	КК ПД	V–VI	50–100	2–4	желтовато-зеленая
<i>Carex atherode</i>	криптофит	ДК РД	V–VII	30–150	2–10	светло-зеленая
<i>Carex bohémica</i>	гемикриптофит	КК РД	V–VIII	5–40	2–4	ярко-зеленая
<i>Carex buekii</i>	гемикриптофит	ДК ПД	V–VI	45–120	5–10	ярко-зеленая
<i>Carex canescens</i>	гемикриптофит	КК ПД	V–VI	20–50	1–4	серовато-зеленая
<i>Carex caryophylla</i>	криптофит	ДК РД	IV–VI	5–40	1,5–3	серовато-зеленая
<i>Carex cespitosa</i>	гемикриптофит	КК ПД	V–VII	15–20	3–4	светло-зеленая
<i>Carex diandra</i>	криптофит	КК РД	V–VI	40–100	1,5–3	серовато-зеленая
<i>Carex digitata</i>	гемикриптофит	ДК РД	IV–V	10–50	3–6	светло-зеленая
<i>Carex divulsa</i>	криптофит	КК РД	V–VI	25–90	2–3	ярко-зеленая
<i>Carex elata</i>	криптофит	КК ПД	IV–VII	45–100	3–6	серовато-зеленая
<i>Carex elata</i> ssp. <i>Omskiana</i>	криптофит	КК ПД	V–VI	50–100	3–6	серовато-зеленая
<i>Carex elongata</i>	криптофит	КК ПД	V–VI	50–80	2–4	светло-зеленая
<i>Carex hirta</i>	криптофит	КК ПД	V–VII	10–90	2–4	серовато-зеленая
<i>Carex hordeistichos</i>	гемикриптофит	КК РД	V–VII	10–40	3–5	серовато-зеленая
<i>Carex humilis</i>	криптофит	КК ПД	IV–V	2–15	1–2	зеленая
<i>Carex leporina</i>	гемикриптофит	КК ПД	VI–VII	20–35	2–4	светло-зеленая
<i>Carex melanostachya</i>	криптофит	ДК РД	V–VII	15–60	2–4	серовато-зеленая
<i>Carex nigra</i>	криптофит	ДК ПД	V–VI	10–40	2–3	сизоватая
<i>Carex otrubae</i>	криптофит	КК ПД	IV–V	50–70	5–10	серовато-зеленая
<i>Carex pilosa</i>	гемикриптофит	ДК РД	IV–V	40–50	4–10	зеленая
<i>Carex praecox</i>	криптофит	ДК РД	IV–VI	10–40	1,5–2	серовато-зеленая
<i>Carex pseudocyperus</i>	криптофит	КК ПД	V–VI	40–80	5–10	ярко-зеленая
<i>Carex rhizina</i>	гемикриптофит	ДК РД	IV–V	20–40	2–3	ярко-зеленая
<i>Carex riparia</i>	криптофит	ДК ПД	VI–VII	60–150	5–15	сизоватая
<i>Carex stenophylla</i>	гемикриптофит	ДК РД	V–VII	3–20	7–15	серовато-зеленая
<i>Carex supina</i>	криптофит	ДК ПД	IV–V	5–20	1–1,5	желтовато-зеленая
<i>Carex vesicaria</i>	криптофит	ДК ПД	V–VI	30–80	1–7	желтовато-зеленая
<i>Carex vulpina</i>	криптофит	ДК РД	V–VI	30–100	5–10	темно-зеленая
<i>Eleocharis acicularis</i>	криптофит	ДК ПД	IV–IX	10–20	–	ярко-зеленая
<i>Eleocharis palustris</i>	криптофит	ДК ПД	VII–IX	12–60	–	ярко-зеленая
<i>Eriophorum angustifolium</i>	криптофит	ДК РД	V–VI	15–75	3–4	ярко-зеленая
<i>Eriophorum latifolium</i>	криптофит	КК РД	V–VIII	30–70	5–8	ярко-зеленая
<i>Juncus articulatus</i>	криптофит	КК РД	VI–IX	15–50	–	сизо-зеленая
<i>Juncus atratus</i>	криптофит	ДК РД	VII–IX	40–120	–	сизо-зеленая
<i>Juncus compressus</i>	криптофит	КК ПД	V–IX	10–50	–	зеленовато-бурая
<i>Juncus conglomeratus</i>	криптофит	КК ПД	V–IX	30–150	–	сизо-зеленая
<i>Juncus effusus</i>	криптофит	ДК ПД	VI–VII	40–80	–	сизо-зеленая
<i>Juncus gerardii</i>	криптофит	ДК РД	VI–VII	20–90	–	сизо-зеленая
<i>Juncus inflexus</i>	криптофит	КК ПД	VII–VIII	30–90	–	сизо-зеленая
<i>Juncus maritimus</i>	криптофит	КК ПД	V–IX	50–100	–	сизая
<i>Sparganium erectum</i> L.	Криптофит	ДК РД	VI–VIII	50–150	5–17	ярко-зеленая
<i>S. erectum</i> ssp. <i>Neglectum</i>	криптофит	ДК РД	VI–VIII	25–100	7–10	ярко-зеленая
<i>Sparganium natans</i>	криптофит	ДК РД	VII–IX	50–80	3–10	ярко-зеленая
<i>Typha angustifolia</i>	криптофит	ДК РД	VI–VIII	100–180	4–10	темно-зеленая
<i>Typha latifolia</i>	криптофит	ДК РД	VI–VIII	60–130	15–35	серовато-зеленая
<i>Typha laxmannii</i>	криптофит	ДК РД	VI–VIII	60–150	2–7	зеленая

Примечание – ДК – длиннокорневищный, КК – короткокорневищный, КО – клубнеобразующий, РД – рыхлодерновинный, ПД – плотнодерновинный.

Таблица 4

**Феноспектр цветения и плодоношения декоративных аборигенных видов семейств
Cyperaceae Juss., *Juncaceae* Juss. и *Typhaceae* Juss., рекомендуемых для озеленения
городов Донецко-Макеевской агломерации**

Группы по началу цветения	Количество видов в генеративной фазе по месяцам						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Ранневесенние	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1			
	2	2	2				
	7	7					
Весенние		1	1	1	1	1	1
		3	3	3	3	3	
		1	1	1	1		
		7	7	7			
		12	12				
Раннелетние			2	2	2	2	
			8	8	8		
			2	2			
Летние				2	2	2	
				1	1		

На последнем этапе проектирования определение колористической и композиционной структуры объектов озеленения зависит от основных габитуальных характеристик и цветового спектра растений. Габитуально, рекомендуемые виды имеют сходство с видами семейства Злаковые, так как представлены узколиственными розеточными и полурозеточными формами в связи с чем высота растений, которая является важным комбинационным признаком сильно варьирует в зависимости от фазы развития. Генеративные побеги у многих видов значительно превышают вегетативную часть. Листовая серия характеризуется ярко выраженными функциональными, морфологическими и морфометрическими различиями. Более или менее постоянным признаком ассимилирующих листьев является их ширина (или диаметр, при цилиндрической форме листа, как у некоторых видов рода *Juncus*), которая используется в качестве одного из диагностических признаков. У некоторых видов (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult., *E. palustris* (L.) Roem. & Schult.) листья редуцированы и их функцию выполняют ассимилирующие побеги, до генеративной фазы имеющие внешнее сходство с листьями. Колористический спектр исследуемых аборигенных видов незначительный. Окраска вегетативных органов варьирует от сизой, через различные оттенки зеленого, до желтовато-зеленого и зеленовато-бурого, которая дополняется белой, различного оттенка коричневой до черной окраски генеративных органов. Расширить цветовую палитру можно за счет использования культурных пестролистных форм, которые в настоящее время имеются только у некоторых видов: *Carex caryophyllea* Latourr. – 'The Beatles', 'Beatlemania', *Carex elata* All. – 'Bowles Golden', 'Aurea', 'Knighshaye's Form', *Carex nigra* (L.) Reichard – 'Variegata' ('On line'), *Carex riparia* Curtis – 'Variegata', 'Aurea', *Juncus 31ffuses* L. – 'Spiralis', 'Aureostriatus' ('Vittatus', 'Gold Strike'), 'Blonde Ambition', 'Pencil Grass'; 'Golden Line', 'Big Twister', *Juncus inflexus* L. – 'Afro', 'Blue Arrows'.

Такое ограниченное количество сортов у этой группы растений свидетельствует только о том, что в культуре они относительно недавно и популярность их пока недостаточно высока. Но наличие пластидных мутаций у вышеупомянутых видов указывает на значительный селекционно-генетический потенциал представителей этих таксонов.

Исходя из экологической, биоморфологической характеристики и некоторых габитуальных особенностей изучаемых видов нами показана возможность их использования в различных типах цветочного оформления (табл. 5), применимых как для рекреационных, так и для селитебных и промышленных зон. Для многих типов оформления представлен достаточно обширный ассортимент, особенно это касается озеленения водоемов и береговой зоны, что связано с экологической приуроченностью большинства представителей семейств *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss. и *Typhaceae* Juss.

Таблица 5

**Рекомендуемое использование декоративных аборигенных видов семейств
Cyperaceae Juss., Juncaceae Juss. и Typhaceae Juss. в озеленении городов
Донецко-Макеевской агломерации**

Виды	Группы по использованию																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Cyperaceae Juss																	
<i>Bolboschoenus maritimus</i>								+					+	+	+		
<i>Carex acuta</i>								+					+	+		+	+
<i>Carex acutiformis</i>								+					+	+		+	+
<i>Carex appropinquata</i>								+					+	+			
<i>Carex atherode</i>								+					+	+	+		+
<i>Carex bohémica</i>								+					+	+	+		
<i>Carex buekii</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Carex canescens</i>								+					+	+		+	
<i>Carex caryophyllea</i>		+	+	+				+	+	+	+	+				+	
<i>Carex cespitosa</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+
<i>Carex diandra</i>								+				+	+	+	+	+	+
<i>Carex digitata</i>			+	+		+		+	+	+	+	+		+			
<i>Carex divulsa</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+				+		+	
<i>Carex elata</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+		+	+
<i>Carex elata</i> subsp. <i>Omskiana</i>		+	+	+	+	+		+					+	+		+	+
<i>Carex elongata</i>								+					+	+		+	+
<i>Carex hirta</i>			+	+				+			+	+	+	+			
<i>Carex hordeistichos</i>		+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+		+	
<i>Carex humilis</i>		+	+			+	+	+	+	+	+	+				+	
<i>Carex leporina</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+			+
<i>Carex melanostachya</i>								+			+	+			+	+	+
<i>Carex nigra</i>	+	+	+	+	+	+		+					+	+		+	+
<i>Carex otrubae</i>	+	+	+			+		+		+	+		+	+	+	+	
<i>Carex pilosa</i>				+				+			+	+				+	+
<i>Carex praecox</i>				+		+	+	+			+	+		+	+	+	+
<i>Carex pseudocyperus</i>								+					+	+		+	+
<i>Carex rhizina</i>				+				+	+	+	+	+					
<i>Carex riparia</i>								+					+	+		+	+
<i>Carex stenophylla</i>			+	+				+	+		+	+			+	+	
<i>Carex supina</i>				+				+			+	+				+	
<i>Carex vesicaria</i>	+		+	+		+		+		+	+	+	+	+		+	+
<i>Carex vulpina</i>	+	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eleocharis acicularis</i>								+					+				
<i>Eleocharis palustris</i>								+					+	+			
<i>Eriophorum angustifolium</i>								+					+	+			+
<i>Eriophorum latifolium</i>								+					+	+			+
Итого:	8	12	16	18	8	14	4	36	11	12	16	14	24	28	10	24	19
Juncaceae Juss.																	
<i>Juncus articulatus</i>			+			+		+				+		+			+
<i>Juncus atratus</i>			+	+		+		+			+			+		+	+
<i>Juncus compressus</i>	+	+	+		+	+		+			+		+	+	+	+	+
<i>Juncus conglomeratus</i>	+	+	+			+		+			+			+		+	+
<i>Juncus effusus</i>	+	+	+			+	+	+	+		+		+	+		+	+
<i>Juncus gerardii</i>	+					+	+	+			+		+	+	+	+	+
<i>Juncus inflexus</i>	+	+	+			+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Juncus maritimus</i>		+			+	+		+	+		+			+	+	+	+
Итого:	5	5	6	1	2	8	3	8	3	-	8	1	5	8	4	6	8
Typhaceae Juss																	
<i>Sparganium erectum</i> L.		+						+					+	+			
<i>S. erectum</i> ssp. <i>Neglectum</i>		+						+					+	+			
<i>Sparganium natans</i>		+						+					+	+			
<i>Typha angustifolia</i>		+						+					+	+	+		+
<i>Typha latifolia</i>		+						+					+	+			+
<i>Typha laxmannii</i>		+						+					+	+	+		+
Итого:	-	6	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	6	6	2	-	3
Всего:	13	23	22	19	10	22	7	50	14	12	24	15	35	42	16	30	30

Примечание – 1. Солитеры. 2. Малые архитектурные формы. 3. Группы. 4. Массивы с почвопокровной и задернительной функцией. 5. Бордюры. 6. Миксбордеры. 7. Клумбы, рабатки, ленты, модульные цветники. 8. Цветники–экспозиции. 9. Рокарии. 10. Теневые сады. 11. Фитоценокомпозиции. 12. Луговые газоны. 13. Водоемы. 14. Береговая зона. 15. Озеленение биодренажных канав, дождевые сады. 16. Фитодизайн. 17. Срезочная культура, импортеры.

Зеленые насаждения и, в частности, травянистые растения, в городской среде помимо эстетической всегда выполняли ряд других важных функций: санитарно-гигиеническую (поглощение углекислого газа и выделение кислорода, пыле-, газо-, Шумо-, ветрозащитную, фитонцидную, ионизирующую) оздоровительную, рекреационную, противоэрозионную функции. В настоящее время к ним добавилась актуальная, в рамках концепции так называемого «Устойчивого развития урбоэкосистем», биоремедиативная функция [6, 33, 40, 53, 49], основанная на естественной способности живых организмов поглощать и удерживать и/или разлагать различные вещества из почвы и воды, в том числе токсичные для окружающих экосистем [11, 16, 45, 46]. Такая функция зеленых насаждений особенно востребована для городов Донецко-Макеевской агломерации, подвергающихся повышенной техногенной нагрузке [8]. Биоретентные насаждения практикуются вдоль дорожной сети и на других техногенно-загрязненных участках, а также в системах очистки дождевых и талых вод. Несмотря на то, что управление ливневыми стоками в регионе, в связи с природно-климатическими особенностями и продолжающейся аридизацией климата, в масштабе урбоэкосистем не является основной проблемой, загрязнение дождевых и талых вод в осенне-зимне-весенний период требует применения комплексных мер по их очистке и отводу. Наиболее экологичными и экономичными элементами для городской дренажной системы являются биодренажные каналы, предназначенные для отведения с частичной очисткой и инфильтрацией, и «дождевые сады», обустраиваемые на пониженных участках с предварительной закладкой дренажа и выполняющие накопительную и очистительную функцию с последующей инфильтрацией воды в нижние горизонты почв и далее до грунтовых вод. Благодаря использованию декоративных растений эти биоинженерные системы дополнительно выполняют эстетическую функцию, гармонично вписываясь в городские пейзажи. Оптимальными для формирования биодренажных каналов и «дождевых садов» являются аборигенные виды растений, эволюционно адаптированные к природно-климатическим условиям региона. Наиболее полно экологическим условиям, формирующимся в подобных системах, в составе аборигенной флоры отвечают декоративные многолетние виды порядка Злакоцветные, многие из которых приспособлены к произрастанию в водной, околотоводной среде, либо хорошо переносят временное затопление (см. табл. 2) [26]. Они обладают разветвленной мощной корневой системой, которая не только интенсивно поглощает из субстрата и воды различные вещества, но и предотвращает размывание и деградацию грунта (см. табл. 3). Эффективность представителей семейств *Cyperaceae*, *Juncaceae* и *Typhaceae* в таких системах значительно выше, чем у видов семейства *Poaceae* [51, 52]. Незаменимыми для озеленения таких систем являются солеустойчивые растения, которые хорошо представлены среди аборигенных видов порядка Злакоцветных (см. табл. 2), которые могут быть использованы в качестве доминантов и содоминантов при формировании искусственных флорокомплексов с биоретентной функцией в придорожном озеленении и других объектах с повышенной антропогенной нагрузкой. Полностью отвечая функциональным требованиям к растениям для фиторемедиационных дренажных систем, декоративные виды порядка Злакоцветные пригодны для создания высокоэстетичных композиций, отличающихся естественностью и гармоничностью, особенно в сочетании с крупнолиственными видами других таксонов.

Выводы

Показано, что представленный в аборигенной фракции местной флоры порядок Злакоцветные (*Poales* Small) обладает достаточно высоким ресурсным потенциалом хозяйственно-полезных, в частности, декоративных растений. Из 91 таксона, относящегося к семействам *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss. и *Typhaceae* Juss., 48 видов, 2 подвида обладают разной степенью декоративности и могут быть предложены для широкого использования в озеленении и декоративном садоводстве региона. Благодаря широкому экологическому спектру данной группы, в состав которой входят водные, околотоводные и типичные растения

суши, характеризующиеся в свою очередь значительной экологической пластичностью, они могут быть предложены для использования в озеленении обширного диапазона объектов озеленения. Показано, что многие из представленных видов, благодаря комплексу экобиоморфологических и габитуальных характеристик, являются оптимальным ассортиментом для формирования декоративных насаждений с биоремедиационной функцией, особенно важной для урбоэкосистем с повышенным техногенным прессингом, к которым относятся города Донецко-Макеевской агломерации. Широкое введение в культуру в пределах естественного ареала 11 видов декоративных Злакоцветных аборигенной флоры, имеющих охранный статус разного уровня, может способствовать сохранению их генофонда и частичному восстановлению потока генетической информации через урбоэкосистемы, которые являются существенным препятствием для естественного обмена между природными популяциями. В целом, представленный материал может быть использован в качестве научно-обоснованных методических рекомендаций по внедрению более экологических и экономически выгодных технологий озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации, основанных на использовании ресурсов аборигенной флоры.

Список литературы

1. *Алексеев Ю. Е.* Осоки (морфология, биология, онтогенез, эволюция). М.: Аргус, 1996. 251 с.
2. *Белавская А. П.* Водные растения России и сопредельных государств. СПб.: Российская академия наук, 1994. 64 с.
3. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
4. *Борисова И. В.* Сезонная динамика растительного сообщества // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1972. Т. 4. С. 5–95.
5. *Бурда Р. І.* Роль еволюції в інвазіях судинних рослин // Фактори експериментальної еволюції організмів. 2015. Т. 16. С. 26–31.
6. *Бухарина И. Л., Журавлева А. Н., Большова О. Г.* Городские насаждения: экологический аспект. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2012. 206 с. EDN: QLDGOJ.
7. *Владыкина В. Д., Тукова Д. Е., Третьякова А. С., Петрова И. В.* Возможность использования аборигенных видов растений в озеленении г. Екатеринбурга // Ботанические сады в современном мире. 2023. Т. 4. С. 46–49. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-3-46-49. EDN: CVEGOR.
8. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Донецкой Народной Республики за 2021 год. Госкомэкополитики ДНР. 2022. Донецк, 89 с.
9. *Древаль И. В., Лысых О. Ю.* Использование экологического подхода при формировании современных ландшафтных объектов // Коммунальное хозяйство городов. 2011. Вып. 97. С. 408–412.
10. *Егорова Т. В., Новиков В. С., Протопопова В. В., Смольянинова Л. А.* Покрытосеменные, ятрышниковые, ситниковые, осоковые, коммелиновые. Флора европейской части СССР / под ред. А. А. Федорова. Л.: Наука, 1976. Т. II. 236 с.
11. *Зайнутдинова Э. М., Шамеутдинова Е. А., Ягафарова Г. Г., Мазитова А. К.* Фиторемедиация технонарушенных территорий // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, № 6. С. 157–159. EDN: YIXKLX.
12. *Кабанов А. В., Пирко И. Ф., Погорелова И. А.* Декоративные злаки для городского озеленения в степной зоне / Субтропическое и декоративное садоводство. 2023. № 86. С. 1–34. DOI: 10.31360/2225-3068-2023-86-9-34. EDN: LAEKXX.
13. *Корниенко В. О.* Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): дис. ... канд. биол. наук: спец. 15.15.00. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», 2022. 166 с. EDN: QYUEPJ.

14. Красная книга Приазовского региона: Сосудистые растения / Н. А. Багрикова, О. А. Безмертная, А. В. Бойко [и др.]; под ред. Докт. биол. наук, проф. В. М. Остапко, канд. биол. наук, доц. В. П. Коломийчука. К.: Альтерпрес, 2012. 280 с. EDN YHSLFT.
15. Красная книга Ростовской области: в 2 т. Т. 2: Растения и грибы. 2-е изд. Ростов н/Д.: Минприроды Ростовской обл., 2014. 344 с. EDN: TRXHCL.
16. *Криворотов С. Б., Сионова Н. А.* Экология водных и околоводных декоративных растений: метод. Указания. Краснодар: КубГАУ, 2015. 36 с.
17. *Лаврова О. П.* Природные зрительные элементы как важный фактор формирования комфортной визуальной среды урбанизированных пространств // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 3. С. 133–141. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-3-133-141. EDN: XZYNCX.
18. *Лелекова Е. В.* Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений северо-востока Европейской России: автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.05. Перм. Гос. ун-т. Пермь, 2006. 19 с. EDN: NKCLYJ.
19. *Литвенкова И. А.* Экология городской среды: Урбоэкология: Курс лекций. Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2005. 163 с.
20. *Маевский П. Ф.* Флора средней полосы Европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
21. *Матвеев Н. М.* Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны). Самара: Самарский университет, 2006. 311 с. EDN: ZFEZLT.
22. *Матяшук Р., Губарь Л., Крилов Я., Пірко І., Ткаченко І.* Урізноманітнення елементів ландшафтного дизайну парку «Феофанія» з використанням видів природної флори // «Екологічний дизайн міського середовища: проблеми, досягнення та перспективи»: тези доповідей V Міжнарод. Науково-практ. конф., присвячений 125-річчю НУБіП України. К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. С. 41–42.
23. *Нескрябина Е. С.* Атлас видов растений семейства Осоковые (*Cyperaceae*) Хоперского государственного заповедника. Методическое пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2011. 54 с.
24. *Остапко В. М., Бойко А. В., Мосякин С. Л.* Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк: Ноулидж, 2010. 247 с.
25. *Папченков Г. О.* О классификации растений водоемов и водотоков // Гидрботаника: методология, методы : Материалы Школы по гидрботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 23–26. EDN: SDNPVJ.
26. *Папченков Г. О., Щербаков А. В., Лапиров А. Г.* Основные гидрботанические понятия и сопутствующие им термины // Гидрботаника : методология, методы : Материалы Школы по гидрботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 27–38. EDN: SDNPUZ.
27. Перечень объектов животного и растительного мира, рекомендуемых к включению в первое издание Красной книги Донецкой Народной Республики / В. М. Остапко, В. В. Мартынов, С. А. Приходько [и др.] // Промышленная ботаника. 2020. Т. 20, № 1. С. 8–28. EDN: NSAUHL.
28. *Пірко І. Ф.* Основные принципы и алгоритм моделирования многокомпонентных цветников из многолетников // Промышленная ботаника. 2013. Вып. 13. С. 259–169. EDN: YZUCIX.
29. *Пірко І. Ф., Корниенко В. О.* Ресурсы флоры юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды злаков для придорожного озеленения Донецко-Макеевской агломерации / Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 65–78. DOI: 10.5281/zenodo.13758407. EDN: NZBGNN.
30. *Раменский Л. Г.* Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 333 с.
31. *Рева М. Л., Хархота А. И., Дмитриенко П. П.* Растительность техногенных земель в Донбассе // Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1978. Вып. 5. С. 33–43.

32. Садчиков А. П., Кудряшов М. А. Гидробиотика: прибрежно-водная растительность: уч. пособие для вузов: 2-е изд., испр. И доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 254 с. EDN: SSJTYU.
33. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14. EDN: YPPBQC.
34. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: «Высшая школа», 1962. 378 с.
35. Тохтарь В. К., Фомина О. В. Особенности формирования урбанофлор в различных природно-климатических и антропогенных условиях: факторный анализ и визуализация данных // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. № 9 (104). Выпуск 15. С. 23–29. EDN: OFEOPH.
36. Флора европейской части СССР / Коллектив авторов. Отв. Ред. Ан. А. Федоров, ред. Тома Ю. Д. Гусев. Л.: Наука, 1979. – 335 с.
37. Флора СССР / Коллектив авторов. Глав. Ред. В. Л. Комаров, ред. Тома Б. А. Шишкин. Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1935. Т. 3. С. 1–464, 504–576.
38. Флора СССР / Коллектив авторов. Глав. Ред. В. Л. Комаров, ред. Тома М.М. Ильин. Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1934. Т. 1. С. 209–216.
39. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Чл.-корр. НАН України Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 911 с.
40. Шеина С. Г., Юдина К. В. Разработка информационной модели повышения уровня экологической комфортности проживания при реконструкции городской застройки // Устойчивое развитие территорий: сборник докладов междунаrod. научно-практ. конф. (Москва, 16 мая 2018 года). М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. С. 88–92. EDN: SMDDMR.
41. Anderson A. G., Messer I., Langellotto G. A. Gardeners' perceptions of northwestern us native plants are influenced by ecological information and garden group affiliation // Horticulture Technology. 2021. Vol. 31. № 4. P. 458–469. doi.org/10.21273/HORTTECH04770-20.
42. Barton S. S., Garcia C. S. G. Roadside Landscapes – a potential environmental resource // Ornamental Horticulture. 2015. Vol. 21. No 3. P. 277–290. DOI: 10.14295/oh. V21i3.844.
43. Bortolini L., Semenzato P. Low impact development techniques for urban sustainable design: a rain garden case study / Acta Horticulturae. 2010. Vol. 881. P. 327–330. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.881.45.
44. Bretzel F., Vannucchi F., Romano D., Malorgio F., Benvenuti S., Pezzarossa B. Wildflowers: from conserving biodiversity to urban greening – a review // Urban Forestry & Urban Greening. 2016. Vol. 20. P. 428–436. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.10.008.
45. Davis A. P.; Hunt W. F.; Traver R. G.; Clar R. M. Bioretention technology: overview of current practice and future needs // J. Environ. Eng. 2009. Vol. 135. P. 109–117. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109).
46. Morash J., Wright A., Le Bleu Ch., Meder A., Kessler R., Brantley E., Howe J. Increasing sustainability of residential areas using rain gardens to improve pollutant capture, biodiversity and ecosystem resilience // Sustainability. 2019. Vol. 11, 3269. 18 p. <https://doi.org/10.3390/su11123269>.
47. Matiashuk R., Gubar L., Pirko I. Essay on the prospects for the use of decorative perennials of the spontaneous flora of the local landscape Feofaniya // Plant Introduction. 2021. Vol. 2 (91/92). P. 54–63. DOI: 10.46341/PI2021013.
48. Matyashuk R. K. Pirko, I. F., Gubar L. M., Tkachenko I. V. Decorative perennials of the regional flora for recreation landscapes in the forest-steppe zone // Biosystems Diversity. 2023. Vol. 31 (3). P. 319–326. DOI: 10.15421/012337.
49. Paul M. J., Meyer, J. L. Streams in the urban landscape // Annual Review of Ecology and Systematics. 2001. Vol. 32 (1). P. 333–365. DOI: 10.1007/978-0-387-73412-5_12.

50. Pergl J., Sádlo J., Petřík P., Danihelka J., Hejda M., Chrtek Jr, Moravcová L., Perglová I., Štajerová K., Pyšek P. Dark side of the fence: ornamental plants as a source of wild-growing flora in the Czech Republic // *Preslia*. 2016. Vol. 88 (2). P. 163–184.
51. Randy S. Nelson, Esther McGinnis, Aaron Lee M. Daigh. Ornamental grasses tolerate cyclical flood, drought, and submergence during stormwater management, but conditions and survival vary by species // *Horticultural Science*. 2024. Vol. 59(8). P. 1186–1201. DOI: 10.21273/HORTSCI17800-24.
52. Randy S. Nelson, Esther E. McGinnis, Aaron L.M. Daigh. Rain garden sedges tolerate cyclical flooding and drought // *Horticultural Science*. 2018. Vol. 53. Issue 11. P. 1669–1676. DOI: 10.21273/HORTSCI13234-18.
53. Raunkiaer K. Types biologiques pour la geographiy botanique // *Forhandl. Kgl. Dansk. Vidensk. Selskab*. 1905. Vol. 5. P. 347–437.
54. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // *World ecology journal*. 2016. No 4. P. 59–70. EDN: WADNKKV.
55. Tredici P. The flora of the future: celebrating the botanical diversity of cities // *Places Journal*. 2014. P. 198–217. DOI: 10.22269/140417.
56. Wilde H. D., Kamal J. K. G., Colson G. State of the science and challenges of breeding landscape plants with ecological function // *Horticulture Research*. 2015. Vol. 2. DOI: 10.1038/hortres.2014.69.
57. World Flora Online (WFO) – 2024. URL: <http://www.worldfloraonline.org>

Поступила в редакцию 21.10.2024 г.

Pirko I. F., Kornienko V. O. Flora resources of the south of the East European Plain. Native species of the order Poales Small for landscaping the cities of the Donetsk-Makeyevka agglomeration. – The article presents a review of ecological, biomorphological, phenorhythmotypical and habitual characteristics of native species of the order Poaceae that are promising for the formation of an up-to-date assortment of ornamental herbaceous perennials in accordance with modern trends in landscaping and landscape design. Recommendations are given for the use of the proposed assortment in various landscaping projects in the cities of the Donetsk-Makeyevka agglomeration. For each recommended species, several options for use in different types of landscaping are defined.

Key words: *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss., *Typhaceae* Juss., native flora, herbaceous perennials, urban ecosystems, landscaping, bioremediation

Пирко Инна Федоровна

кандидат биологических наук,
ведущий инженер НИЧ
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: pirko.i.f@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0096-8858
AuthorID: 1237853

Pirko Inna Fedorovna,

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

Корниенко Владимир Олегович

кандидат биологических наук,
заведующий НИЧ
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.

© Р. А. Сафонов^{1,2}

РАЗРАБОТКА МАРШРУТОВ СБОРА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ФИТОДИАГНОСТИКИ УРБОГЕОСИСТЕМ

¹ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина»
Россия, 283048, ДНР, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283001, ДНР, г. Донецк, пр-т Театральный, 13

Сафонов Р. А. Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем. – Эмпирическим путем установлены безопасные в актуальном аспекте пути пешеходного перемещения, соединяющие места пробных площадок мониторинговой сети, используемой в фитоиндикации и экспертизе состояния экотопов Донецкого городского округа. Составлен и визуализирован оптимальный маршрут для осуществления отбора проб (минимум 5–7 раз за вегетационный сезон) в зоне импакта отвала угольной шахты имени М. И. Калинина, а также дифференцированные схемы маршрутов в Калининском и Ворошиловском районах г. Донецка и сопряженных территорий, включая участки Киевского района и города Макеевки. Разработанные маршруты апробированы в 2023–2024 гг. в системе экологического фитомониторинга Донбасса.

Ключевые слова: экспедиционный выход, городская среда, экологический мониторинг, Донецк, геосистемы, фитоиндикация, территориальное планирование.

Введение

В организации принципиально необходимого экологического мониторинга [10, 23] для территорий высокой урбанизации [3, 19], индустриализации [12, 20], иных специфических форм воздействия на окружающую среду, например, при формировании нео-ландшафтов [18, 22], в том числе беллигеративных [9] и токсических эффектов полемостресса [8] принципиальным является механизм получения (сбора) достоверной информации о состоянии локальных экосистем. При этом базовым требованием к имеющимся методам полевой диагностики и работы в системе открытых природно-территориальных комплексов является проведение экспериментов в безопасном режиме для самого исследователя [2, 6], что в определённой степени является сложной задачей в условиях социально-политического конфликта, военных действий и прямой милитаризации региона [11, 16].

Цель работы – на основании накопленного опыта о развитии социальной инфраструктуры в г. Донецке разработать унифицированные маршруты для однодневных экспедиционных сборов фитомониторингового материала на примере разных районов и целевых назначений в индикационной экспертизе урбанизированных экотопов.

Материал и методы исследования

В связи с целевым запросом-предложением от ведущих научных сотрудников Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН профессоров В. В. Ермакова и С. Ф. Тютикова о составлении геохимического профиля терриконов и терриконигов г. Донецка на основании элементного анализа миграционных потоков токсических веществ в системе «окружающая среда – растительный организм-индикатор» в 2023 году была собрана информация о возможных объектах для изучения и включения в мониторинговую программу, учитывая также возможность сравнения данных с условным региональным контролем в рекреационных зонах или равноудаленных от источников техногенного воздействия и(или) загрязнения. Выделены участки в шаговой доступности и открытые для сбора растительного материала в Калининском и Ворошиловском районах г. Донецка (городского округа Донецк).

Опорными были выбраны отвалы угольных шахт им. М. И. Калинина, Заперевальной, Берестовской, № 1-1 бис, Центрально-Заводской, Горького и Свято-Серафимовской. Также ареальным загрязнением характеризуется зона импакта без сформировавшейся санитарно-защитной линии в непосредственном примыкании к селитебным экотопам – промышленные площадки Донецкого (Юзовского) металлургического завода (комбината); учтены и локации наиболее оживленных перекрестков с точки зрения интенсивности передвижения автотранспорта. При идеологической подготовке к экспериментам использовали информацию о формах воздействия и последствий военных событий на природные экосистемы [1, 11, 16]. Информация о первичных сведениях в отношении геохимической специфики в Донбассе содержится в актуальных разработках на основании нейтронно-активационного анализа в Объединенном Институте ядерных исследований [4, 5]. Устойчивость растительных объектов в условиях городской среды Северного Приазовья [7, 13] является также критерием для реализации ландшафтных программ [17, 21, 24] по изучению неравномерных факторов среды, спровоцированных антропогенезом. Представленная работа выполнена также на основании предыдущих сведений о донецкой инфраструктуре [14] и краеведческих сведений [15], накопленных в результате непосредственного нахождения экспериментаторов на территории указанных районов.

Результаты и обсуждение

Модельным объектом для разработки безопасного и целевого сбора фитоматериалов диагностического использования является терриконт шахты им. М. И. Калинина (рис. 1). Однодневная экспедиция по предварительным расчетам не может превышать протяженность траектории в 20–22 км, поскольку должна быть выполнена за один световой день с поправками на ограниченность отдельных признаков сбора информации. Например, при сборе пылецевого материала в первый день должны быть рассредоточены пылецевые ловушки, а на второй день в таком же интервале времени они должны быть изъяты из природной среды для консервации и перераспределения в камеральных условиях.

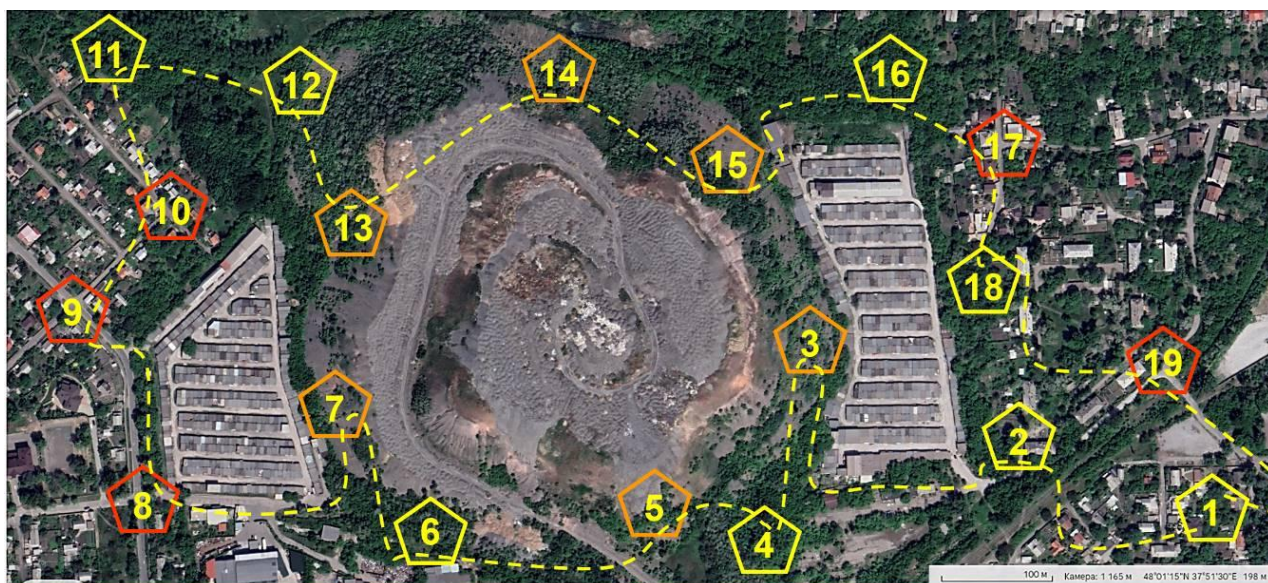


Рис. 1. Оптимальный маршрут для сбора растительных образцов в зоне импакта отвала угольной шахты имени М. И. Калинина: цифрами обозначены точки сбора в последовательности перемещения

Поскольку отвал угольной шахты максимально насыщен аборигенными видами у подножия, то зоной непосредственного импакта считали точки 3, 5, 7, 13, 14 и 15. В тренде на равноудаление от источника техногенеза рассмотрены точки 1, 2, 4, 6, 11, 12, 16, 18. Гибридное (комбинированное) воздействие антропогенного фактора в связи с интенсивностью автотранспорта рассмотрено на учетных площадках 8, 9, 10, 17 и 19.

Экспедиционный выход для 19-и точек сбора (при условии пешего перемещения) должен предусматривать остановки не более 15 мин для сбора информации в каждой мониторинговой локации: геоботаническое описание, фотографирование, сбор признаков в соответствующий сезон года (определение доминирующих фенопауз, фиксация атипичного морфогенеза на габитуальном уровне и при экспресс-методе обследования вариантов отдельных органов, например, частей цветка, соцветий, листового аппарата разных формаций и пр.). При этом выход для сбора информации не должен быть сопряжен с нарушением режима комендантского часа с первых минут его прекращения. В летнее время сборы могут быть более продолжительными, учитывая световую продолжительность дня. В позднеосенний, зимний и ранневесенний период сбора материалов, например, семян и плодов, образцов мохообразных вегетирующих, такие экспедиционные выходы могут иметь продолжительность не более 6 часов.

На рисунке 2 представлены апробированные маршруты в северной части Калининского района г. Донецка с отбором информации в северо-восточной экспозиции каждого отвала шахты. Причем экспедиции могут быть разграничены по сбору информации в контрольных и опытных участках в непосредственном импакте антропогенеза.



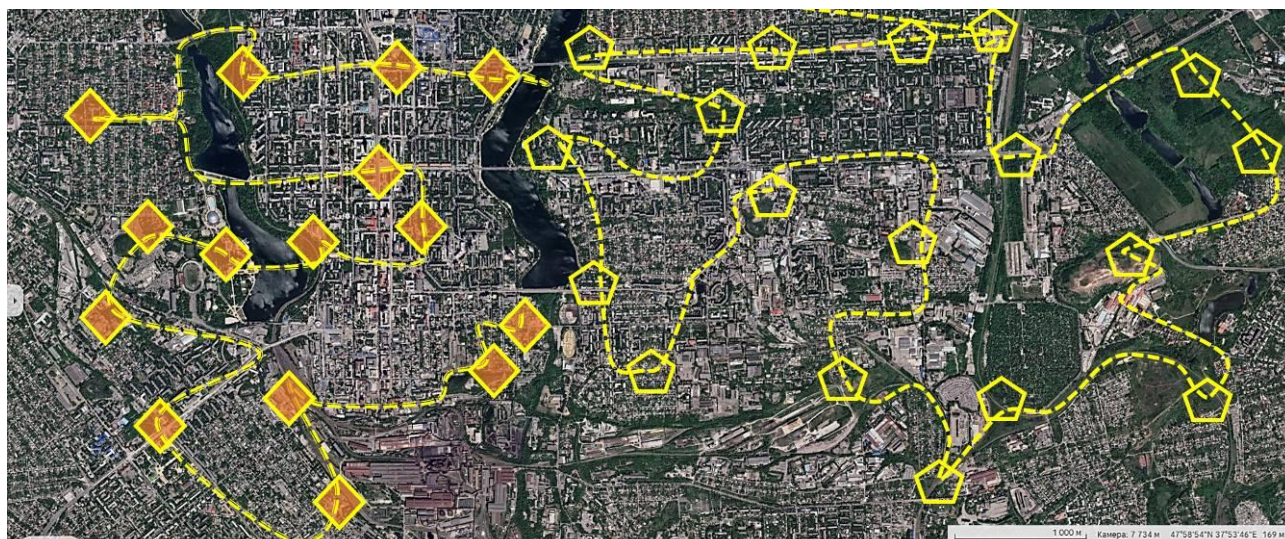
Рис. 2. Схемы маршрутных перемещений для сбора фитоиндикационных данных на территории северной части Калининского района г. Донецка:

А – учетные площадки техногенного импакта (пятиугольники) и регионального контроля (круги);
Б – маршруты для сбора данных квазиприродных экотопов – зелёная траектория, соединяющая круги, и места прямого техногенеза – жёлтая траектория, соединяющая красные треугольники

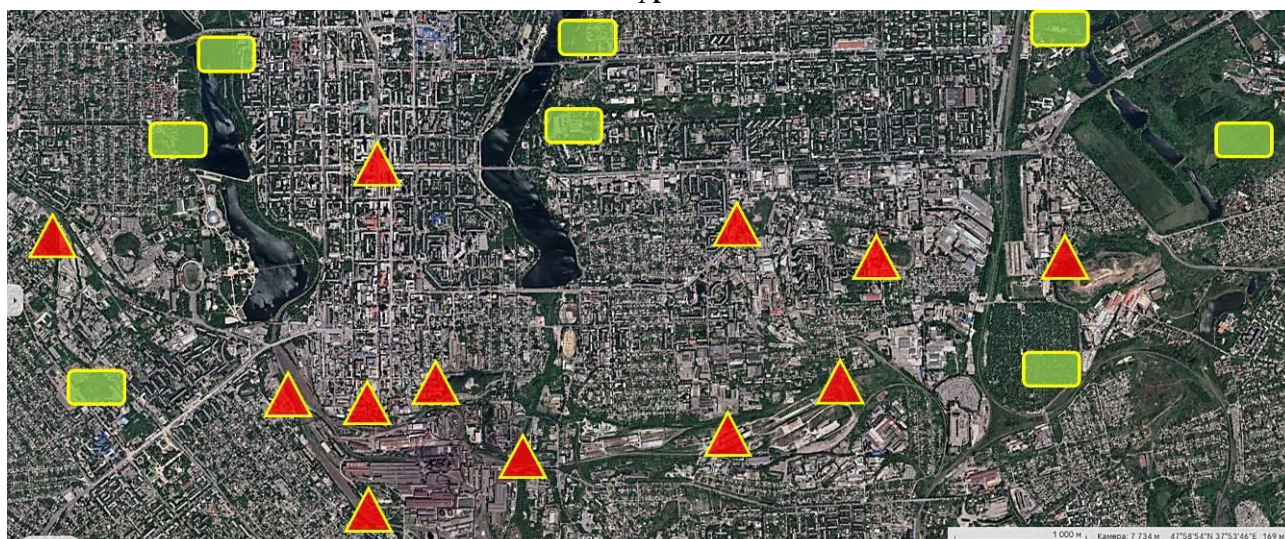
Также техногенный фактор (юго-западные экспозиции терриконов и терриконигов) усугубляется последствиями неравномерной урбанизации, при этом, по-видимому, необходимо констатировать суммацию неблагоприятных воздействий (отмечены на рис. 2 красными треугольниками). Зоны условного контроля выступают своеобразными рефугиумами по оптимизации микроклиматических характеристик местности, уменьшению фонового пылевого загрязнения, что изучается в ботанической диагностике и как для остатков промышленной пыли, так и особенностей миграции (переноса) пыльцы аллергенных видов растений в летнее время. В перспективе также возможен сбор информации о спорах грибов, микроспоровых поражениях в осенний период, однако для степной засушливой зоны это не так актуально, как, например, для субтропических экосистем или зоны широколиственных лесов центральной части России.

Рассчитанные траектории перехода (рис. 2 и 3) также предусматривают однодневный экспедиционный выход, начинающийся, как правило, с места проживания (или первичного нахождения) экспериментатора.

Для переходов, превышающих 15 км в течение светового дня, возможно также перемещение на отдельных отрезках с использованием муниципального транспорта.



А



Б

Рис. 3. Схемы маршрутных перемещений для сбора растительных образцов в центральной и южной частях Калининского (пятиугольники) и Ворошиловского (ромбы) районов г. Донецка (А); учетные площадки прямого техногенеза (треугольники) и санитарно-защитных квазиприродных участков (Б)

На рисунке 3А представлены два маршрута, рисунок 3Б содержит информацию о локациях наиболее и наименее техногенно напряженных экотопах в г. Донецке непосредственно для Ворошиловского и Калининского районов и сопредельных территорий. Этот факт не исключает возможность также использовать сведения (мониторинговые) для сравнения с характеристиками индикаторных видов, произрастающих на значительном (до 15 км) удалении от источников загрязнения и нарушений балансовых процессов в природных экосистемах. Как правило, в таких случаях материал собирают в буферных зонах объектов природно-заповедного фонда.

Каждый частный целевой случай сбора информации имеет свои особенности. Наиболее трудоемким считаются сборы периода с 3-й декады июня – до середины августа, когда в фокусе внимания находятся одновременно несколько объектов структурно-ботанических исследований (по вегетативным и генеративным органам растений).

Выводы

Высокий антропогенный контраст в урбанизированных ландшафтах Центрального Донбасса, планировка и застройка, комбинированное расположение объектов тяжелой промышленности, переформированных ландшафтов в контексте размещения отходов угледобывающей деятельности, наличие густонаселенных участков и локаций рекреационного назначения в сочетании с транспортной инфраструктурой создают условия для рассмотрения районов города как высококонтрастной мониторинговой площадки, требующей дифференцированного и детального анализа по факторам, потенциально или реально выводящим систему жизненно важных параметров из равновесия.

Предложенные маршруты являются результатом эмпирических находок и расчетов при соблюдении требований максимальной безопасности при нахождении на конкретной учетной площадке для сбора материала.

Проводить мониторинговые исследования для большинства экологов региона за последние годы стало делом принципиальной важности, при этом появляется возможность ретроспективного анализа и рассмотрения наиболее успешных примеров, например, эндогенной реконструкции (оптимизации) локальных экосистем с использованием аборигенных видов растений.

Разработка таких маршрутов может рассматриваться как часть методической базы при организации экологического мониторинга в населенных пунктах Донбасса и других регионов, испытывающих мощное воздействие антропогенного фактора и, следовательно, грамотное проведение наблюдательного эксперимента в системе обязательного сравнения во временном и территориальном аспектах.

Работа выполнена в качестве инициативного соучастия в рамках реализуемой программы молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ НИОКТР 124051400023-4), а также инициативной темы кафедры ботаники и экологии ДонГУ «Ботаника антропогенеза: индикация и оптимизация» (№ 0122D000085).

Список литературы

1. Голузов П. В., Малышев А. В. Воспроизводство профиля чернозема при различной степени нарушения военными действиями // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, № 3. С. 463–472. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-463-472. EDN: FZWKHR.
2. Дмитриева А. С., Пахомов В. И. Экологическая безопасность как составляющая национальной безопасности Российской Федерации // Автономия личности. 2024. № 2(32). С. 128–134. EDN: UNTWZD.
3. Жуков К. О., Епринцев С. А. Качество окружающей среды городских территорий как показатель устойчивого развития // Региональные геоэкологические исследования. Воронеж: «АртПринт», 2022. С. 62–66. EDN: CEDHCS.

4. *Зиньковская И. И.* Ингредиентный фитомониторинг в Донбассе для идентификации новых геохимических аномалий // Экологическая химия. 2024. Т. 33, № 1. С. 19–32. EDN: DSDGFO.
5. *Зиньковская И. И.* Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2024. Т. 21, № 2(253). С. 220–221. EDN: OCFYXZ.
6. *Комаровский С.* Экологически безопасный маршрут // Нефтяное хозяйство. 2012. № 8. С. 144–145. EDN: PBHPBF.
7. *Корниенко В. О., Калаев В. Н.* Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. 2022. № 3. С. 321–334. DOI: 10.31857/S0024114822020073. EDN: KDUHDW.
8. *Калинина Ю. С.* Выбор объектов для токсикологического фитомониторинга Донецко-Макеевской агломерации // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров: Вятский государственный университет, 2024. С. 112–115. EDN: FPVDVH.
9. *Кин Н. О., Струков Р. О.* Беллигеративные ландшафты как форма экологического риска // Вопросы степеведения. 2021. № 3. С. 4–18. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-3-4-18. EDN: TJFJCO.
10. *Клепиков О. В., Епринцев С. А., Шекоян С. В.* Анализ данных социальногигиенического мониторинга регионов России, определяющих эколого-гигиеническую безопасность населения // Санитарный врач. 2020. № 1. С. 60–66. DOI: 10.33920/med-08-2001-08. EDN: GCUFZF.
11. *Клепиков О. В., Зиброва Н. В., Иванов А. В.* Экологические последствия вооруженных конфликтов (информационно-аналитический обзор) // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11(137). DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.77. EDN: YLIOFK.
12. *Петкогло О. В.* Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022. № 3. С. 72–79. EDN: GTDLEL.
13. *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.
14. *Сафонов Р. А.* Геометрические особенности ландшафтной архитектуры г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 155–159. EDN: BKNVZY.
15. *Сафонов Р. А., Калинина Ю. С.* Научно-технологические перспективы палеонтологического краеведения в Донбассе // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк: ДонНТУ, 2024. С. 240–241. EDN: JJXAYE.
16. *Усачева И. Н., Усачев А. В., Петрищева Т. Ю.* Экологические последствия войн для населения: научно-образовательные аспекты // Вестник МНЭПУ. 2021. № 2. С. 1293–1300. EDN: WNUARG.
17. *Черятова Ю. С., Джафарова А. Ф., Гресько А. И.* Ландшафтная индикация в решении задач природопользования // Природообустройство. 2024. № 2. С. 111–116. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-2-111-116. EDN: LBWDYJ.
18. *Fang X., Kong L.* Recent trends in landscape sustainability research – a bibliometric assessment // Land. 2024. Vol. 13, No. 6. P. 811. DOI: 10.3390/land13060811. EDN: VUTCAJ.
19. *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.

20. Pera A. Assessing sustainability behavior and environmental performance of urban systems: A systematic review // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 17. P. 7164. DOI: 10.3390/su12177164.

21. Ryakhov R. V., Petrishchev V. P., Dubrovskaya S. A. Experience in analysing the landscape morphological structure based on innovative methodological approaches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012094. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012094.

22. Wu J. Landscape sustainability science (II): core questions and key approaches // Landscape Ecology. 2021. DOI: 10.1007/s10980-021-01245-3. EDN: ZQWJIK.

23. Yepintsev S. A., Klepikov O. V., Shekoyan S. V., Zhigulina E. V. Study of the impact of social and environmental factors on the spread of coronavirus infection in Russian Regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/688/1/012007. EDN: KNQAWL.

24. Zeng L. Urban landscape design based on VR immersive interactive experience app platform research and practice // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2022. Vol. 827 LNEE. P. 511–519. DOI: 10.1007/978-981-16-8052-6_63. EDN: IICPUN.

Поступила в редакцию 12.11.2024 г.

Safonov R. A. Design of sample collection routes for ecological phytodiagnostics of urban geosystems. – Empirically, pedestrian paths that are safe in an actual aspect have been established, connecting the sites of trial sites of the monitoring network used in phytoindication and examination of the state of ecotopes in the Donetsk city district. The optimal route for sampling (at least 5–7 times during the growing season) in the impact zone of the Kalinin coal mine dump was compiled and visualized, as well as differentiated route schemes in the Kalininsky and Voroshilovsky districts of Donetsk city and adjacent territories, including sections of the Kievsky district and the city of Makeyevka. The developed routes were tested in 2023–2024 in the environmental phytomonitoring system of Donbass.

Key words: expedition exit, urban environment, environmental monitoring, Donetsk, geosystems, phytoindication, territorial planning.

Сафонов Роман Андреевич

Стажер-исследователь ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина»,
г. Донецк, ДНР, РФ,
студент ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail : romansafonov05@mail.ru
AuthorID : 1253410

Safonov Roman Andreevich

Intern researcher at the Galkin Donetsk Institute for
Physics and Engineering, Donetsk, DPR, Russian
Federation,
student of Donetsk State University, Donetsk, DPR,
Russian Federation.

К ИЗУЧЕНИЮ КОНСОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ АНТОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ И ЭНТОМОФИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ© А. В. Амолин¹, О. К. Кустова²¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46²ФГБНУ Донецкий ботанический сад
Россия, 283003, ДНР, г. Донецк, пр. Ильича, 110

Амолин А. В., Кустова О. К. К изучению консортивных комплексов антофильных насекомых и энтомофильных растений в Донецком ботаническом саду. – В статье приведены результаты многолетних исследований антофильных энтомокомплексов 23 видов цветковых растений культивируемых в Донецком ботаническом саду. Установлено посещение указанных растений 96 видами антофильных насекомых относящихся к 66 родам, 25 семействам и 3 отрядам. Наибольшее число видов включает отряд Hymenoptera (78 видов, 44 рода, 14 семейств), среди которых преобладали различные виды ос (29 видов, 21 род, 6 семейств) и пчел (47 видов, 21 род, 6 семейств). На основе анализа распределения антофильных насекомых по изучаемым видам растений выделено 7 консортивных комплексов: [*Feniculum vulgare*], [*Mentha crispa*], [*Allium ramosum* ∩ *Allium porrum*], [*Vitex angus-castus* ∩ *Vitex cannabiefolia*], [*Althaea officinalis*], [*Satureja montana* ∩ *Hyssopus officinalis* ∩ *Calamintha nepeta* ∩ *Lavandula angustifolia* ∩ *Monarda citriodora* ∩ *Nepeta transcaucasica* ∩ *Ocimum basilicum* ∩ (*Origanum heracleoticum* ∩ *Origanum sipyleum*) ∩ *Perowskia abrotanoides* ∩ *Ziziphora bungeana*], [*Salvia sclarea* ∩ *Salvia officinalis*]. Самым уникальным оказался антофильный энтомокомплекс мальвы лекарственной, включающий 1 вид пчелы (*Tetraloniella nana*) опыляющей это растение на изучаемой территории. Самым крупным является комплекс из 11 видов семейства Lamiaceae включающий 71 вид антофильных насекомых. К числу универсальных опылителей большинства изученных видов растений относятся шмели (*Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. sylvarum*, *B. hypnorum*), медоносная пчела (*Apis mellifera*), а также пчелы семейств Colletidae, Halictidae и Megachilidae.

Ключевые слова: антофильные насекомые, энтомофильные растения, консортивные комплексы, Донецкий ботанический сад.

Введение

Антофильные насекомые потребляющие пыльцу и нектар энтомофильных растений, как для собственного питания, так и для выкармливания своих личинок (пчелы) представляют собой специфические комплексы которые согласно, предложенному О. В. Скалдиной [16] термину называются антофильные энтомокомплексы. Эти комплексы являются составной частью индивидуальной консорции. При этом ядром такой консорции (автотрофом) является кормовое растение, а членами – весь комплекс антофильных насекомых, посещающих это растение для питания нектаром и пыльцой (гетеротрофные компоненты). Безусловно, любое кормовое растение, выступая как ядро консорции, может включать не только комплекс антофильных насекомых, но и другие комплексы, например, паразитов, фитофагов и других организмов, тесно связанных с данным растением.

При изучении трофических связей насекомых и энтомофильных растений особое внимание в этом отношении уделялось изучению пчел как наиболее специализированной и тесно связанной с цветковыми растениями группе насекомых. В научной литературе имеется относительно большое количество опубликованных работ о трофических связях пчел и энтомофильных растений. Подробный список таких работ приведен, например, в библиографии Ю. А. Песенко и Ю. В. Астафуровой [14]. Изучение антофильных насекомых интродуцентных видов растений проводили специалисты Пермского государственного

университета во второй половине XX века в рамках изучения экологии опыления отдельных видов растений Е. И. Демьянова и др., [9], М. С. Кайгородова, [10], а также О. В. Скалдина в Никитском ботаническом саду [15–16]. Кроме того, в работах М. Г. Кривошеиной показан видовой состав антофильных насекомых-опылителей культурных и декоративных растений в рамках программы «Альтернативные опылители» [11–12]. В данной работе рассмотрены консортивные комплексы антофильных насекомых и энтомофильных растений, выявленные в Донецком ботаническом саду (далее ДБС) в ходе многолетних наблюдений. Ранее авторами частично были опубликованы результаты данного исследования [1–5].

Цель данного исследования – выявление консортивных комплексов антофильных насекомых и энтомофильных хозяйственно-ценных растений, интродуцированных в Донецком ботаническом саду.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в период с 2015 по 2024 гг. на коллекционно-экспозиционном участке ароматических и малораспространенных овощных растений Донецкого ботанического сада. Для наблюдений были выбраны 23 вида хозяйственно-ценных растений, успешно интродуцированных и перспективных для культивирования в степной зоне юга России, относящихся к 19 родам и 7 семействам. Это эфирномасличные, овощные, лекарственные и декоративные растения: 16 видов, относящихся к сем. Lamiaceae: *Calamintha nepeta* L., *Hyssopus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Mentha crispa* L., *Monarda citriodora* Cerv., *Nepeta transcaucasica* Grossh., *Ocimum basilicum* L., *Origanum heracleoticum* L., *O. sipyleum* L., *Perowskia abrotanoides* Kar., *Salvia sclarea* L., *S. officinalis* L., *Satureja montana* L., *Ziziphora bungeana* Juz., *Vitex angust-castus* L., *V. cannabiefolia* Siebold. & Zucc.; 2 вида – к сем. Amaryllidaceae: *Allium ramosum* L., *A. porrum* L.; по 1 виду – к сем. Apiaceae – *Foeniculum vulgare* Mill., сем. Crassulaceae – *Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba, сем. Fabaceae – *Lathyrus latifolius* L., сем. Malvaceae – *Althaea officinalis* L., сем. Asteraceae – *Cynara scolymus* L. Цветение у данных видов проходит последовательно со второй декады июня – до конца сентября и соответствует летнему и поздне-летнему ритмологическому типу. Это преимущественно многолетние кустарники, кустарнички и полукустарники, произрастающие на участке не менее 10–15 лет. Исключением являются *Monarda citriodora* и *Cynara scolymus*, культивирование которых в открытом грунте умеренной зоны возможно только в однолетнем цикле.

Основным методом исследования был визуальный учет питающихся нектаром или собирающих пыльцу насекомых на учетных растениях в течение 15–20 мин. При этом определяли частоту посещения (количество посещений насекомым кормового растения в единицу времени) и мгновенную численность (число экземпляров данного вида насекомого на учетном растении во время одной встречи). Учеты проводили один раз в неделю в сухую, солнечную погоду. Общее время исследований, включая учеты и наблюдения, составило 135 часов. Время учетов и наблюдений между исследуемыми растениями было распределено равномерно. Для отдельных видов растений учеты проводили не регулярно: *Mentha crispa* – 2015–2016 гг.; *Salvia officinalis* – 2016–2017 гг.; *Ziziphora bungeana*, *Origanum heracleoticum*, *O. sipyleum* – 2016 г.; *Monarda citriodora* – 2017–2019 гг.; *Nepeta transcaucasica* – 2022–2023 гг.; *Cynara scolymus* – 2018 г.; *Hylotelephium spectabile* – 2022 г. Для остальных растений проводили ежегодные учеты антофильных насекомых, на основе которых были выделены соответствующие консортивные комплексы. При определении степени сходства между разными консортивными комплексами использовали индекс общности Чекановского-Сьеренсена (Ics), который выражает отношение числа общих видов антофильных насекомых к среднему арифметическому числу видов в двух комплексах. Кроме того, для определения относительного обилия, проводили контрольные кошени энтомологическим сачком на учетных растениях, используя методику Ю. А. Песенко [13], а также оригинальную методику попарного учета. Суть данной методики заключается в попарном подсчете числа экземпляров визуально хорошо отличимых видов пчел-опылителей, фуражирующих на

цветках учетного вида растений, при прохождении наблюдателем учетной полосы длиной 50–100 м.

При регистрации антофильных насекомых нами не учитывались муравьи, клопы и трипсы, а также хищные насекомые, использующие цветущие растения как место охоты на антофильных насекомых (например, *Vespa crabro* L.).

Обозначение консортивных комплексов проводили следующим образом: вид или род растения (или виды и роды растений в случае многоядерных комплексов), образующий ядро комплекса, помещали в квадратные скобки, виды и роды в многоядерных комплексах соединены знаком объединения или логической суммы $\cup$, в круглых скобках объединены подкомплексы, входящие в сложный многоядерный консортивный комплекс.

Результаты и обсуждение

В результате исследований было выявлено 96 видов антофильных насекомых, относящихся к 66 родам, 25 семействам и 3 отрядам. Наибольшим числом видов был представлен отряд перепончатокрылых насекомых (рис. 1). Подавляющее число видов перепончатокрылых составили различные виды ос (29 видов, 21 род, 6 семейств) и пчел (47 видов, 21 род, 6 семейств).

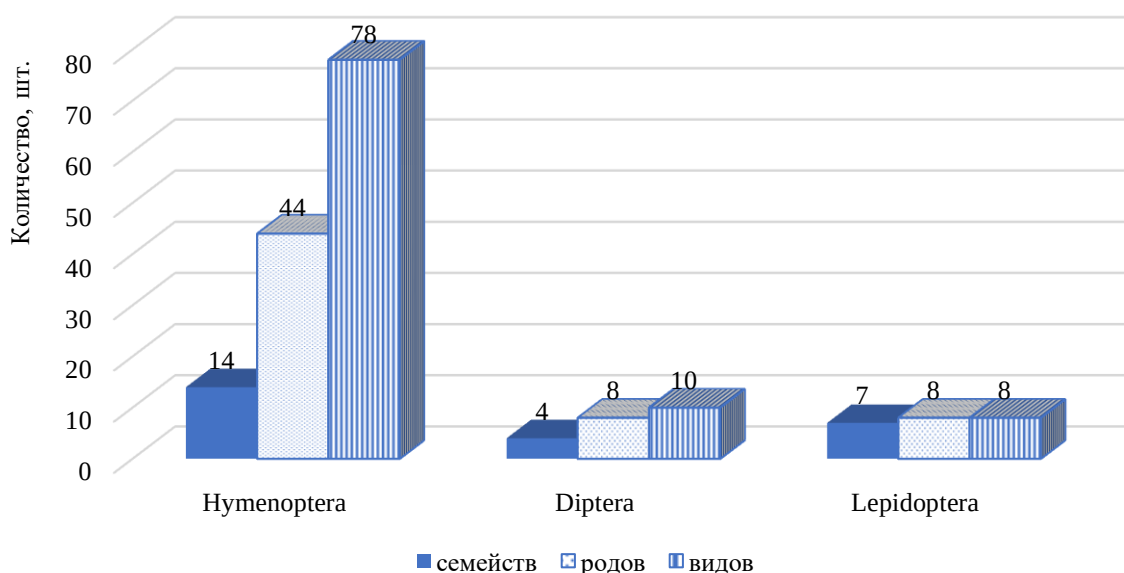


Рис. 1. Таксономическое разнообразие выявленных антофильных насекомых

Среди видов семейства Lamiaceae по количеству видов, посещающих их насекомых, доминируют *Satureja montana*, *Mentha crispa* и *Hyssopus officinalis* (рис. 2). При этом наибольшее количество видов антофильных насекомых было отмечено на *Satureja montana* – 55 видов из 3 отрядов (табл. 1). Это связано, прежде всего, с полнотой проведенных наблюдений, а также с достаточной численной представленностью данного растения на экспозиционном участке. К числу основных видов насекомых, которые посещают широкий спектр изученных растений, относятся шмели (*Bombus lapidarius*, *B. terrestris*, *B. hypnorum*), медоносная пчела (*Apis mellifera*) а также пчелы семейств Halictidae и Megachilidae (см. табл. 1). Среди видов других семейств доминируют *Feniculum vulgare* и *Allium ramosum* (рис. 3, табл. 2).

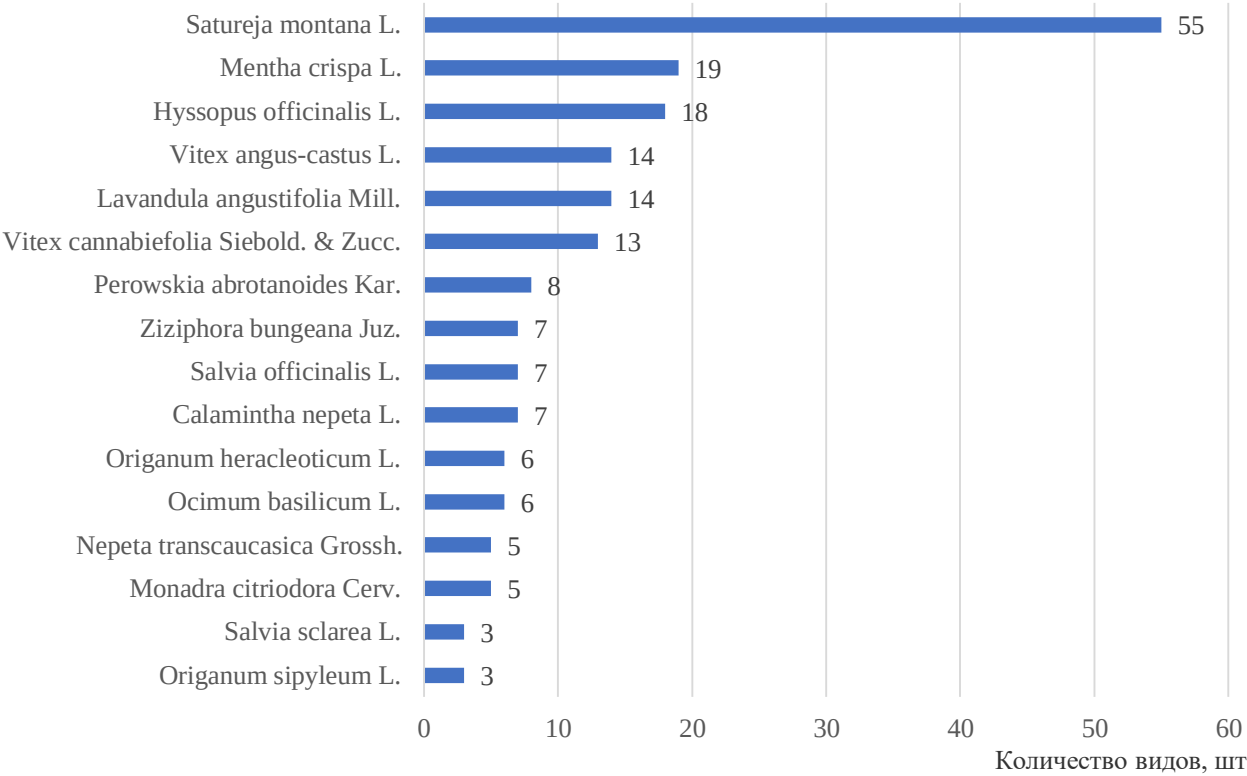


Рис. 2. Распределение количества видов антофильных насекомых, трофически связанных с растениями семейства Lamiaceae коллекции ФГБНУ ДБС

Таблица 1

Таксономическая представленность консортивных комплексов антофильных насекомых и энтомофильных хозяйственно-ценных растений семейства Lamiaceae коллекции ФГБНУ ДБС

№	Таксон (растение / насекомые)	Количество видов насекомых
1	2	3
1	<i>Calamintha nepeta</i> L. (душевик котовниковый)	7
	Hymenoptera: <i>Halictus resurgens</i> Nurse, 1903; <i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Megachile pilidens</i> Alfken, 1924; <i>Anthophora pubescens</i> (Fabricius, 1781); <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761)	
2	<i>Hyssopus officinalis</i> L. (иссоп лекарственный)	18
	Hymenoptera: <i>Hylaeus communis</i> Nylander, 1852; <i>Hylaeus</i> sp., <i>Halictus resurgens</i> Nurse, 1903; <i>H. subauratus</i> (Rossi, 1792); <i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Ceratina chalybea</i> Chevrier, 1872; <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Anthophora pubescens</i> (Fabricius, 1781); <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758) (часто); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. pascuorum</i> (Scopoli, 1763); <i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761); <i>B. argillaceus</i> (Scopoli, 1763); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; Lepidoptera: <i>Macroglossum stellatarum</i> Linnaeus, 1758; <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758); <i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758)	
3	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. (лаванда узколистная)	15
	Hymenoptera: <i>Megascolia maculata</i> (Drury); <i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Megachile</i> sp.; <i>Coelioxys</i> sp.; <i>Tetraloniella</i> sp.; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758) (часто); <i>B. pascuorum</i> (Scopoli, 1763); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; Lepidoptera: <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758); <i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758); <i>Arginnis paphia</i> (Linnaeus, 1758); <i>Macroglossum stellatarum</i> Linnaeus, 1758; Diptera: <i>Bombylius</i> sp.	

Продолжение табл. 1

1	2	3
4	<i>Mentha crispa</i> L. (мята кудрявая)	19
	Hymenoptera: <i>Gasteruption</i> sp.; <i>Leucospis dorsigera</i> Fabricius, 1775; <i>Scolia sexmaculata</i> (O. F. Müller, 1766); <i>Eumenes coarctatus</i> (Linnaeus, 1758); <i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791); <i>Prionyx nudatus</i> (Kohl, 1885); <i>Philanthus triangulum</i> (Fabricius, 1775); <i>Cerceris sabulosa</i> (Panzer, 1799); <i>Colletes similis</i> Schenck, 1853; <i>Hylaeus communis</i> Nylander, 1852; <i>Lasioglossum laticeps</i> (Schenck, 1869); <i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758); Diptera: <i>Myiatropa florea</i> (Linnaeus, 1758); <i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>E. tenax</i> (Linnaeus, 1758); <i>Sphaerophoria</i> sp.; <i>Tachina</i> sp.; <i>Cylindromyia brevicornis</i> Loew, 1844; <i>Cylindromyia</i> sp.	
5	<i>Monarda citriodora</i> Cerv. (монарда лимонная)	5
	Hymenoptera: <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	
6	<i>Nepeta transcaucasica</i> Grossh. (котовник закавказский)	5
	Hymenoptera: <i>Osmia cornuta</i> (Latreille, 1805); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); Lepidoptera: <i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	
7	<i>Ocimum basilicum</i> L. (базилик обыкновенный)	6
	Hymenoptera: <i>Megachile maritima</i> (Kirby, 1802); <i>M. centuncularis</i> (Linnaeus, 1758); <i>M. pilidens</i> Alfken, 1924; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. pascuorum</i> (Scopoli, 1763); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	
8	<i>Origanum heracleoticum</i> L. (душица греческая)	6
	Hymenoptera: <i>Scolia hirta</i> (Schränk, 1781); <i>Ammophila</i> sp.; <i>Bembix oculata</i> Panzer, 1801; <i>Megachile pilidens</i> Alfken, 1924; <i>Bombus sylvarum</i> (Linnaeus, 1761); Diptera: <i>Eristalis tenax</i> (Linnaeus, 1758)	
9	<i>Origanum sipyleum</i> L. (душица сепиля)	3
	Hymenoptera: <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761)	
10	<i>Perovskia abrotanoides</i> Kar. (перовская полынная)	8
	Hymenoptera: <i>Halictus resurgens</i> Nurse, 1903; <i>Megachile</i> sp.; <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; Lepidoptera: <i>Heliothis peltigera</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	
11	<i>Salvia sclarea</i> L. (шалфей мускатный)	3
	Hymenoptera: <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)	
12	<i>Salvia officinalis</i> L. (шалфей лекарственный)	7
	Hymenoptera: <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Halictus quadricinctus</i> (Fabricius, 1776); <i>Eucera hungarica</i> Friese, 1895 (единично); <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	
13	<i>Satureja montana</i> L. (чабер горный)	55
	Hymenoptera: <i>Megascolia maculata</i> (Drury); <i>Scolia hirta</i> (Schränk, 1781); <i>S. sexmaculata</i> (O. F. Müller, 1766); <i>Eumenes coarctatus</i> (Linnaeus, 1758); <i>E. papillarius</i> (Christ, 1791); <i>Euodynerus dantici</i> (Rossi, 1790); <i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791); <i>Bembix oculata</i> Panzer, 1801; <i>Cerceris sabulosa</i> (Panzer, 1799); <i>C. arenaria</i> (Linnaeus, 1758); <i>Philanthus triangulum</i> (Fabricius, 1775); <i>Sphex funerarius</i> Gussakovskij, 1934; <i>Isodontia mexicana</i> (de Saussure, 1867); <i>Ammophila</i> sp.; <i>Hylaeus dilatatus</i> (Kirby, 1802); <i>Hylaeus gibbus</i> Saunders, 1850; <i>Hylaeus communis</i> Nylander, 1852 (часто); <i>Andrena</i> sp1.; <i>Andrena</i> sp2; <i>Andrena variabilis</i> Smith, 1853; <i>Melitturga clavicornis</i> (Latreille, 1806); <i>Halictus quadricinctus</i> (Fabricius, 1776); <i>Halictus resurgens</i> Nurse, 1903 (часто); <i>H. simplex</i> Blüthgen, 1923; <i>H. maculatus</i> Smith, 1848; <i>H. seladonius</i> (Fabricius, 1794); <i>H. tumulorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Lasioglossum leucozonium</i> (Schränk, 1781); <i>L. interruptum</i> (Panzer, 1798) (часто); <i>Sphcodes albilabris</i> (Fabricius, 1793); <i>S. monilicornis</i> (Kirby, 1802); <i>Melitta leporina</i> (Panzer, 1799); <i>Anthidiellum strigatum</i> (Panzer, 1805); <i>Megachile centuncularis</i> (Linnaeus, 1758); <i>M. pilidens</i> Alfken, 1924; <i>M. versicolor</i> Smith, 1844; <i>Coelioxys conoideus</i> (Illiger, 1806); <i>Triepeolus tristis</i> (Smith, 1854) (единично); <i>Tetraloniella nana</i> (Morawitz, 1874); <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. pascuorum</i>	

Продолжение табл. 1

1	2	3
	(Scopoli, 1763); <i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; Lepidoptera: <i>Pyrausta aurata</i> (Scopoli, 1763); <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758); <i>Polyommatus bellargus</i> (Rottermburg, 1775); <i>Heliothis peltigera</i> (Denis & Schiffermüller, 1775); Diptera: <i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>E. tenax</i> (Linnaeus, 1758); <i>Sphaerophoria</i> sp.; <i>Tachina</i> sp.; <i>Cylindromyia brevicornis</i> Loew, 1844; <i>Conops</i> sp.	
14	<i>Ziziphora bungeana</i> Juz. (зизифора бунге) Hymenoptera: <i>Scolia hirta</i> (Schrank, 1781); <i>Sphex funerarius</i> Gussakovskij, 1934; <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758); Lepidoptera: <i>Polyommatus bellargus</i> (Rottermburg, 1775); <i>Heliothis peltigera</i> (Denis & Schiffermüller, 1775); Diptera: <i>Tachina</i> sp.	7
15	<i>Vitex angus-castus</i> L. (прутняк обыкновенный) Hymenoptera: <i>Scolia hirta</i> (Schrank, 1781); <i>Sphex funerarius</i> Gussakovskij, 1934; <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758); Lepidoptera: <i>Polyommatus bellargus</i> (Rottermburg, 1775); <i>Heliothis peltigera</i> (Denis & Schiffermüller, 1775); Diptera: <i>Tachina</i> sp.	14
16	<i>Vitex cannabiefolia</i> Siebold. & Zucc. (прутняк коноплелистный) Hymenoptera: <i>Polistes nimpha</i> (Christ, 1791); <i>Sphex funerarius</i> Gussakovskij, 1934; <i>Philanthus triangulum</i> (Fabricius, 1775); <i>Cerceris sabulosa</i> (Panzer, 1799); <i>Bembix oculata</i> Panzer, 1801; <i>Tetraloniella nana</i> (Morawitz, 1874); <i>Anthophora pubescens</i> (Fabricius, 1781); <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. pascuorum</i> (Scopoli, 1763); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>Megachile</i> sp., <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	13

На основе анализа полученных данных, нами выделены следующие консортивные комплексы антофильных насекомых и изученных энтомофильных растений: [*Feniculum vulgare*], [*Mentha crispa*], [*Allium ramosum* $\cap$ *A. porrum*], [*Vitex angus-castus* $\cap$ *V. cannabiefolia*], [*Althaea officinalis*], [*Satureja montana* $\cap$ *Hyssopus officinalis* $\cap$ *Calamintha nepeta* $\cap$ *Lavandula angustifolia* $\cap$ *Monarda citriodora* $\cap$ *Nepeta transcaucasica* $\cap$ *Ocimum basilicum* $\cap$ (*Origanum heracleoticum* $\cap$ *O. sipyleum*) $\cap$ *Perowskia abrotanoides* $\cap$ *Ziziphora bungeana*], [*Salvia sclarea* $\cap$ *S. officinalis*]. Виды *Lathyrus latifolius*, *Hylotelephium spectabile* и *Cynara scolymus* так же, по-видимому, образуют самостоятельные комплексы, но требуют дополнительного изучения.

Как видно из приведенного выше списка, консортивные комплексы по своей структуре могут состоять из одного вида (ядра комплекса) или чаще из видов одного рода или из целого ряда видов, относящихся к разным родам (многоядерные комплексы). Такая структура выделенных комплексов определяется, прежде всего, строением цветков, соцветий и комплексом поведенческих стратегий насекомых, посещающих эти растения для взятия нектара и пыльцы. Безусловно, любой сложный (многоядерный) консортивный комплекс можно, при более углубленном изучении экологии опыления, разделить на несколько более простых.

Таблица 2

Таксономическая представленность консортивных комплексов антофильных насекомых и энтомофильных хозяйственно-ценных растений семейств Amaryllidaceae, Asteraceae, Apiaceae, Crassulaceae, Fabaceae, Malvaceae коллекции ФГБНУ ДБС

№	Таксон (растение / насекомые)	Количество видов насекомых
1	2	3
1	<i>Allium ramosum</i> L. (лук ветвистый) Hymenoptera: <i>Eumenes coarctatus</i> (Linnaeus, 1758); <i>Ancistrocerus gazella</i> (Panzer, 1798); <i>Stenodynerus chevrieranus</i> (de Saussure, 1855); <i>Euodynerus notatus</i> (Jurine, 1807); <i>Microdynerus parvulus</i> (Herrich-Schaeffer, 1838); <i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791); <i>Hylaeus communis</i> Nylander, 1852; <i>H. hyalinatus</i> Smith, 1842; <i>Halictus subauratus</i> (Rossi, 1792); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758; Diptera: <i>Scaeva pyrastris</i>	14

Продолжение табл. 2

1	2	3
	(Linnaeus, 1758); <i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758); <i>E. tenax</i> (Linnaeus, 1758); Lepidoptera: <i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758)	
2	<i>Allium porrum</i> L. (лук порей) Hymenoptera: <i>Megascolia maculata</i> (Drury); <i>Euodynerus dantici</i> (Rossi, 1790); <i>Hylaeus punctulatus</i> Smith, 1842 (часто и много – до 4 экз. на одном соцветии); <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758); <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	5
3	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (фенхель обыкновенный) Hymenoptera: <i>Gasteruption</i> sp.; <i>Chrysis</i> sp.; <i>Tiphia femorata</i> Fabricius, 1775; <i>Ancistrocerus parietinus</i> (Linnaeus, 1761); <i>Eumenes coarctatus</i> (Linnaeus, 1758); <i>Symmorphus gracilis</i> (Brullé, 1832); <i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791); <i>P. gallicus</i> (Linnaeus, 1767); <i>Vespula germanica</i> (Fabricius, 1793); <i>V. vulgaris</i> (Linnaeus, 1758); <i>Philanthus triangulum</i> (Fabricius, 1775); <i>Cerceris sabulosa</i> (Panzer, 1799); <i>Lestica clypeata</i> (Schreber, 1759); <i>Sceliphron destillatorium</i> (Illiger, 1807); <i>Andrena flavipes</i> Panzer, 1799; <i>Andrena</i> sp.; Diptera: <i>Myiatropa florea</i> (Linnaeus, 1758); <i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	18
4	<i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H. Ohba (очитник видный) Hymenoptera: <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758); <i>B. hypnorum</i> (Linnaeus, 1758); Lepidoptera: <i>Heliothis peltigera</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	3
5	<i>Lathyrus latifolius</i> L. (чина широколистная) Hymenoptera: <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872; <i>Eucera</i> sp.;	2
6	<i>Althaea officinalis</i> L. (алтей лекарственный) Hymenoptera: <i>Tetraloniella nana</i> (Morawitz, 1874)	1
7	<i>Cynara scolymus</i> L. (артишок настоящий) Hymenoptera: <i>Megachile maritima</i> (Kirby, 1802); <i>Halictus resurgens</i> Nurse, 1903	2

Основным критерием выделения консортивных комплексов, кроме указанных выше факторов, является уникальность данного комплекса, определяемая специфическим видовым составом его членов – антофильных насекомых. Уникальность комплекса можно определить индексом общности между сравниваемыми комплексами. Чем больше индекс общности, тем менее уникальными являются сравниваемые комплексы и тем больше оснований для их объединения в один многоядерный комплекс.

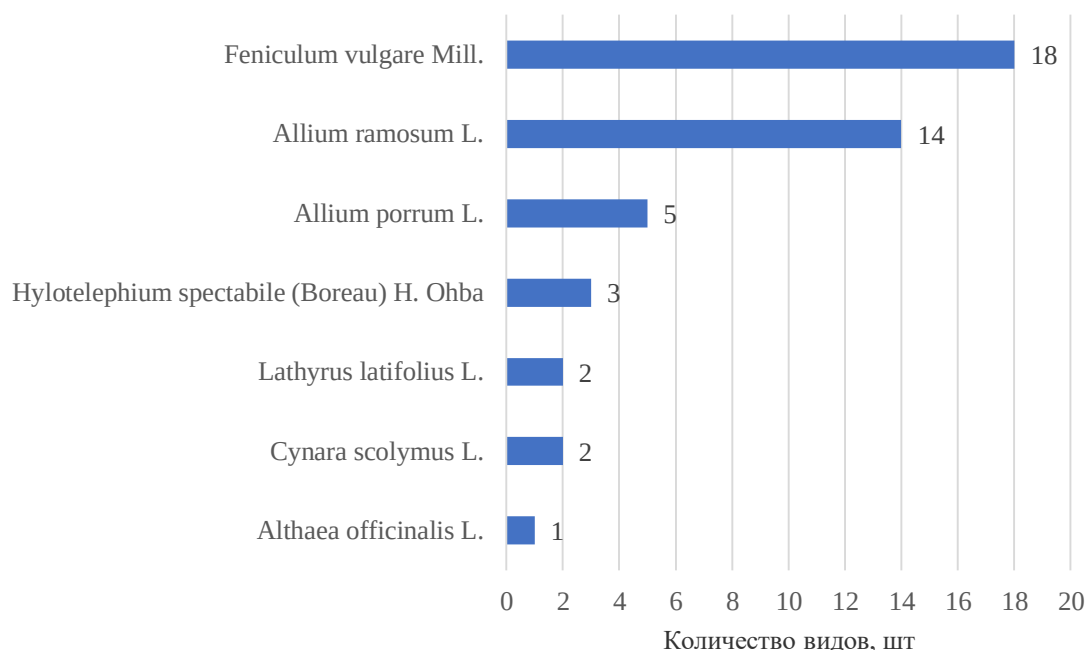


Рис. 3. Распределение количества видов антофильных насекомых, трофически связанных с растениями семейств *Amaryllidaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Crassulaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae* коллекции ФГБНУ ДБС

Среди приведенных выше 7 комплексов самым уникальным является комплекс [*Althaea officinalis*] имеющий с большинством изученных видов растений нулевой индекс общности и включающий один член – пчелу *Tetraloniella nana*, являющуюся на исследуемом участке основным опылителем этого растения.

Нами было установлено, что самки данного вида пчелы с целью взятия пыльцы посещает только куртины алтея лекарственного (рис. 4), а самцы были отмечены также на *Vitex cannabiefolia* и *Satureja montana* (табл.1).

При этом самки посещают как закрытые, так и открытые венчики цветка, в первом случае беря только нектар (рис. 4, А). При сборе пыльцы пчела движется по часовой стрелке вокруг колонки с тычинками, находясь при этом на левом боку, и счищает с них ногами пыльцу (рис. 4, Б).

Достаточно своеобразными комплексами являются также комплексы [*Mentha crispa*] и [*Feniculum vulgare*] индекс общности между которыми составил $Ics = 0,3$, т. е. относительно высокий (7 общих видов). Сходство между ними отмечено ещё в том, что они не посещаются шмелями и пчелой медоносной. В то же время в численном отношении на цветках мяты преобладали двукрылые, осы и короткохоботные пчелы. Из них доминировали мухи-журчалки (Syrphidae, виды рода *Eristalis*) и мухи-тахины (Tachinidae, *Cylindromyia brevicornis*, *Cylindromyia* sp.) – 7 видов или 35 %.

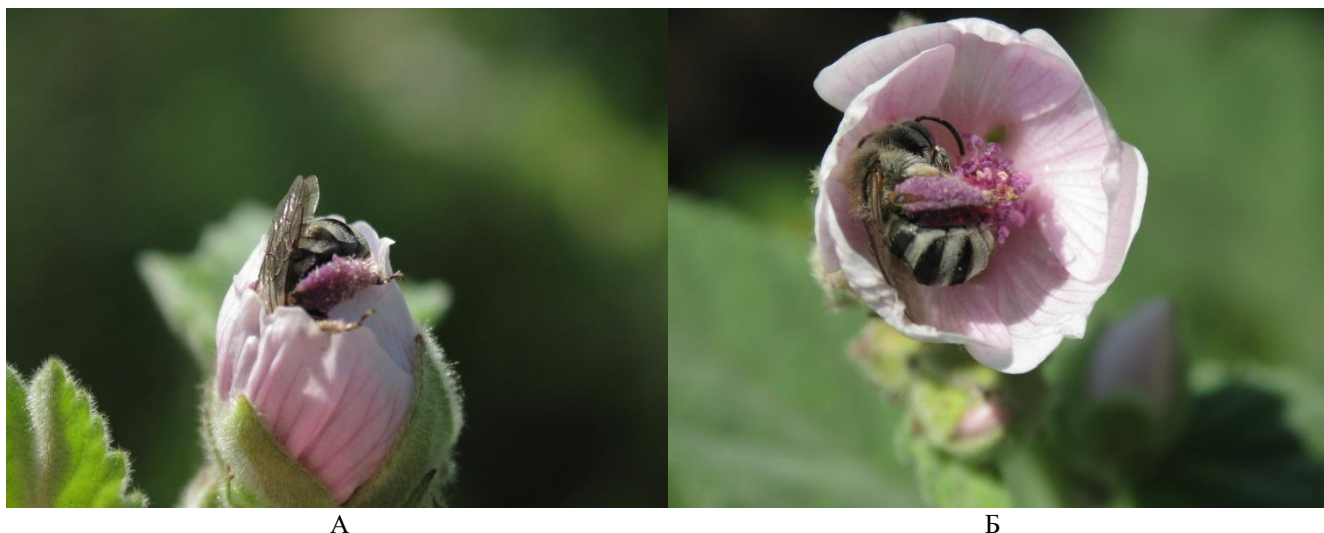


Рис. 4. Сбор нектара (А) и пыльцы (Б) пчелой *Tetraloniella nana* с цветков *Althaea officinalis* L. (фото Оголь И. Н.).

Указанные мухи доминировали и по многочисленности – около 70 %. Среди пчел достаточно стабильным посетителем мяты кудрявой оказался *Lasioglossum laticeps*. При этом отмечено высокая частота посещения цветков этого растения филантом пчелиным (*Philanthus triangulum*), для которого мята кудрявая, по-видимому, входит в число любимых растений. Нужно также отметить относительно высокую численность на цветках мяты наездников-гастерупций (*Gasteruption* sp.).

На цветках фенхеля в численном отношении доминировали осы и двукрылые. При этом среди ос преобладали складчатокрылые осы-веспиды (Vespidae). Сходные результаты были получены также в Крыму. В частности по данным О. В. Скалдиной, изучавшей антофильный энтомокомплекс фенхеля обыкновенного в Никитском ботаническом саду, в структуре этого энтомокомплекса доминантом были осы *Polistes dominula* и *P. nimpa* [16]. Таким образом, практическое значение ос-веспид в опылении фенхеля обыкновенного, известное из литературных данных [15–16], подтверждено также нашими исследованиями.

Наиболее сложный комплекс представлен 11 видами семейства Lamiaceae [*Satureja montana* ∩ *Hyssopus officinalis* ∩ *Calamintha nepeta* ∩ *Lavandula angustifolia* ∩ *Monarda citriodora* ∩ *Nepeta transcaucasica* ∩ *Ocimum basilicum* ∩ (*Origanum heracleoticum* ∩

O. sipyleum) $\cap$ *Perowskia abrotanoides* $\cap$ *Ziziphora bungeana*]. Этот комплекс включает один подкомплекс (*Origanum heracleoticum* $\cap$ *O. sipyleum*) и 9 самостоятельных видов. Несмотря на относительно широкий спектр посещаемых насекомых, в численном отношении здесь преобладают пчелы, причем доминантами являются шмели и отчасти медоносная пчела (*Apis mellifera*). В этот комплекс входят такие известные медоносы как иссоп лекарственный, лаванда узколистная, чабер горный, которые в течение всего периода цветения активно посещаются медоносной пчелой. К важным медоносам из этого комплекса можно отнести также зизифору бунге (*Ziziphora bungeana*), монарду лимонную (*Monarda citriodora*), котовник закавказский (*Nepeta transcaucasica*), базилик (*Ocimum basilicum*). Комплекс [*Vitex angus-castus* $\cap$ *V. cannabifolia*] близок к предыдущему комплексу ($Ics = 0,3$) и может быть рассмотрен как его подкомплекс.

Комплекс [*Salvia sclarea* $\cap$ *S. officinalis*] содержит два вида шалфеев, которые характеризуются относительно крупными венчиками цветка, посещаемыми крупными пчелами. В качестве основных опылителей шалфея мускатного нами отмечена пчела-плотник *Xylocopa valga*, которая по частоте посещения превосходит все остальные виды насекомых-опылителей этого растения (рис. 5, А).



Рис. 5. Пчела-плотник *Xylocopa valga* на цветке *Salvia sclarea* L. (А) и *Vitex angus-castus* L. (Б)
(фото: Амолин А. В., Оголь И. Н.)

В состав членов выделенных консортивных комплексов входят виды, имеющие разную степень связи с ядром комплекса, поэтому их можно разделить на основных и второстепенных. К основным относятся те виды, которые имеют высокую частоту посещения данного растения и достаточно обильны на его цветках, к второстепенным относятся редко или единично отмеченные виды.

Для привлечения одиночных пчел-опылителей на экспозиционные участки ботанических садов перспективно создавать подходящие условия для гнездования различных видов пчел. Например, для видов, заселяющих свободные цилиндрические полости (пчелы семейства Megachilidae), можно весной или в начале лета устанавливать специальные ульи Фабра, сделанные на основе тростниковых пучков. Для привлечения шмелей перспективно использовать различные виды искусственных гнездовых конструкций, разработанных В. С. Гребенниковым [6–8]. Для землероющих пчел (Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae) необходимо оставлять не перекопанные участки земли. Привлечение диких пчел на территорию ботанических садов позволяет сохранять популяции редких и практически важных пчел-опылителей в урбоценозах. Например, на территории Донецкого ботанического сада обитают такие редкие виды пчел, как, например, пчела-плотник *Xylocopa*

valga (рис. 5), которые используют цветущие растения сада как кормовую базу в условиях городского ландшафта.

Выводы

1. В ходе проведенных исследований был изучен видовой состав антофильных насекомых посещающих цветки 23 исследованных видов энтомофильных растений из 7 семейств.

2. В качестве посетителей цветков исследуемых видов растений было установлено не менее 96 видов антофильных насекомых из 25 семейств и трёх отрядов (Hymenoptera – 78 видов; Diptera – 10 видов; Lepidoptera – 8 видов). Следует отметить, что вышеприведенные цифры включают только наиболее заметных (визуально) антофилов и не отражают всего разнообразия антофильных насекомых, посещавших исследуемые виды растений.

3. Среди посетителей исследуемых растений наибольшим числом видов представлены перепончатокрылые насекомые (78 видов или 81,2 % от числа всех выявленных видов насекомых), при этом среди них пчелы представлены 48 видами из 21 рода и 6 семейств (61,5 % от числа всех видов перепончатокрылых и 50,0 % от числа всех выявленных видов насекомых). По числу учтенных экземпляров перепончатокрылые насекомые также лидируют почти на всех исследуемых видах растений, кроме *Mentha crispa*, где они уступают двукрылым (мухам-сирфидам и мухам-тахинам).

4. На основе анализа распределения антофильных насекомых по изученным видам растений выделено 7 консортивных комплексов, из которых наиболее уникальным является комплекс алтея лекарственного, опыляемого на исследуемой территории одним видом пчелы (*Tetraloniella nana*).

5. К числу основных посетителей цветков мяты кудрявой (*Mentha crispa*) отнесены мухи-журчалки (Syrphidae) и мухи-тахины (*Cylindromyia brevicornis*, *Cylindromyia* sp.), наездники-гастерупции (*Gasteruptiidae*) и оса *Philanthus triangulum*.

6. К числу основных посетителей фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare*) отнесены осы-вспиды (Vespidae), в частности виды рода *Polistes*.

7. К числу достоверных опылителей *Hyssopus officinalis*, *Calamintha nepeta*, *Origanum heracleoticum*, *O. sipyleum*, *Perowskia abrotanoides*, *Salvia officinalis*, *S. sclarea*, *Ziziphora bungeana*, *Ocimum basilicum*, *Monarda citriodora*, *Lavandula angustifolia*, самки которых собирают пыльцу с указанных растений, относятся шмели четырех видов (*Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. sylvarum*, *B. hypnorum*), медоносная пчела (*Apis mellifera*) а также пчелы семейств Colletidae, Halictidae и Megachilidae. Пчелу-плотника *Xylocopa valga* можно рассматривать как опылителя *Salvia sclarea*.

8. К числу основных посетителей цветков *Allium ramosum* и *A. porrum* относятся осы-вспиды и *Megascolia maculate*, а также *Apis mellifera*. При этом в количественном отношении доминируют пчелы гилеусы (*Hylaeus*).

9. Наибольший спектр посещаемых растений отмечен для *Bombus terrestris* и *B. lapidarius* (по 14 видов), а также для *Apis mellifera* (12 видов).

10. Для обеспечения стабильного опыления культивируемых на коллекционно-экспозиционных участках растений в ботанических садах необходимо создавать дополнительные условия для гнездования пчел-опылителей путем применения искусственных гнездовых конструкций.

Работа выполнена в рамках плана научно-исследовательской работы кафедры зоологии и экологии ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» «Биологическое разнообразие беспозвоночных и позвоночных животных Донбасса и проблемы его сохранения (№ государственного учета 0122D000035) и государственного задания ФГБНУ ДБС по теме № 123101300192-1.

Благодарности

Авторы выражают благодарность И. Н. Оголю за предоставленные фотографии пчел на кормовых растениях.

Список литературы

1. Амолин А. В., Кустова О. К. Материалы к изучению опылителей ароматических растений коллекции Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития: материалы VII Международ. науч. конф. (Донецк, 17–19 мая 2017 г.). Ростов-на-Дону: Алтаир, 2017а. С. 47–51.
2. Амолин А. В., Кустова О. К. Изучение насекомых-опылителей ароматических растений интродуцированных в Донецком ботаническом саду // Промышленная ботаника. 2017б. Вып. 17. С. 78–88.
3. Амолин А. В., Кустова О. К. Насекомые-опылители ароматических растений в Донецком ботаническом саду // Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем: сборник матер. XVI Международ. науч. эколог. конф., посв. памяти Александра Владимировича Присного (24–26 ноября 2020 г.). Белгород: ИД «БелГУ» «НИУ БелГУ», 2020. С. 176–178.
4. Амолин А. В., Кустова О. К. Позднелетние медоносы коллекции ароматических растений Донецкого ботанического сада и комплекс трофически связанных с ними антофильных насекомых // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы VII Международ. науч. конф. (27–28 октября 2022 г.). Т. 3. Биологические и химические науки, медицина, экология / Под общ. ред. проф. С. В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022. С. 132–134.
5. Амолин А. В., Кустова О. К., Оголь И. Н. Спектр кормовых растений некоторых редких и охраняемых видов пчел-апид (Hymenoptera: Apidae) в урбоценозах Донбасса // Промышленная ботаника. 2021. Вып. 21, № 4. С. 49–60.
6. Гребенников В. С. Подземные приманочные ульи для шмелей // Пчеловодство. 1972. № 7. С. 40–41.
7. Гребенников В. С. Многосемейный гнездовой шмелёвник // Пчеловодство. 1972. № 9. С. 41–42.
8. Гребенников В. С. Шмели – их жизнь и разведение // Биология в школе. 1973. № 2. С. 80–85.
9. Демьянова Е. И., Лыков В. А., Логинова Е. А. К антэкологическому изучению тмина обыкновенного (*Carum carvi* L.) в условиях интродукции // Экология цветения и опыления растений. Межвузов. сборн. науч. тр. Пермь: Пермский университет, 1987. С. 58–69.
10. Кайгородова М. С. К экологии опыления люцерны синегибридной на солонцах Лесостепного Зауралья // Экология цветения и опыления растений. Межвузов. сборн. науч. тр. Пермь: Пермский университет, 1987. С. 103–113.
11. Кривошеина М. Г. Насекомые (Insecta), посещающие кустарники калины обыкновенной *Viburnum opulus* L. в период цветения и их роль в опылении // Евразийский энтомол. журнал. 2007а. 6 (1). С. 36–38.
12. Кривошеина М. Г. Насекомые (Insecta), питающиеся на цветках клематиса виргинского *Clematis virginiana*, и их роль в опылении // Евразийский энтомол. журнал. 2007б. 6 (3). С. 317–318.
13. Песенко Ю. А. К методике количественных учетов насекомых-опылителей // Экология. 1972. № 1. С. 89–95.
14. Песенко Ю. А., Астафурова Ю. В. Аннотированная библиография российской и советской литературы по пчелам (Hymenoptera: Apoidea; исключая *Apis mellifera*): 1771–2002 гг. Санкт-Петербург: ЗИН РАН, 2002. 616 с.
15. Скалдина О. В. Общественные осы (Hymenoptera, Vespidae) как опылители растений, имеющих ценное хозяйственное значение // Фундаментальные проблемы энтомологии в XXI веке: материалы международ. науч. конф. (Санкт-Петербург, 16–20 мая 2011 г.). Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2011. С. 155.
16. Скалдина О. В. Роль общественных ос (Hymenoptera, Vespidae) в структуре антофильного энтомокомплекса фенхеля (*Foeniculum vulgare* Mill.) // Фундаментальные проблемы энтомологии в XXI веке: материалы международ. науч. конф. (Санкт-Петербург,

16–20 мая 2011 г.). Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2011. С. 156.

Поступила в редакцию 19.10.2024 г.

Amolin A. V., Kustova O. K. Research on consortive complexes of anthophilous insects and entomophilous plants in the Donetsk Botanical Garden. – The paper presents results of long-term studies of anthophilous entomocomplexes of 23 species of flowering plants grown in the Donetsk Botanical Garden. Our study has registered visits of 96 species of anthophilous insects belonging to 66 genera, 25 families and 3 orders of the above-mentioned plants. The largest number of species belong to the order Hymenoptera (78 species, 44 genera, 14 families). Among them, various species of wasps (29 species, 21 genera, 6 families) and bees (47 species, 21 genera, 6 families) prevailed. Based on the analysis of the distribution of anthophilous insects among the investigated plant species, 7 consortive complexes were identified: [*Feniculum vulgare*], [*Mentha crispa*], [*Allium ramosum* $\cap$ *Allium porrum*], [*Vitex angustatus* $\cap$ *Vitex cannabiefolia*], [*Althaea officinalis*], [*Satureja montana* $\cap$ *Hyssopus officinalis* $\cap$ *Calamintha nepeta* $\cap$ *Lavandula angustifolia* $\cap$ *Monarda citriodora* $\cap$ *Nepeta transcaucasica* $\cap$ *Ocimum basilicum* $\cap$ (*Origanum heracleoticum* $\cap$ *Origanum sipyleum*) $\cap$ *Perowskia abrotanoides* $\cap$ *Ziziphora bungeana*], [*Salvia sclarea* $\cap$ *Salvia officinalis*]. The most unique was the anthophilous insect complex of the mallow, including 1 bee species (*Tetraloniella nana*) pollinating this plant in the studied area. The largest is the complex of 11 species of the Lamiaceae family, including 71 species of anthophilous insects. The general pollinators of most investigated plant species include bumblebees (*Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. sylvarum*, *B. hypnorum*), honey bees (*Apis mellifera*), as well as bees of the Colletidae, Halictidae, and Megachilidae families.

Key words: anthophilous insects, entomophilous plants, consortive complexes, Donetsk Botanical Garden.

Амолин Александр Валерьевич

зав. зоологическим музеем, кафедра зоологии и экологии ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail : a.amolin@mail.ru

ORCID : 0009-0006-7672-8999

AuthorID : 1046643

Amolin Alexander Valeryevich

Head of the Museum, department of zoology and ecology, Donetsk State University, Donetsk, DPR, Russian Federation.

Кустова Ольга Константиновна

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории культурных растений ФГБНУ Донецкий ботанический сад, г. Донецк, ДНР, РФ.

E-mail: lavanda_dbg@mail.ru

ORCID: 0000-0003-1102-9397

AuthorID: 1053996

Kustova Olga Konstantinovna

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

© С. И. Демченко

**ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕРОДНОГО И АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА РОСТ И СПОРООБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ГРИБА
PHLEBIOPSIS GIGANTEA (FR.) JÜLICH.***ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

*Демченко С. И. Влияние источников углеродного и азотного питания на рост и спорообразовательную активность гриба *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich.* – Исследовано влияние разных источников углеродного и азотного питания, соотношений углерода к азоту (C/N) на рост и спорообразовательную активность *Phlebiopsis gigantea* P-1-96 в жидкой культуре. Выявлены источники азота (пептон) и углерода (глюкоза), при которых накопление биомассы грибом *Ph. gigantea* происходит наиболее эффективно. Обнаружено, что арабиноза, целлюлоза, глюкоза и пептон являются наиболее благоприятными для оидиогенеза исследованного макромикета. Установлено оптимальное соотношение углерода к азоту в питательной среде (9 : 1) для роста и споруляции местного штамма *Ph. gigantea* P-1-96.

Ключевые слова: гриб-антагонист, патоген, аборигенный штамм, источники углеродного и азотного питания, рост мицелия, оидиогенез.

Введение

Гриб *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. (флебиопсис гигантский) является активным антагонистом гриба *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. sensu stricto (s. str.) (гетеробазидион многолетний, или корневая губка), который вызывает пеструю ядровую гниль корней и комлевой части деревьев хвойных пород и является одним из наиболее распространенных и экономически значимых патогенов сосновых насаждений [10, 12, 15]. На основе местных штаммов *Ph. gigantea* в некоторых странах разработаны биопрепараты для профилактики возникновения очагов корневой губки в сосновых насаждениях при проведении рубок ухода и санитарно-оздоровительных мероприятий [10, 16]. В Российской Федерации отсутствуют микробиологические препараты, зарегистрированные для защиты *Pinus sylvestris* L. (сосны обыкновенной) от возбудителей корневой гнили. Поэтому поиск конкурентоспособных местных штаммов гриба-антагониста *Ph. gigantea* и создание на их основе отечественных биопрепаратов является актуальной задачей в решении проблемы защиты искусственных сосновых насаждений Донецкой Народной Республики от опасного патогена *H. annosum* s. str.

На кафедре физиологии растений ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» проводятся исследования по разработке экологически безопасных биопрепаратов полифункционального действия против возбудителей корневой гнили сосны обыкновенной. Для поиска перспективных штаммов-продуцентов биопрепаратов нами ранее был проведен ступенчатый скрининг коллекционных грибных штаммов, обладающих высокой антагонистической активностью к агрессивным изолятам фитопатогена *H. annosum* s. str. В результате чего были отобраны перспективные местные штаммы ксилотрофного базидиомицета *Ph. gigantea*, которые проявили фунгистатический алиментарный (односторонний) антагонизм в отношении гетеробазидиона [5, 6].

В микробиологической промышленности при разработке технологии получения жидких форм биопрепаратов большое внимание уделяется составу питательных сред для

поверхностного или глубинного культивирования грибов. Соединениям, содержащим углерод, принадлежит важная роль в питании грибов, поскольку они участвуют как в конструктивном, так и энергетическом обмене этих гетеротрофных организмов [1–3]. Исследования по влиянию источников углерода на рост и интенсивность споруляции *Ph. gigantea* далеко не полные и весьма противоречивые. Так, например, в опытах, проведенных Н. И. Федоровым [15], по выяснению особенностей углеродного питания белорусских штаммов *Ph. gigantea* было обнаружено, что питательная среда с глицерином обеспечивала наибольший выход биомассы мицелия. Интенсивный оидиогенез был отмечен при росте гриба на среде с галактозой. Н. Е. Ерошкина [8] выявила, что наиболее подходящими источниками углерода для роста и образования оидий *Ph. gigantea* являются глюкоза, ксилоза, мальтоза, целлюлоза и глицерин. Выше изложенное указывают на то, что способность усваивать макромикетами источники углерода в значительной степени зависит от конкретного штамма одного и того же вида гриба, что указывает на необходимость индивидуального подбора состава углеродного питания для каждого перспективного штамма флериопсиса.

Азот также является очень важным элементом питания для дереворазрушающих грибов. Он необходим не только для построения хитиновой клеточной оболочки, но прежде всего является основой белковой части протоплазмы, входит в состав молекул аминокислот, протеинов, протеидов, витаминов, многих энзимов и т. д. [1]. Некоторые авторы отмечают, что азот в органических соединениях лучше усваивается дереворазрушающими базидиомицетами, чем азот нитратов или солей аммония [3]. Тем не менее Н. Е. Ерошкина [8] обнаружила, что аммоний сернокислый наравне с гидролизатом казеина и пептоном стимулирует спорообразовательную активность и рост *Ph. gigantea*.

Для создания оптимальных условий развития грибов большое внимание уделяется подбору оптимального соотношения углерода к азоту (C/N) в питательной среде как решающего фактора для получения максимального выхода биомассы мицелия. Увеличение содержания углерода в среде приводит к усилению роста мицелия лишь до определенного предела, так как при избыточной концентрации источников углерода наблюдается отклонение от нормального метаболизма [1]. Высокое содержание азота в среде также сдерживает рост биомассы дереворазрушающих грибов, а недостаток азота вызывает переключение обмена веществ в клетках с синтеза белков на образование безазотистых соединений [2, 3].

Согласно исследованиям некоторых ученых [2, 3], соотношение углерода к азоту в питательной среде от 5:1 до 20:1 наиболее благоприятное для роста высших базидиальных грибов. Так, Н. Е. Ерошкина [8] установила, что при соотношении углерода к азоту в среде 15 : 1 наблюдалось наибольшее накопление биомассы мицелия *Ph. gigantea*. Однако, как показали наши ранее проведенные исследования [5, 6], для штаммов *Ph. gigantea* характерна индивидуальная изменчивость, поэтому представляет большой интерес подбор оптимального соотношения углерода к азоту в питательной среде для получения наибольшего выхода биомассы мицелия штаммов *Ph. gigantea* из нашей коллекции.

Целью проводимого исследования было изучить влияние источников углеродного и азотного питания на рост и спорообразовательную активность местного штамма *Ph. gigantea* P-1-96 и подобрать оптимальное соотношение углерода к азоту в питательной среде с целью увеличения интенсивности оидиогенеза и накопления мицелиальной биомассы грибом-антагонистом.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служил отобранный в результате ступенчатого скрининга местный штамм *Ph. gigantea* P-1-96 – антагонист фитопатогенного гриба *H. annosum* s. str.

При изучении влияния различных источников углерода и азота на рост и интенсивность оидиогенеза *Ph. gigantea* исследованный штамм гриба культивировали в колбах Эрленмейера объемом 250 мл при заполнении средой в количестве 30 мл. Для засева опытных колб использовали 7-суточные культуры гриба, предварительно выращенные на картофельно-глюкозном агаре [14]. В колбы со стерильной питательной средой вносили мицелиальные диски диаметром 7 мм, вырезанные из периферической части колоний гриба. Культуры инкубировали стационарно в течение 15 сут. при оптимальной для роста мицелия температуре 26 °С. Накопление биомассы мицелия определяли гравиметрически [11] после фильтрования жидкой культуры через бумажный фильтр и его высушивания при 105 °С до постоянного веса. Количество оидий в культуральной жидкости (КЖ) *Ph. gigantea* контролировали путем подсчета спор вегетативного размножения в камере Горяева [11]. Интенсивность споруляции в 1 мл КЖ определяли по формуле (1):

$$\text{ИС} = \frac{a \times 1000}{4000^{-1}} = a \times 4 \times 10^6, \quad (1)$$

где ИС – интенсивность споруляции, КОЕ/мл;

a – среднее число спор в одном малом квадрате камеры Горяева;

1 000 – коэффициент для пересчета ИС на 1 мл суспензии;

$4\,000^{-1}$ – объем камеры Горяева, соответствующий её малому квадрату, мм³.

Исследованный штамм гриба выращивали на глюкозо-пептонной среде, г/л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; KH_2PO_4 – 0,6; K_2HPO_4 – 0,4; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,001; CaCl_2 – 0,05. Для оценки влияния на рост и спорообразовательную активность *Ph. gigantea* различных источников углерода глюкозу в составе питательной среды последовательно заменяли на пентозы – L-арабинозу, D-ксилозу; гексозы – D-фруктозу, D-галактозу, D-маннозу; дисахариды – мальтозу, сахарозу, целлобиозу; трисахариды – рафинозу; полисахариды – крахмал, целлюлозу в виде толченной фильтровальной бумаги; сахароспирты – D-маннит, D-сорбит, дульцит, инозит, глицерин; органические кислоты – яблочную, щавелевую, янтарную и винную. Указанные соединения вносили в питательную среду в количестве эквивалентном содержанию углерода в 10 г глюкозы. Кислотность питательной среды доводили до значения pH 4,5 с помощью 1N раствора NaOH или HCl.

Для изучения влияния источников азотного питания на рост и интенсивность споруляции *Ph. gigantea* использовали питательную среду, содержащую 10 г глюкозы, источники азота (аммонийные соли [NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , NH_4Cl , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$], нитраты [KNO_3 , NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$], органические соединения азота [пептон, гидролизат казеина, мочевины]) в количестве эквивалентном содержанию азота в 3 г пептона. Остальные компоненты были те же самые, что и в среде, использованной при изучении углеродного питания.

Поиск оптимального соотношения углерода к азоту (C/N) в питательной среде для получения наибольшего выхода биомассы мицелия и увеличения спорообразовательной активности *Ph. gigantea* проводили методом математического планирования [13] с использованием полного факторного эксперимента 3^2 (ПФЭ- 3^2), план которого приведен в таблице 1. Кроме источников углерода (глюкозы) и азота (пептона) в состав экспериментальных сред вводили остальные компоненты глюкозо-пептонной среды по выше указанной прописи.

Повторность всех опытов была трехкратной. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5 %-м уровне значимости с помощью дисперсионного и регрессионного анализов и множественного сравнения средних арифметических значений по критерию Дункана [9, 13].

Таблица 1

Матрица планирования для ПФЭ 3²

№ опыта	Кодированные значения факторов		Концентрация (г/л)		Соотношение углерода к азоту (C/N)
	глюкоза (x ₁)	пептон (x ₂)	глюкозы (x ₁ ')	пептона (x ₂ ')	
1	-1	-1	5	1	12 : 1
2	-1	0	5	2,5	5 : 1
3	-1	1	5	4	3 : 1
4	0	-1	10	1	25 : 1
5	0	0	10	2,5	10 : 1
6	0	1	10	4	6 : 1
7	1	-1	15	1	38 : 1
8	1	0	15	2,5	15 : 1
9	1	1	15	4	9 : 1

Результаты и обсуждение

Результаты исследования, приведенные в таблице 2, показали, что у штамма *Ph. gigantea* P-1-96 накопление биомассы мицелия и интенсивность споруляции на средах с различными источниками углерода значительно варьировали. Так, достоверно наибольшая сухая масса мицелия наблюдалась на среде с глюкозой. Второе место по питательной ценности для исследованного штамма занимали мальтоза, целлобиоза и целлюлоза. Хороший рост гриба обнаружен на питательных средах с ксилозой, фруктозой, галактозой, маннозой, крахмалом и маннитом. Сахароза, лактоза, инозит, дульцит и органические кислоты значительно тормозили накопление биомассы штаммом *Ph. gigantea* P-1-96 по сравнению с другими источниками углерода.

Таблица 2

Рост и оидиогенез штамма *Ph. gigantea* P-1-96 на жидких питательных средах с разными источниками углерода

Источники углерода	Абсолютно сухая масса мицелия, мг/100 мл	Интенсивность споруляции, КОЕ/мл × 10 ⁶
1	2	3
L-арабиноза	274,67 ± 9,39	1,42 ± 0,05
D-ксилоза	388,67 ± 9,55	1,33 ± 0,04
D-фруктоза	365,33 ± 12,76	0,52 ± 0,01
D-глюкоза	440,33 ± 8,95	1,42 ± 0,03
D-галактоза	371,00 ± 11,25	1,24 ± 0,03
D-манноза	382,33 ± 18,79	0,71 ± 0,09
мальтоза	399,00 ± 7,18	0,51 ± 0,02
сахароза	193,00 ± 12,89	0
целлобиоза	398,00 ± 5,79	0,52 ± 0,01
лактоза	114,33 ± 3,94	0
рафиноза	235,67 ± 8,52	0,99 ± 0,04
целлюлоза	405,33 ± 14,98	1,46 ± 0,07
крахмал	331,00 ± 13,56	1,18 ± 0,02
D-маннит	313,33 ± 10,06	0,48 ± 0,03
D-сорбит	296,67 ± 10,80	0,41 ± 0,01
дульцит	111,33 ± 15,59	0
инозит	117,33 ± 10,82	0

Продолжение табл. 1

1	2	3
глицерин	272,33 ± 9,09	0,35 ± 0,02
яблочная кислота	106,67 ± 2,48	0,33 ± 0,02
щавелевая кислота	60,00 ± 2,12	0
янтарная кислота	154,07 ± 4,64	0,40 ± 0,07
винная кислота	50,24 ± 2,12	0

Достоверно высокие показатели интенсивности споруляции флeбиопсиса гигантского наблюдались на средах с глюкозой, арабинозой и целлюлозой. На средах с галактозой, ксилозой и крахмалом спорообразовательная активность штамма *Ph. gigantea* P-1-96 незначительно (в 1,1–1,2 раза) уступала этому показателю на средах с выше перечисленными источниками углерода. Интенсивность споруляции была минимальной на средах с сахароспиртами и органическими кислотами, а на средах с лактозой, сахарозой, дульцитом, инозитом, щавелевой и винной кислотами образование оидий *Ph. gigantea* не наблюдалось.

Таким образом, для исследованного штамма *Ph. gigantea* P-1-96 наиболее пригодными для роста и спорообразовательной активности были гексозы и полисахариды, причем наибольшую питательную ценность имела глюкоза. На средах с пентозами и трисахаридами также наблюдался хороший рост и оидиогенез *Ph. gigantea*. Среди дисахаридов целлобиоза и мальтоза приближали к максимальным значениям сухую массу мицелия исследованного штамма. Сахароза и лактоза по сравнению с другими источниками углеродного питания угнетали рост и оидиогенез гриба. Сахароспирты в меньшей степени стимулировали рост и спорообразовательную активность флeбиопсиса гигантского, чем гексозы и полисахариды. Наименее пригодными для роста и спорообразовательной активности штамма *Ph. gigantea* P-1-96 оказались органические кислоты.

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рисунках 1 и 2, показал, что питательная ценность исследованных источников азота была неравноценной для штамма *Ph. gigantea* P-1-96.

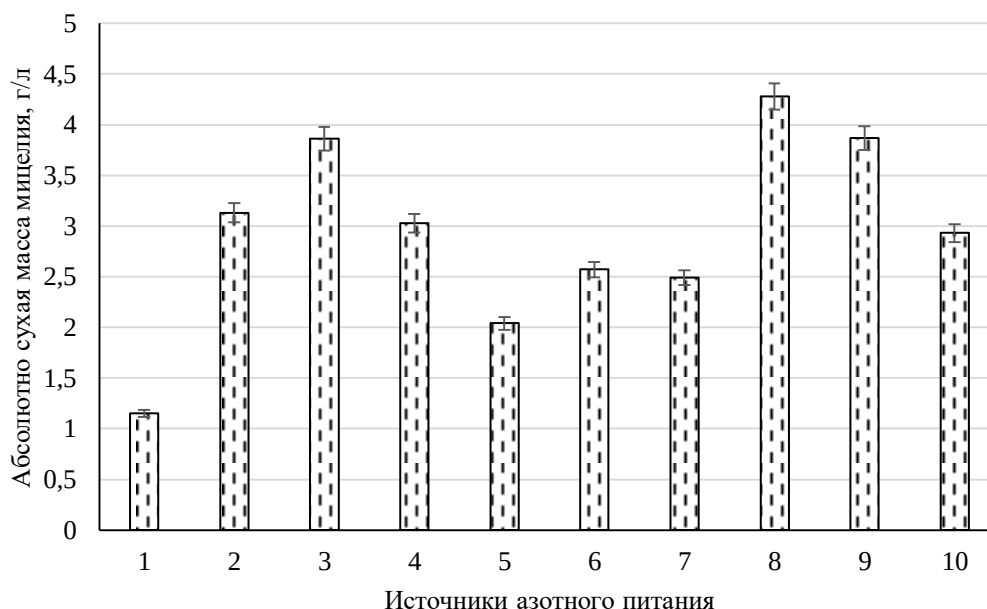


Рис. 1. Средняя сухая масса мицелия штамма *Ph. gigantea* P-1-96 на питательных средах с разными источниками азота: 1 – NH_4Cl ; 2 – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 3 – NH_4NO_3 ; 4 – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 5 – KNO_3 ; 6 – NaNO_3 ; 7 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 8 – пептон; 9 – гидролизат казеина; 10 – мочевина

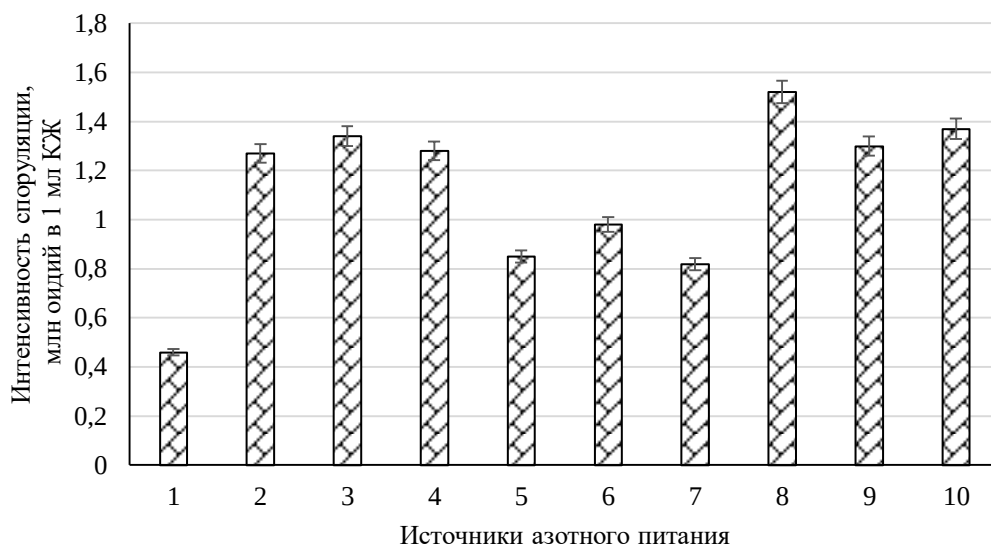


Рис. 2. Спорообразовательная активность штамма *Ph. gigantea* P-1-96 на средах с различными источниками азота: 1 – NH_4Cl ; 2 – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 3 – NH_4NO_3 ; 4 – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 5 – KNO_3 ; 6 – NaNO_3 ; 7 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 8 – пептон; 9 – гидролизат казеина; 10 – мочевина

Наилучшим азотсодержащим соединением, стимулирующим рост флэбиопсиса гигантского при поверхностном культивировании гриба на жидкой питательной среде, оказался пептон. Обильный рост мицелия выявлен у штамма P-1-96 на средах с аммонием азотнокислым и гидролизатом казеина. Однако на питательных средах с этими источниками азота накопление биомассы грибом было 1,1 раза ниже, чем на среде с пептоном. Хороший рост отмечен у исследованного штамма на средах с аммонием сернокислым, аммонием фосфорнокислым однозамещенным и мочевиной. На средах с остальными источниками азота наблюдался удовлетворительный рост штамма *Ph. gigantea* P-1-96.

Наибольшая интенсивность оидиогенеза у исследованной культуры гриба также наблюдалась на среде с пептоном. При внесении в питательную среду этого источника азота интенсивность споруляции у штамма *Ph. gigantea* P-1-96 была в 1,1–3,3 раза выше по сравнению с другими азотсодержащими соединениями. Большое количество оидий образовывалось при росте флэбиопсиса гигантского на средах с аммонием сернокислым, аммонием азотнокислым, аммонием фосфорнокислым однозамещенным, гидролизатом казеина и мочевиной. Другие азотсодержащие соединения оказывали более слабое воздействие на спорообразовательную активность штамма *Ph. gigantea* P-1-96.

Таким образом, среди исследованных источников азота высокую эффективность имел пептон, обеспечивающий высокую спорообразовательную активность ($1,52 \times 10^6$ КОЕ/мл) и максимальное накопление биомассы (4,28 г/л) штаммом *Ph. gigantea* P-1-96. Пептоны представляют собой продукты неполного ферментативного гидролиза белков; в их состав входят высоко- и низкомолекулярные пептиды, а также свободные аминокислоты. Кроме того, в состав пептонов входят ростовые вещества, вследствие чего они широко используются как органические источники азотного питания для широкого круга высших базидиальных грибов [7]. В сравнении с пептоном эффективность утилизации минерального азота исследованным штаммом была более низкой. Штамм P-1-96 лучше усваивал аммонийный азот. Исключение составил хлорид аммония, на среде с которым наблюдался неудовлетворительный рост и спорообразовательная активность гриба. Очевидно, анион хлора оказался токсичным для флэбиопсиса гигантского. Азот в нитратной форме также плохо усваивался исследованным штаммом *Ph. gigantea*.

С помощью метода математического планирования экспериментов [13] нами было изучено влияние различных соотношений углерода к азоту на рост и спорообразовательную

активность штамма *Ph. gigantea* P-1-96. В соответствии с матрицей ПФЭ-3² (табл. 1) соотношение между количеством источников углерода и азота в питательной среде изменялось от 3 : 1 до 38 : 1. Результаты реализации матрицы ПФЭ-3² представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты реализации матрицы ПФЭ-3²

№ опыта	Абсолютно сухая масса мицелия (y), г/л	Интенсивность споруляции (y), КОЕ/мл × 10 ⁶
1	2,8 ± 0,4	0,35 ± 0,08
2	3,1 ± 0,4	0,43 ± 0,02
3	3,6 ± 0,2	0,54 ± 0,06
4	4,3 ± 0,4	0,65 ± 0,03
5	4,6 ± 0,2	1,35 ± 0,04
6	4,8 ± 0,3	1,52 ± 0,05
7	5,7 ± 0,5	1,43 ± 0,03
8	6,4 ± 0,4	1,77 ± 0,07
9	7,5 ± 0,3	1,92 ± 0,04

После расчета коэффициентов уравнений регрессии по методу наименьших квадратов [4] и оценки их значимости были составлены уравнения зависимости роста (2) и спорообразовательной активности (3) штамма *Ph. gigantea* P-1-96 от концентрации источников углерода и азота в питательной среде:

$$Y = 0,52778 + 0,33667x_1 + 0,34444x_2, \quad (2)$$

$$Y = -0,59056 + 0,12667x_1 + 0,17222x_2. \quad (3)$$

Результаты моделирования зависимости накопления биомассы мицелия и спорообразовательной активности *Ph. gigantea* P-1-96 от исследованных факторов приведены на рисунке 3.

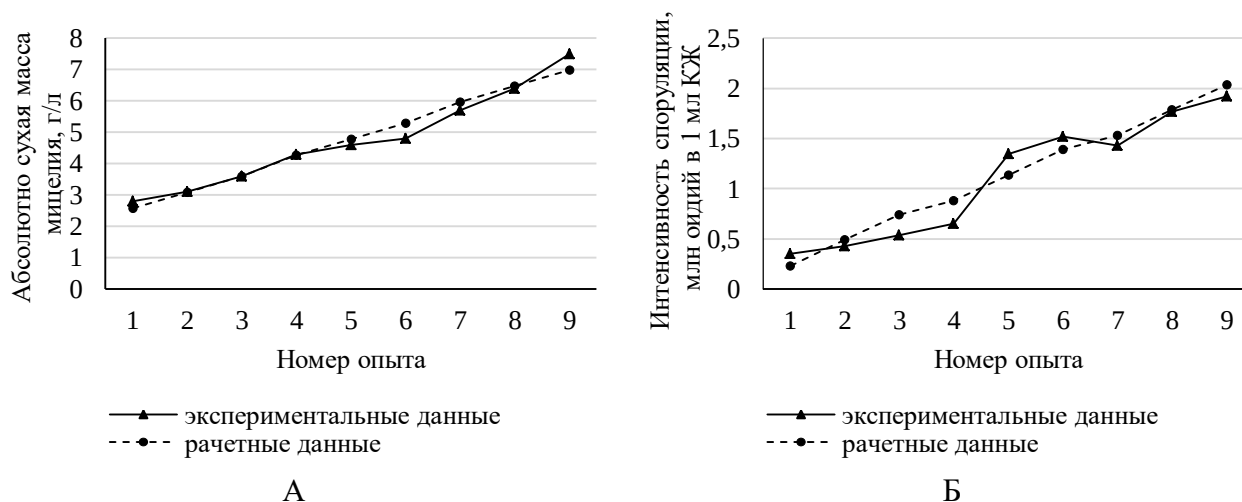


Рис. 3. Прогнозные зависимости накопления биомассы мицелия (А) и интенсивности споруляции (Б) у штамма *Ph. gigantea* P-1-96 от концентрации источников углерода и азота в питательной среде

Графики иллюстрируют хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных для абсолютно сухой массы мицелия и интенсивности споруляции исследованного штамма

флебиопсиса, полученных при культивировании гриба на питательных средах с различным соотношением углерода к азоту. Это подтверждает точность разработанной модели.

Согласно расчетным данным, наибольший выход биомассы мицелия и интенсивный оидиогенез у штамма *Ph. gigantea* наблюдались на глюкозо-пептонной среде, содержащей глюкозу в концентрации 15 г/л и пептон – 4 г/л. Следовательно, оптимальное соотношение углерода к азоту в питательной среде для роста и споруляции исследованного штамма *Ph. gigantea* составляет примерно 9 : 1.

Выводы

Установлено, что состав питательной среды существенно влияет на активность роста и интенсивность споруляции штамма *Ph. gigantea* Р-1-96. Из исследованных источников углеродного и азотного питания наиболее благоприятными для роста культуры *Ph. gigantea* являются глюкоза и пептон, для оидиогенеза – арабиноза, целлюлоза, глюкоза и пептон при оптимальном соотношении углерода к азоту в питательной среде 9 : 1.

Исследование проводилось по теме государственного задания (№ госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Беккер З. Э. Физиология и биохимия грибов. М.: Изд-во Москов. ун-та, 1988. 230 с.
2. Билай В. И. Основы общей микологии: Учебн. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища шк., 1980. 360 с.
3. Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. К.: Наук. думка, 1988. 144 с.
4. Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной линейный регрессионный анализ: Пер. с болгарского. М.: Финансы и статистика, 1987. 240 с.
5. Демченко С. И. Антагонистическая активность природных штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. по отношению к фитопатогену *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1–2. С. 77–84.
6. Демченко С. И. Скрининг природных штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich., перспективных для биологической борьбы с корневой губкой // Современная микология в России: материалы международного микологического форума. Т. 10. М.: Национальная академия микологии, 2024. С. 296–297.
7. Дунаевский Я. Е., Дун Чжан, Матвеева А. Р., Белякова Г. А., Белозерский М. А. Деградация белковых субстратов ксилотрофными базидиомицетами // Микробиология. 2006. Т. 75, № 1. С. 46–51
8. Ерошкина Н. Е. Биологические особенности гриба *Peniophora gigantea* (Fr.) Masse как антагониста *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (корневой губки): Автореф дис. ... канд. биол. наук 03.00.05; 03.00.24. К., 1985. 22 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 350 с.
10. Лыков И. В., Максимчук П. А. Обзор современного состояния и эффективности мероприятий по защите сосновых насаждений от корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) // Лесотехнический журнал. 2021. № 3. С. 63–73.
11. Методы экспериментальной микологии: справ. / Под ред. В. И. Билай. К.: Наук. думка, 1982. 550 с.
12. Негруцкий С. Ф. Корневая губка. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 196 с.
13. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: Навч. посібник. Донецьк: ТОВ «НОРД Комп'ютер», 1999. 210 с.
14. Семенов С. М. Лабораторные среды для актиномицетов и грибов: справ. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
15. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород. М.: Лесная промышленность, 1984. 160 с.

16. Holdriender O., Greig B. Biological methods of control // *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. Oxon (UK) – New York (USA): CAB International, 1998. P. 235–258.

Поступила в редакцию 29.10.2024 г.

Demchenko S. I. The influence of carbon and nitrogen nutrition sources on the growth and spore-forming activity of the fungus *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. – The influence of different sources of carbon and nitrogen nutrition, carbon-to-nitrogen ratios (C : N) on the growth and spore-forming activity of the *Phlebiopsis gigantea* P-1-96 in liquid culture has been studied. The sources of nitrogen (peptone) and carbon (glucose) were identified which contribute to fungus *P. gigantea* biomass growth in the most efficient way. It was found that arabinose, cellulose, glucose and peptone are the most favorable for the oidiogenesis of the studied macromycete. The ratio of carbon to nitrogen in the nutrient medium (9 : 1) was found to be optimal for the growth and sporulation of the local strain *P. gigantea* P-1-96.

Key words: antagonist fungus, pathogen, native strain, sources of carbon and nitrogen nutrition, mycelium growth, oidiogenesis.

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

Demchenko Svetlana Ivanovna,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Plant Physiology, Donetsk
State University, Donetsk, DNR, Russian Federation.

© Ю. П. Загнитко

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТА ПЕКТИНАЗ ГРИБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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

Загнитко Ю. П. Физико-химические свойства препарата пектиназ грибного происхождения. – Изучены физико-химические свойства препарата пектиназ культуры гриба *Lentinus edodes* 480. Полученный ферментный препарат экзополигалактуроназного действия термически нестабилен, но кратковременное прогревание (15 мин) при высоких температурах вызывает некоторую стабилизацию белковых молекул пектиназ. Ферменты экзополигалактуроназы культуры гриба *L. edodes* 480 представлены комплексом, который состоит из кислых и слабощелочных пектиназ с рН оптимумом действия в диапазоне 4,4–5,2 и 7,6–8,0.

Ключевые слова: экзополигалактуроназа, ферментный препарат, температура, кислотность

Введение

Пектиназы – гетерогенная группа ферментов, катализирующих деградацию пектина. В составе пектиназ выделяют следующие группы ферментов: пектинэстеразы катализируют отщепление метильных групп пектина с образованием пектиновой кислоты, полигалактуроназы осуществляют гидролиз α -1,4-гликозидных связей в цепи пектиновых веществ, пектинлиазы катализируют негидролитическое ращепление пектина [5]. Пектолитические препараты разделяют на две группы в зависимости от рН-оптимума работы ферментов: кислые и щелочные. Эти свойства определяют возможность применения пектиназ для разных отраслей промышленности. Кислые пектиназы применяют в производстве соков и вин, а щелочные – для текстильной промышленности [4, 7].

Препаративное получение активных ферментов пектиназ может быть достигнуто путем поиска новых эффективных продуцентов, мутагенезом, оптимизацией культивирования продуцентов [1, 13]. Методы очистки и выделения пектиназ зависят от прикладного применения полученного препарата пектолитического действия. Для технических целей возможно использовать «сырой» фермент, тогда как применение фермента в пищевой промышленности требует обязательной стадии очистки. Применение стадий очистки сказывается на конечной стоимости фермента [6, 14].

В современном мире растет потребность в фундаментальных знаниях о механизмах действия и свойствах индивидуальных ферментов, чтобы понимать принцип функционирования ферментного препарата и иметь возможность управлять каталитическим процессом при его практическом использовании.

На сегодняшний день наиболее полно описаны свойства внеклеточных ферментов пектиназного комплекса грибов рода *Aspergillus* [9–12]. Поэтому изучение свойств комплекса пектиназ высших съедобных грибов является весьма актуальным.

Цель работы – изучение некоторых физико-химических свойств препарата пектиназ, выделенного из культуры гриба *Lentinus edodes* 480.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служил препарат экзополигалактуроназного действия (Экзо-ПгС) культуры гриба *L. edodes* 480 из коллекции мицелиальных культур базидиальных ксилотрофов кафедры физиологии растений Донецкого государственного университета. Для выделения препарата пектолитического действия культуру гриба *L. edodes* 480, выросшую в течение 7 сут в пробирке на скошенном глюкозо-картофельном агаре, переносили в

качалочную колбу объемом 1 000 мл с 300 мл среды (состав (г/л): пектин (яблочный) – 10; пептон – 3; K_2HPO_4 – 0,4; KH_2PO_4 – 0,6; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,5; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,001; $CaCl_2$ – 0,05). Культивирование проводили в течение 15 сут при 30 °С. После этого посевной материал объемом 30 % от ферментационной среды переносили в качалочные колбы со средой того же состава с последующим культивированием в течение 15 сут при тех же условиях. По истечении срока культивирования из культуральной жидкости, предварительно отделенной от биомассы гриба фильтрованием через фильтровальную бумагу («ФС», Россия), проводили осаждение секретированных пектиназ сульфатом аммония при степени насыщения 80 %. Осадок отделяли от надосадочной жидкости на рефрижераторной центрифуге при 5 000 об/мин на протяжении 15 мин. Полученный осадок диализировали против чистой дистиллированной воды 2 сут. в холодильнике. Диализат отделяли от нерастворившейся части центрифугированием. При исследовании термолабильности пектиназ использовали 1 %-ный раствор ферментного препарата в цитратном буфере (рН 6,8). При изучении влияния кислотности реакционной среды использовали ацетатный буфер в диапазоне рН от 3,2 до 8,4. Активность полученного ферментного препарата пектиназ определяли по ГОСТу Р 55298-2012 [3]. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований обрабатывали статистически, методами дисперсионного анализа, сравнение средних величин проводили методом Дункана [8].

Результаты и обсуждение

Изучение термолабильности ферментных препаратов культуры гриба *L. edodes* 480 (рис. 1) показало, что при прогревании раствора экзофермента на протяжении 60 мин. максимальный уровень Экзо-ПгС отмечен в диапазоне температур 35–45 °С. В интервале температур 25–30 °С и 50–60 °С показано достоверное снижение уровня Экзо-ПгС.

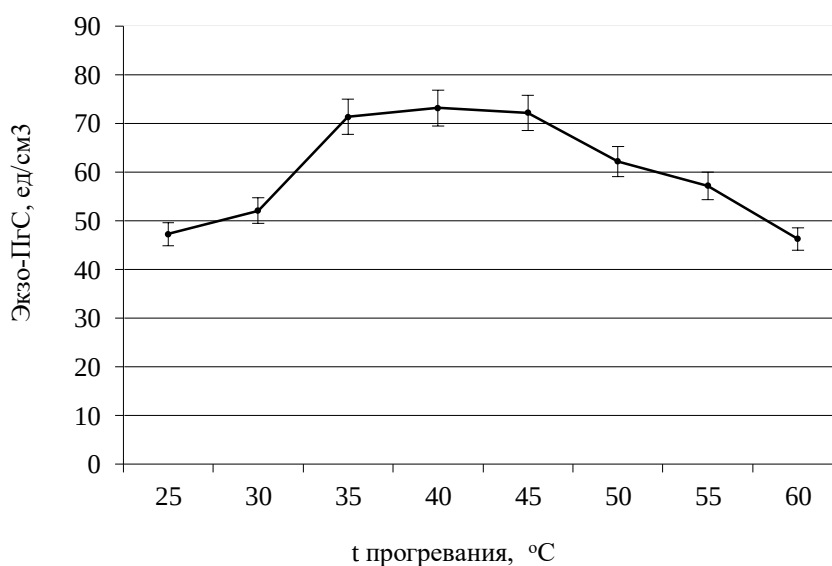


Рис. 1. Термолабильность ферментного препарата Экзо-ПгС культуры гриба *L. edodes* 480

Кратковременное прогревание (15 мин) 1 %-ного раствора ферментного препарата Экзо-ПгС при высоких температурах (рис. 2) показало стабилизирующее действие на уровень активности экзополигалактуроназы полученного ферментного препарата. Так, в интервале температур 35–45 °С отмечены достоверно более высокие показатели Экзо-ПгС, чем при этих же температурах при прогревании на протяжении 60 мин. При температуре 60 °С отмечен слабый уровень активности исследованных пектиназ, а температура 65 °С вызвала полную инактивацию действия экзополигалактуроназы.

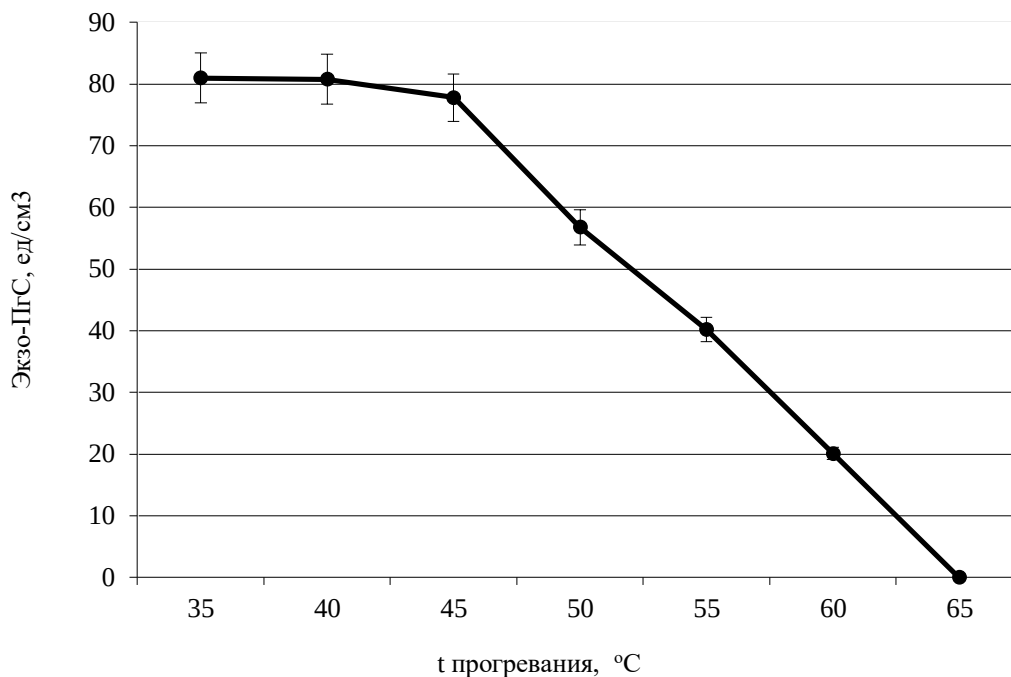


Рис. 2. Термотолерантность ферментного препарата культуры гриба *L. edodes* 480 Экзо-ПгС

Полученные экспериментальные данные показывают, что полученный из культуральной жидкости культуры гриба *L. edodes* 480 ферментный препарат Экзо-ПгС термически нестабилен, но кратковременное прогревание (15 мин) при высоких температурах вызывает некоторую стабилизацию белковых молекул ферментов Экзо-ПгС.

Разные ферменты показывают максимальную активность при разных значениях pH. При повышении или понижении уровня pH показатели активности могут снижаться. Так, pH оптимум стабильности ферментов может не совпадать с pH оптимумом активности [9]. Грибные пектиназы делят по их отношению к кислотности среды на кислые (pH 4,0–5,0) и нейтральные или слабощелочные (pH 7,0–8,0) [2]. Наличие оптимума pH можно объяснить тем, что неблагоприятная кислотность среды может привести к инактивации ферментов, так как ионная сила раствора влияет на сродство фермента к субстрату и стабильность белковой молекулы.

Для изучения pH оптимума реакций, которые катализирует экзополигалактуроназа культуры гриба *L. edodes* 480, готовили 1 %-ный раствор фермента в ацетатном буфере. Значения pH ацетатного буфера составили от 3,2 до 8,4 шагом 0,4.

Результаты изучения влияния кислотности реакционной среды на Экзо-ПгС полученного ферментного препарата (рис. 3) показали, что для ферментного препарата пектолитического действия культуры гриба *L. edodes* 480 характерны 2 пика активности. Так, максимальные показатели Экзо-ПгС отмечены в диапазоне pH 4,4–5,2 и 7,6–8,0, причем значения Экзо-ПгС обоих пиков не имели достоверных отличий между собой. Это свидетельствует о том, что, возможно, ферменты Экзо-ПгС культуры гриба *L. edodes* 480 представлены комплексом, который состоит из кислых и нейтральных пектиназ. Переходные значения pH от кислого к нейтральному вызывали достоверное снижение уровня активности экзополигалактуроназы.

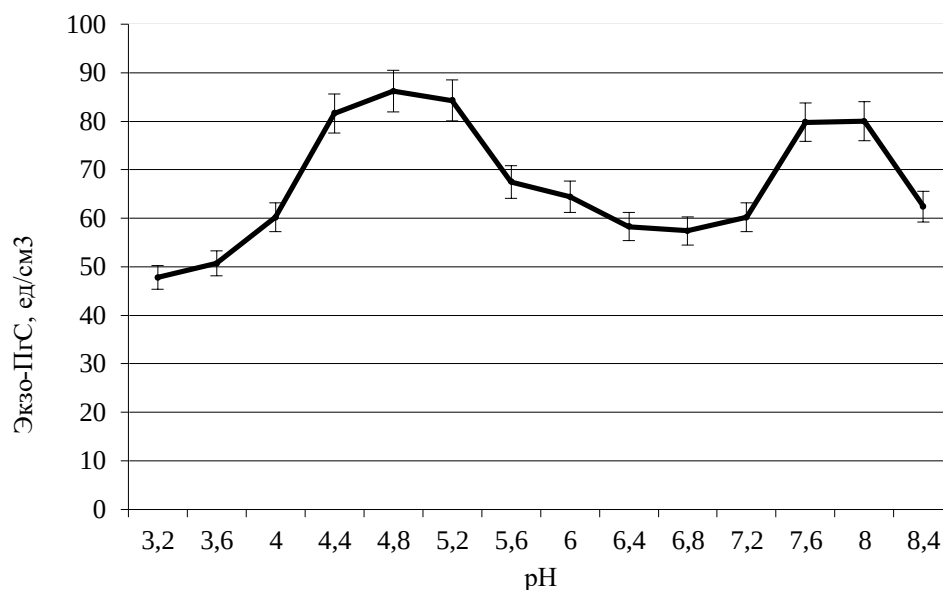


Рис. 3. Изменение Экзо-ПгС ферментного препарата пектолитического действия культуры гриба *L. edodes* 480 в зависимости от pH растворителя (ацетатный буфер)

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что для Экзо-ПгС комплексного ферментного препарата культуры гриба *L. edodes* 480 необходим индивидуальный подход в подборе pH оптимума его действия.

Выводы

Полученный ферментный препарат имеет индивидуальные свойства по физическим и химическим показателям, поэтому необходимо продолжить работу по его очищению и выделению фракций, ответственных непосредственно за пектолитическую активность.

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

Список литературы

1. Блilieва Р. К. Изучение биосинтеза пектинрасщепляющих ферментов при глубинном культивировании плесневых грибов из рода *Aspergillus*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Алма-Ата, 1967. 25 с.
2. Бойко С. М., Малюга М. В. Зависимость пектолитической активности некоторых базидиальных грибов от качественного состава питательной среды // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. 2013. № 1 (13). С. 174–180.
3. ГОСТ Р 55298-2012. Ферментные препараты пищевой промышленности. Методы определения пектолитической активности. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.
4. Грачева И. М., Бутова С. Н., Туписева И. А., Эль-Рештан Г. И. Теоретические основы биотехнологии. Биохимические основы синтеза биологически активных веществ. М.: Изд-во «Элевар», 2003. 534 с.
5. Джакашева А. М. Технология получения пектолитического ферментного препарата, применяемого для улучшения органолептических показателей красных столовых вин: дис. ... уч. степени доктора философии. Республика Казахстан Алматы, 2017. 183 с.
6. Калунянц К. А., Голгер Л. И. Микробные ферментные препараты (технология и оборудование). М.: Пищевая промышленность, 1979. 304 с.
7. Полторак О. М., Ташлицкий В. Н., Атякшева Л. Ф. pH-оптимум стабильности ферментов // Методы получения, анализа и применения ферментов. Тезисы докладов. Рига, 1990. С. 6.

8. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник. Донецьк: Кассиопея, 1999. 210 с.
9. *Семенова М. В.* Свойства внеклеточных пектиназ грибов рода *Aspergillus* / дис. ... канд. хим. наук. М., 2005. 167 с.
10. *Соколова Е. Н.* Разработка биотехнологии получения препарата пектиназ на основе селекционированного штамма *Aspergillus foetidus* 379-К: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 28 с.
11. *Спичак В. В., Вратский А. М.* Современные направления использования и утилизации свекловичного жома // Сахар. 2011. № 9. С. 60–64.
12. *Сулейменова Ж. Б., Рахметова Ж. К., Нурлыбаева А. Е.* Биосинтез пектинрасщепляющих ферментов микромицетами рода *Aspergillus* // Биотехнология. Теория и практика. 2012. № 3. С. 72–76.
13. *Garg G., Singh A., Kaur A., Singh R., Kaur J., Mahajan R.* Microbial pectinases: an ecofriendly tool of nature for industries. *Biotech.* 2016. 6 (1). P. 47. DOI: 10.1007/s13205-016-0371-4.
14. *Kashyap D. R., Vohra P. K., Chopra S., Tewari R.* Applications of pectinases in the commercial sector: a review. *Bioresource Technology.* 2001. 77 (3). P. 215–27. DOI: 10.1016/s0960-8524(00)00118-8.

Поступила в редакцию 14.11.2024 г.

Zagnitko Yu. P. Physico-chemical properties of the preparation of pectinase of fungal origin. – The physico-chemical properties of the preparation of the pectinase culture of the fungus *Lentinus edodes* 480 have been studied. The resulting enzyme preparation of exopolygalacturonase action is thermally unstable, but short-term heating (15 min) at high temperatures causes some stabilization of protein molecules of pectinases. The enzymes of the exopolygalacturonase culture of the fungus *L. edodes* 480 are represented by a complex consisting of acidic and slightly alkaline pectinases with a pH of optimal action in the range of 4.4–5.2 and 7.6–8.0.

Key words: exopolygalacturonase, enzyme preparation, temperature, acidity

Загнитко Юлия Петровна,

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

E-mail: upzagnitko@mail.ru

ORCID: 0009-0002-7487-0108

AuthorID: 1127933

Zagnitko Yuliya Petrovna,

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

© П. А. Кузьмин

ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *TILIA CORDATA* MILL. В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)
Россия, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97

Кузьмин П. А. Экофизиологический аспект содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Tilia cordata* Mill. в урбанизированной среде. – В работе представлены многолетние результаты по экофизиологическому аспекту содержания хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов в листьях *Tilia cordata* Mill. Объект исследования расположен на участках с разной степенью воздействия аэрополлютантов. В насаждениях санитарных зон и магистральных посадках содержание хлорофилла *a* в листьях липы мелколистной в июне больше, а в июле и августе меньше, чем в контроле. При этом в данных насаждениях у растений наблюдается большее содержание хлорофилла *b* и каротиноидов, что указывает на формирование специфической адаптивной реакции, которая проявляется в перестройке пигментного комплекса.

Ключевые слова: *Tilia cordata* Mill., фотосинтетические пигменты, урбанизированная среда, адаптация.

Введение

В настоящее время актуальными являются вопросы, направленные на решение проблем поддержания экологического баланса в урбанизированной среде. Урбанизированная среда выступает искусственной системой, которая нуждается в продуктивном и функциональном растительном компоненте. Растительные организмы должны быть адаптированными к экстремальным условиям произрастания и благоприятно влиять на формирование урбанизированной среды. Уровень адаптивности растений оценивается по функционированию различных систем, в том числе фотосинтетической системы [12].

Фотосинтетическая система древесных растений чувствительна к загрязнениям антропогенной среды. Количественное содержание хлорофиллов, каротиноидов их соотношения могут меняться в зависимости от степени воздействия техногенного стресса. В одних исследованиях отмечается увеличение количества пигментов в условиях техногенного стресса [2], в других работах отмечается уменьшения содержания фотосинтетических пигментов, нарушение нормального соотношения пигментов в листе и разрушение пигментов при воздействии высокими концентрациями загрязняющих веществ, в частности тяжелыми металлами [3].

Для создания благоприятной урбанизированной среды необходимо формировать полифункциональные устойчивые насаждения на основе анализа эколого-физиологического состояния древесных растений, в том числе *Tilia cordata* Mill., которая широко представлена в искусственных насаждениях различного экологического назначения [4].

Липа мелколистная реагирует на высокую степень загрязнения атмосферного воздуха уменьшением количества фотосинтетического пигмента в листьях. Максимальное снижение пигментов наблюдается к концу периода активной вегетации. Окислительный стресс растений ярко проявляется в неблагоприятных условиях урбаноcреды [5].

Таким образом, в научной литературе приведены разрозненные и не однозначные сведения по морфологическим, физиологическим, экологическим особенностям *T. cordata*, произрастающей в городской среде. Отсутствуют сведения по особенностям накопления и динамике фотосинтетических пигментов в ответ на воздействие приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха. Отсутствует информация по комплексной оценки

экофизиологических особенностей растений, испытывающих различное стрессовое воздействие.

Целью работы стало определение влияния урбанизированной среды на синтез хлорофиллов и каротиноидов в листьях *T. cordata*.

Материал и методы исследования

Объект исследования – липа мелколистная (сердцевидная) *T. cordata*.

Город Набережные Челны расположен в восточной части Республики Татарстан, с общей численностью населения 545 750 чел. (данные на 2023 г.). Годовое количество осадков в городе 652 мм, средняя годовая температура 4,5 °С. Основными загрязнителями атмосферного воздуха являются бенз(а)пирен, формальдегид, фенол, оксид углерода и азота, а также взвешенные частицы.

Объект исследования произрастал в составе различных экологических категорий насаждений: магистральные посадки (МП) (пр. Мира, ул. Машиностроителей), насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий (СЗЗ) (Камский литейный и кузнечный заводы ПАО «КамАЗ»). В качестве зоны условного контроля (ЗУК) выбрана территория Национального парка «Нижняя Кама» (Челнинское лесничество, в 15 км севернее границы г. Набережные Челны). На исследуемой территории были заложены стационарные участки по 5 штук площадью не менее 0,25 га. На каждом участке были обследованы по 20 особей липы мелколистной в возрасте от 35–40 лет [6].

Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха на данной территории являются взвешенные частицы (среднегодовая концентрация превышает ПДК в 2–3 раза), формальдегид (1,5–1,8 раза), фенол (1,1–1,3 раза), бенз(а)пирен (1,4–1,8 раза).

Магистральные насаждения расположены вдоль крупных магистралей пр. Мира и ул. Машиностроителей с расчетной интенсивностью движения 14 250 ед./сут. и 15 500 ед./сут. На выделенных участках отмечается очень высокие значения ИЗА. Среди приоритетных загрязняющих веществ выделяются бенз(а)пирен (превышения ПДК в 1,5–1,8 раза), формальдегид (1,5–1,9 раза), фенол (1,4–1,8 раза), CO₂ (в 1,7–1,9 раза).

Таким образом, выделенные для обследования участки отличаются степенью техногенной нагрузки. Максимальные уровень загрязнения зафиксирован в магистральных насаждениях.

Особенности метеорологических условий за период исследования представлены на рис. 1. Максимальные температуры воздуха отмечены: в июне и августе в 2021 г., в июле в 2018 г., что на 20–24 % выше средней многолетней температуры. В эти же периоды отмечается минимальное количество выпавших осадков. Данные годы характеризуются засушливым периодом вегетации.

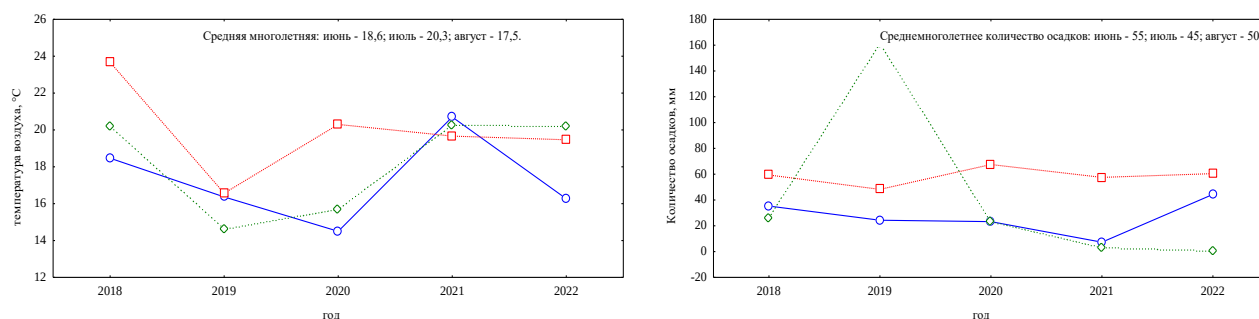


Рис. 1. Анализ метеорологических условий в период исследования

Примечание: -○- - июнь; -□- - июль; -◇- - август

Сбор растительного материала, пробоподготовка, определение пигментов в листьях спектрофотометрическим методом осуществлялся по общепринятым методикам. Для

проведения физиологических исследований листьев пробы срединных (ассимилирующих) листьев на годичных побегах брали со средней и нижней части (исключая нижние ветви) кроны древесных растений южной экспозиции. Для проведения лабораторных анализов содержания фотосинтетических пигментов брали смешанные пробы листьев в дневное время, в период наибольшей фотосинтетической активности (с 10:00 до 11:00 часов дня) [7].

В листьях древесных растений трижды в течение вегетации (июнь, июль, август) определяли содержание хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов, используя спектрофотометрический метод. Измерения проводили на спектрофотометре Spectrostar (Labtec) в 100 %-ной ацетоновой вытяжке при максимумах поглощения – 662 и 644 нм для хлорофилла *a* и *b* соответственно, и 440,5 нм – для каротиноидов. Для определения концентрации хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов использовали формулы Веттштейна.

С целью пересчёта содержания пигментов на массу сухого вещества определяли влажность листьев липы мелколистной [1].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием методов дисперсионного многофакторного анализа ANOVA (при последующей оценке различий методом TuKey HSD test и Scheffe test). В процессе сравнения и анализа полученных результатов использовали уровень значимости при $P < 0,05$. Для этой цели использовали программу «Statistica 12».

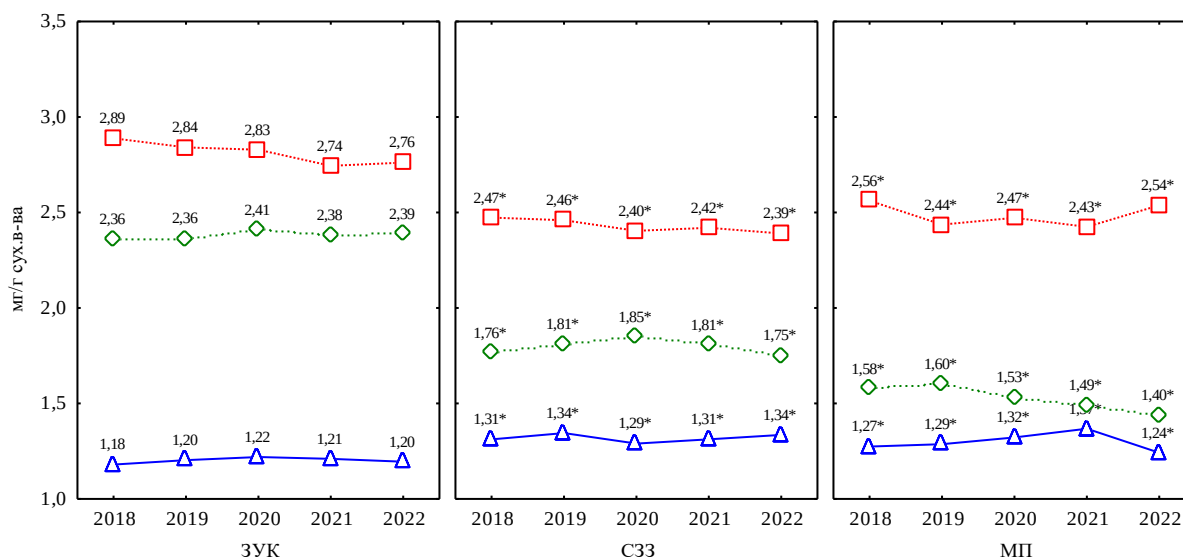
Результаты и обсуждение

Фотосинтетические пигменты в листовой пластинке древесных растений, в том числе и *T. cordata*, весьма чувствительны к воздействию техногенной среды [8]. В связи с этим оценка жизненного состояния и устойчивости к разнообразным стрессовым факторам древесных растений может быть определена по содержанию фотосинтетических пигментов [9]. Условия техногенного стресса негативно сказываются на содержании хлорофиллов, приводя к снижению продуктивности растений.

T. cordata в контроле синтезировала больше хлорофилла *a* в июле и августе за весь период проведения исследований ($P < 10^{-5}$). Следует отметить, что особи в насаждениях магистральных посадок и санитарных насаждений в начальный период активной вегетации (июнь) синтезировали больше хлорофилла *a*, чем растения в контроле. Данный факт, возможно, связан с запуском активных метаболических процессов в клетках растений, которые способствуют повышению скорости синтеза основного пигмента, что может выступать компенсацией последующего негативного воздействия загрязнителей на организм (рис. 2).

Динамика содержания хлорофилла *a* в листьях в летние месяцы имела схожую картину: повышение от июня к июлю, а затем его снижение к августу.

По результатам многолетних данных в магистральных посадках наблюдалось наибольшее загрязнение атмосферного воздуха. В августе на данной территории содержание хлорофилла *a* в листьях было минимальным: в 2018 – 1,58 мг/г сухого вещества, в 2019 – 1,60, в 2020 – 1,53, в 2021 – 1,49, в 2022 – 1,40, что ниже контрольных значений на 33, 32, 58, 37 и 41 % соответственно. Данный факт указывает на сильное разрушение основного пигмента фотосинтеза в условиях очень высокого техногенного стресса. В условиях СЗЗ, где отмечается менее интенсивное воздействие техногенного стресса, хлорофилл *a* также разрушается, но с меньшей силой, чем в условиях МП. В итоге *T. cordata* в условиях техногенного стресса различной интенсивности испытывает угнетение, снижает продуктивность и устойчивость к негативным внешним факторам.

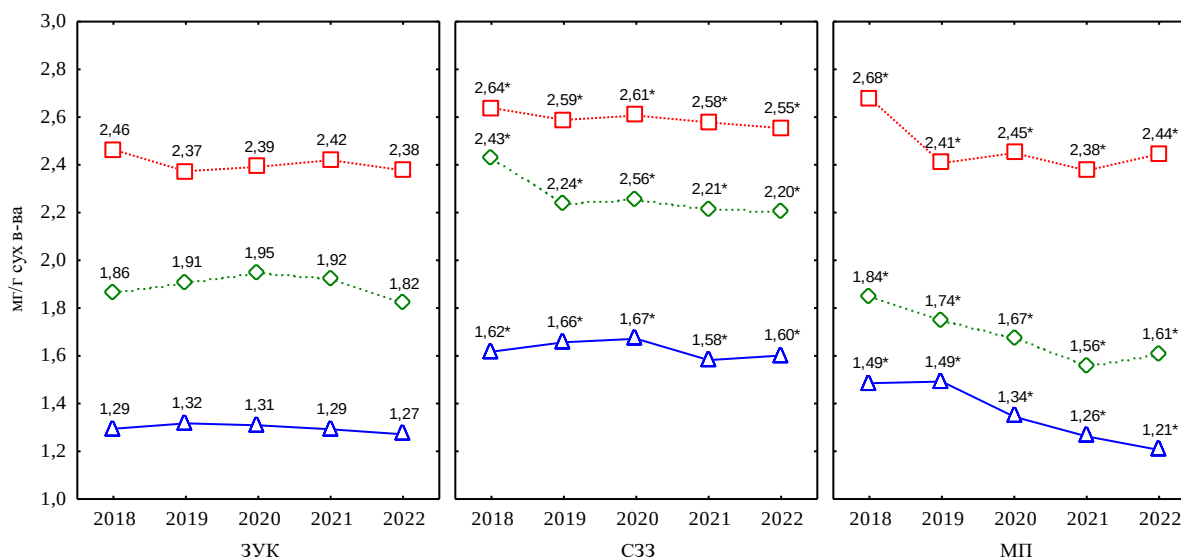
Рис. 2. Содержание хлорофилла *a* в листьях *T. cordata*

Примечание: -▲- – июнь; -■- – июль; -◆- – август, * – статистически значимые различия по сравнению с контролем

Высокое содержание хлорофилла *b* указывает на повышенную устойчивость вида, защищает от разрушения хлорофилла *a* [10, 11].

В насаждениях санитарных зон исследуемых заводских территорий содержание хлорофилла *b* в листьях было меньше: в июне на 0,29–0,36; июле на 0,32–0,43 и августе на 0,28–0,57 мг/г сухого вещества (при $P < 10^{-5}$), по сравнению с контрольными насаждениями (рис. 3).

В 2018–2020 гг. была сходной динамика содержания хлорофилла *b*: в июне и июле количество пигмента больше, а в августе меньше показателей контроля. В 2021 г. в течение всего сезона фиксировались меньшие значения содержания хлорофилла *b* в листьях, по сравнению с показателями в контрольных насаждениях.

Рис. 3. Содержание хлорофилла *b* в листьях *T. cordata*

Примечание: обозначения аналогичны Рис. 2.

T. cordata, произрастающая в санитарных насаждениях заводов литейный и кузнечный, на протяжении летних месяцев имела больше хлорофилла *b*, чем в контроле, сохраняя тенденцию за все время исследования.

Динамика содержания каротиноидов в листьях *T. cordata* в контрольных насаждениях имела одинаковую картину: вначале отмечался рост содержания каротиноидов к июлю, а затем его снижение в августе (рис. 4).

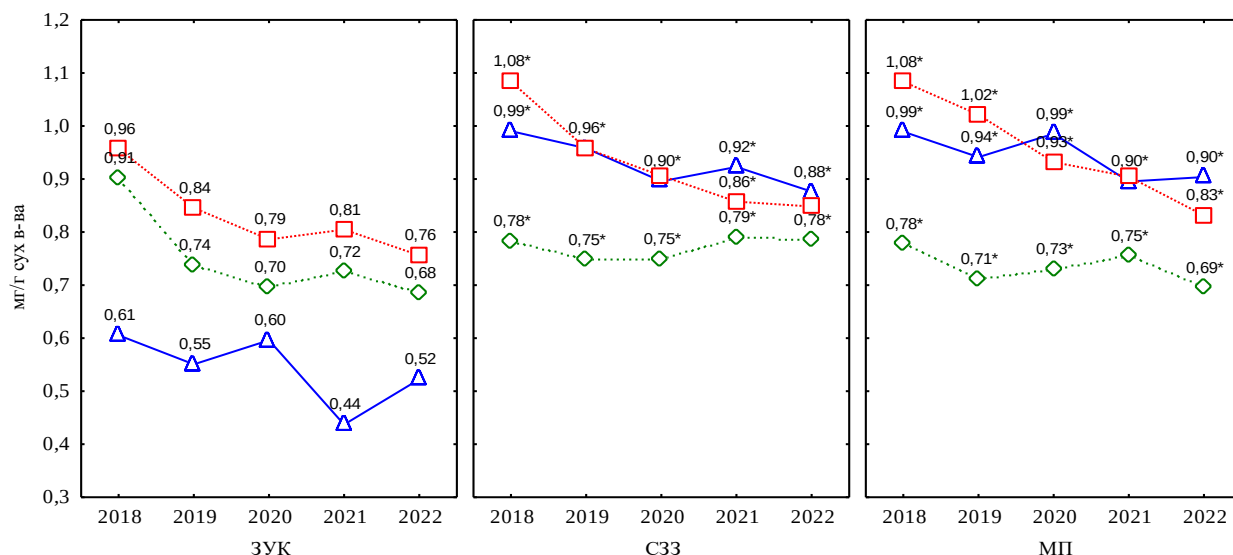


Рис. 4. Содержание каротиноидов в листьях *T. cordata*

Примечание: обозначения аналогичны Рис. 2.

В насаждениях, испытывающих повышенное и высокое воздействие аэротехногенных поллютантов, наблюдается закономерность в существенном повышении содержания каротиноидов в июне и июле, по сравнению с контролем, что способствует стабилизации протекания физиолого-биохимических процессов в условиях техногенного стресса. Данный факт указывает на формирование специфической адаптационной реакции *T. cordata* к условиям урбанизированной среды.

С целью выявления взаимосвязи содержания фотосинтетических пигментов и данных по аэротехногенным поллютантам был проведен корреляционный анализ. В ходе данного анализа выявлено, что содержание фотосинтетических пигментов в листьях у особей, произрастающих в санитарно-защитной зоне заводов отрицательно коррелируют с содержанием формальдегида в атмосферном воздухе (хлорофилла *a*: $r = -0,65$, при $p < 0,03$; хлорофилл *b*: $r = -0,92$, при $p < 0,0001$; каротиноиды: $r = -0,90$, при $p < 0,03$). Показатели содержания фотосинтетических пигментов в листьях исследуемых растений, произрастающих в магистральных посадках, отрицательно коррелируют с содержанием бенз(а)пирена и фенола в атмосферном воздухе (хлорофилла *a*: $r = -0,63$ и $r = -0,60$, при $p < 0,005$ и $p < 0,008$; хлорофилл *b*: $r = -0,63$ и $r = -0,66$, при $p < 0,005$ и $p < 0,003$; каротиноиды: $r = -0,54$ и $r = -0,55$, при $p < 0,021$ и $p < 0,019$).

Выводы

Многолетние исследования показали, что *T. cordata* имеет специфическую ответную реакцию фотосинтетического аппарата на разную интенсивность антропогенной нагрузки в различных категориях экологических насаждений урбанизированной среды.

В условиях высокого и очень высокого техногенного стресса (СЗЗ заводов кузнечный и литейный ПАО «Камаз», магистральных посадках пр. Мира и ул. Машиностроителей) у *T. cordata* проявляется специфическая адаптивная реакция, которая связана с реорганизацией

пигментного комплекса: повышение содержания каротиноидов и хлорофилла *b* в начале и середине активной вегетации.

Таким образом, в многолетних исследованиях показана специфическая реакция *T. cordata*, произрастающей на территориях с разным уровнем загрязненности атмосферного воздуха.

Исследования проведены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FNFE-2022-0009 «Поиск селекционно-ценного генетического материала для создания новых генотипов древесно-кустарниковых пород методами молекулярной селекции».

Список литературы

1. ГОСТ 24027.2–80. Сырьё лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. Взамен ГОСТ 6076–74; введ. 1981–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1980. 12 с
2. Кунина В. А., Белоус О. Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72), № 2. С. 108–118. doi: 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118.
3. Мамиева Е. Б., Ширнина Л. В., Попова В. Т. Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. в градиенте техногенного загрязнения г. Владикавказ // Лесотехнический журнал. 2022. Т. 12. № 2 (46). С. 30–42. doi:10.34220/issn.2222-7962/2022.2/3.
4. Методы полевых экологических исследований: учеб. пособие / О. Н. Артаев (и др.); под ред. А. Б. Ручина (и др.). Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. 412 с.
5. Методы биохимического анализа растений: учеб. пособие / под ред. В. В. Полевого, Г. Б. Максимовой. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 192.
6. Николайчук А. М., Вашкевич М. Н. Влияние выбросов предприятий цементной промышленности на содержание пигментов и каротиноидов в листьях и хвое древесных растений // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина. 2019. № 2 (54). С. 49–55.
7. Параскевопуло М. Ф., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Изучение пигментного состава некоторых видов древесных растений в условиях техногенного загрязнения города Красноярск // Хвойные бореальной зоны. 2017. Т. 35, № 1–2. С. 54–59.
8. Павлова Л. М., Котельникова И. М., Куимова Н. Г. и др. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 2. С. 98–104.
9. Сарсацкая А. С. Содержание фотосинтетических пигментов у древесных пород городских насаждений // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 4. С. 9–14. doi: 10.21603/2542-2448-2017-4-9-14.
10. Тюлькова Е. Г. Функциональные особенности фотосинтетической системы древесных растений в техногенных условиях // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2019. № 1. С. 32–39.
11. Уразильдин Р. В., Аминев К. З., Зайцев Г. А. и др. Сравнительная характеристика формирования пигментного комплекса дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях промышленного загрязнения // Карельский научный журнал. 2016. Т. 5, № 1 (14). С. 90–94.
12. Уромова И. П., Штырлина О. В., Дедюра И. С. Влияние антропогенных факторов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в городских условиях // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 12 (40). doi: 10.23649/JAE.2023.40.15.

Поступила в редакцию 09.10.2024 г.

Kuzmin P. A. Ecophysiological aspect of the content of photosynthetic pigments in the leaves of *Tilia cordata* Mill. in technogenic environment. – The paper presents long-term results on the ecophysiological aspect of the content of chlorophyll *a* and *b*, carotenoids in the leaves of *Tilia cordata* Mill. The object of study is located in areas with varying degrees of air pollutant intensity. In the plantations of sanitary and main plantings, the content of chlorophyll *a* in the leaves of the studied plants in June is higher, and in July and August it is lower than in the control. At the same time, in these plantings, plants have a higher content of chlorophyll *b* and carotenoids, which indicates the formation of a specific adaptive response, which is manifested in the restructuring of the pigment complex.

Key words: *Tilia cordata* Mill., photosynthetic pigments, urbanized environment, adaptation.

Кузьмин Петр Анатольевич

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, заведующий
лабораторией молекулярной селекции
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»
(ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград, РФ.
E-mail : kuzmin-p@vfanc.ru
ORCID : 0000-0002-1303-765X
AuthorID : 56192995500

Kuzmin Petr Anatolyevich

PhD in Agricultural Sciences, Leading researcher,
Acting head of the molecular breeding laboratory of the
Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated
Land Reclamation and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences.

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

2024

№ 3

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