ISSN 2077-3366

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
RUSSIAN FEDERATION

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

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

Научно-практический журнал

№ 1–2

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

№ 1–2

Founded in 1999

2023

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1–2

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»
Алемасова А. С., проф., д-р хим. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Глухов А. З., проф., д-р биол. наук	ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»
Демченко С. И., доц., канд. биол. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Мацюра А. В., проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»
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»
Соболев В. И., проф., д-р биол. наук	Гуманитарно-педагогическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»
Труш В. В., доц., канд. мед. наук	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Штирц А. Д., доц., канд. биол. наук (***отв. секретарь***)	ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий ДНР, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 03.02.00 – общая биология (приказ МОН ДНР № 1134 от 01.11.2016 г.). 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. 310
Донецкий государственный университет, биологический факультет
Тел.: +7 (856) 302-09-95; +7 (949) 419-59-19
Сайт журнала: http://donnu.ru/ecolog
e-mail: **eco-1999@mail.ru**

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» протокол № 6 от 30.06.2023 г.

© ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 2023

Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2023. № 1–2

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
Alemasova A. S.	Donetsk State University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Demchenko S. I.	Donetsk State University
Matsyura A. V.	Altai State University
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
Prokopenko E. V.	Donetsk State University
Safonov A. I.	Donetsk State University
Sobolev V. I.	Humanities and Education Science Academy Crimean Federal University
Trush V. V.	Donetsk State University
Shtirts A. D. (Managing editor)	Donetsk State University

Journal is included in the List of scientific specialized editions of Biological sciences of DPR: group of scientific specialties 03.02.00 – general biology (order of MES DPR № 1134 dated 01.11.2016).

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

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

Address of editorial board:
Faculty of Biology, Donetsk State University,
Schorsa str., 46/310, Donetsk, DPR, 283050, Russia.
Tel.: +7 (856) 302-09-95; +7 (949) 419-59-19
Web-site of journal: http://donnu.ru/ecolog
e-mail: **eco-1999@mail.ru**

Printed by decision of Donetsk State University Scientific Council
proc № 6 dated 30.06.2023

© Donetsk State University, 2023

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Беспалова С. В., Сафонов А. И. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса **6**

Гермонова Е. А., Сафонов А. И. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса **13**

Калинина А. В. Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации **23**

Мирненко Н. С. Сезонный анализ пыльцевых спектров сорно-рудеральных растений г. Донецка **29**

Мирненко Э. И. Семейство Hydrodictyaceae в водоемах Донбасса **35**

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

Амолин А. В. Обзор коллекции насекомых (Insecta) в экспозиции Зоологического музея Донецкого государственного университета **41**

Прокопенко Е. В. Пауки (Aranei) и сенокосцы (Opiliones) агроэкосистемы с. Малиновка (Гуляйпольский район, Запорожская область) **55**

Савченко Е. Ю. Фауна и экология наземных жесткокрылых некоторых агроценозов ДНР **60**

Штирц А. Д. Панцирные клещи окрестностей шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения **66**

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Виноградова Н. А., Попович В. П. Фармакогностическое изучение листьев *Lantana camara* L. из различных мест произрастания **71**

Демченко С. И. Антагонистическая активность природных штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. по отношению к фитопатогену *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. **77**

Фрунзе О. В. Сорбционная способность некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца **85**

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИОЛОГИИ

Балакирева Е. А., Гришун Ю. А. Эффективность физкультурно-оздоровительных занятий в коррекции нейроциркуляторной дистонии гипотензивного типа **92**

C O N T E N T S

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

Bespalova S. V., Safonov A. I. Mathematical modeling in the system of ecological phytomonitoring of Donbass **6**

Germonova E. A., Safonov A. I. Geoinformation visualization of data on atypical morphogenesis of plants of Donbass ecotopes **13**

Kalinina A. V. Taxonomic and ecological-coenotic analysis of early-flowering plants of some transformed ecotopes of the Donetsk-Makeevka agglomeration **23**

Mirnenko N. S. Seasonal analysis of pollen spectrum of weed-ruderal plants of Donetsk **29**

Mirnenko E. I. Family Hydrodictyaceae in reservoirs of Donbass **35**

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Amolin A. V. Review of the collection of insects (Insecta) in the exposition of Zoological museum of Donetsk State University **41**

Prokopenko E. V. Spiders (Aranei) and harvestmen (Opiliones) of agroecosystem in Malinovka village (Gulyaipolsky district, Zaporozhye region) **55**

Savchenko E. Yu. Fauna and ecology of ground Coleoptera in some agrocenoses of DPR **60**

Shtirts A. D. Oribatid mites in the environs mine № 2-bis of the Nikitovskoye mercury field **66**

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Vinogradova N. A., Popovich V. P. Pharmacognostic study of the leaves of *Lantana camara* L. from various places of growth **71**

Demchenko S. I. The antagonistic activity of *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich natural strains to the phytopathogen of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. **77**

Frunze O. V. Sorption capacity of some types of lawn grasses in conditions of controlled soil contamination with lead ions **85**

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF PHYSIOLOGY

Balakireva E. A., Grishun Yu. A. The effectiveness of physical fitness in correction of neurocirculatory dystonia of hypotensive type **92**

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

УДК 581.52 : 004.9 : 581.9 (477.60)

© **С. В. Беспалова, А. И. Сафонов**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФИТОМОНИТОРИНГА ДОНБАССА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283001, ДНР, г. Донецк, ул. Университетская, 24
e-mail: s.bespalova@donnu.ru, a.safonov@donnu.ru

Беспалова С. В., Сафонов А. И. **Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса.** – В рамках сформированной Программы развития регионального научно-образовательного математического центра «Азово-Черноморский математический центр» по разделу математического моделирования в задачах экологии предложена рабочая схема реализации аналитического эксперимента в следующих направлениях: 1) нелинейные процессы в биогеоценологии и оценки устойчивости региональных экосистем – степные, лесостепные, охраняемые, урбанизированные биотопы; параметры состояния локальных техногенных экосистем по данным фитомониторинга; 2) системы выявления экологического риска и трансформации природных сред – ключевые индикаторы, квантификация, фитоиндикационный мониторинг; 3) способы описания закономерностей развития и прогнозирования экосистем по геостратегическому картографированию – визуализация, прогнозные сценарии, определение точек эффективной антропогенной коррекции. Варианты моделей: морфогенетическая, маркерная (индикационная), квантификационная (мониторинговая), популяционная (демографическая), транспортная, трансграничная (миграционно-воздушная, миграционно-водная, фитосорбционная колонка). Используются принципы геостратегического картографирования и визуализаций, краткосрочных тенденциозных прогнозов по состоянию природных систем.

Ключевые слова: математическое моделирование, экология, фитоиндикация, мониторинг, Донбасс.

Введение

Для понимания происходящего в природе и обществе обязательно используется математический аппарат [9, 28, 32] – прикладной аспект моделирования сложных процессов взаимодействий [12, 21, 25, 29], благодаря которым осуществляются эволюционные приспособления организмов [10, 13, 14, 20, 32] и в целом продолжается жизнь.

Наиболее разработанным кластером экологического мониторинга в Донбассе является фитоиндикационный способ оценки неблагоприятных процессов, преимущественно загрязнения и трансформации открытых ландшафтных систем, что позволяет обобщить накопленный эмпирический массив данных [2, 4, 5, 8, 17, 19] с точки зрения теоретической биологии [13, 15, 20] и выделить перспективный математический аппарат в применении к задачам экологического моделирования фитосреды [3, 11, 23, 26, 27, 30].

Цель работы – на основании сформированных аспектов фитоиндикационной квантификации Донбасса выделить варианты математического моделирования, необходимые в реализации экологических программ региона.

Материал и методы исследования

По функциональному градиенту изучения природных сред с использованием растений-индикаторов обозначено несколько принципиально разных блоков сбора информации: 1) по физико-химическим и ботанико-географическим закономерностям в анализе нелинейных процессов в фитоценологии и механизмов, обеспечивающих устойчивость биосистем; 2) территориально-экологическое районирование в аспекте неблагоприятных факторов среды, загрязнения отдельными элементами, группами элементов, биотические взаимодействия; 3) способы визуализации данных и наглядной процедуры для принятия решений в менеджменте на региональном уровне в балансовых системах.

Многочисленный спектр математического осмысления и интерпретации фитоэкологических процессов реализован в следующих составляющих: алгоритмизация на

© **Беспалова С. В., Сафонов А. И., 2023**

основе геоинформационных систем [11, 25], методы многомерной статистики [20], конструкция информационных шкал [7], дешифровка растительности [3, 10], автоматизированный биомониторинг [6], квотирование антропогенной нагрузки на ландшафты и локальные природные комплексы [1, 8, 26, 29, 30], урбодиагностика [12, 22–24, 31]. Использован опыт работы лабораторий кафедр биофизики, аналитической химии, ботаники и экологии Донецкого государственного университета [2, 4–6, 16–19]. По структурно-организационному подходу накопленные данные рассмотрены в аут-, син- и симфитоиндикационном форматах.

Результаты и обсуждение

Сопряжение экспериментальной ботаники и математического аппарата, позволяющего решать научно-прикладные задачи в рамках осуществляемого экологического мониторинга, дает основу выделить актуальные направления для эмпирической системы центральной части Донбасса (с указанием объектов и аппаратной базы для моделирования).

1. ***Моделирование трансформационных процессов и причинно-следственных связей***. Характер ингредиентного загрязнения (промышленного, эндогенного, полемохорного). Установлены диапазоны накопления элементов Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Hf, Ta, W, Hg, Pb, Th, U в фитосубстратах индикационной значимости – мохообразных, листьях древесных растений, тополином пухе, в сорбционной колонке, миграция элементов по которой также представляет градиентный ряд, оперирующий математическими расчетными индексами скорости, периода полувыведения, активности в системе функционального взаимодействия, например, с белковыми комплексами в клетке. Эта часть работы выполнена в тесном сотрудничестве кафедр биологического и химического факультетов ДонГУ с Международной межправительственной организацией «Объединенный институт ядерных исследований» (г. Дубна).

2. ***Геохимическое моделирование***. Описание геохимического контраста среды, биогеохимическое вовлечение в процесс миграции атомов, соединений. Экологическая валентность видов является свойством живой материи отражать меняющиеся условия среды, что доказательно для контрастных характеристик техногенной трансформации экотопов; эта позиция справедлива для примеров анализа ценопопуляционных структур растений. Важной задачей является установление с помощью математических расчетов принадлежности к конкурентному и бесконкурентному ингибированию. При установлении геолокации возможно обнаружение патологических миграций атомов, что обусловливает появление геохимических аномалий и вызывает тераты у растений, например, Co-Sb-La (47°59'49,2"N; 37°47'52,4"E) – тератные пыльцевые зерна и фасциации осей соцветия *Dactylis glomerata* L., фасциация побегов *Centaurea diffusa* Lam.; Fe-Cs (48°02'28,5"N; 38°06'53,0"E) – гипергенезия листьев и гипогенезия побега *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph; Hg-Sb-Cd (48°04'05,9"N; 38°15'09,1"E) – пролификация цветков и соцветий *Plantago major* L., пролификация соцветий *Moehringia trinervia* (L.) Clairv.

3. ***Диагностическая модель «норма – патология»***. Оценка локальных токсических условий, учет аномалий геохимического и фитогенного характера, индуцированный мутагенез. Сопряженный функционально-физиологический процесс прямо или опосредованно имеет признаки преобразований на всей цепи задействованных структур, доступных для анализа в целях мониторинга. Например, в группе загрязнителей Cu-Sb-La (48°01'10,2"N; 37°47'26,3"E) отмечено петалоидное превращение листьев *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., дистопия листорасположения и изменение характера ветвления *Polygonum aviculare* L.; Tb-U (48°01'22,9"N; 37°48'50,3"E) – специализация трихом ретортообразного типа и полимеризация листьев *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., нетипичная пролификация спорофита *Bryum caespiticium* Hedw.; Zn-U (48°00'35,5"N; 37°48'56,2"E) – складчатость и деформация листовой пластинки *Berteroa incana* (L.) DC.

4. ***Эмпирические модели суммации и нейтрализма.*** Расчет суммационного эффекта техногенного или комплексного антропогенного импакта в эквиваленте на степень структурного и (или) физиологического отклика растений-индикаторов. Например, установлено для группы Hg-Sb-Cd (48°04'05,9"N; 38°15'09,1"E) – пролификация цветков и соцветий *P. major*, пролификация соцветий *Moehringia trinervia* (L.) Clairv.; Cu-Yb (48°01'17,0"N; 38°38'29,2"E) – фасциации листовых пластинок *Portulaca oleracea* L., дистопия гаметофита *Chamberlainia salebrosa* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob.; Hg-Sc-Zr (48°02'18,9"N; 38°46'02,3"E) – дистопия листорасположения *Alsine media* L., гипогенезия побега *Chelidonium majus* L.

5. ***Модели «доза – эффект»***. Задача ранжирования ландшафтного профиля по уровню промышленного и (или) токсикогенного импакта, установление коэффициентов значимости использованных фитоиндикаторов и биомониторов. Это условие соблюдается в градиенте территориального соответствия до тех пор, пока моно-вектор не пересекается с другими векторами напряжения; в таком случае поля воздействий перекрываются.

6. ***Диагностическая модель «норма реакции»***. Оценка фундаментального свойства растительной материи – структурной пластичности индикаторов в полевой диагностике; является фенотипической, что позволяет реализовывать долгосрочные мониторинговые наблюдения в условиях динамически меняющихся характеристик. Осуществлена попытка установления причинно-следственных связей в системе значений индикационных признаков, поскольку за период с 1997 по 2022 гг. можно выделить резкие флуктуации по уровню и специфике антропогенного воздействия на природные системы Донбасса.

7. ***Модели-связи.*** Кластерный и многомерный статистический анализ, конструирование дендрограмм для систематической и биохимической валентности видов, внутривидовых и надвидовых таксонов растений-индикаторов. В поиске индикаторных признаков важным критерием является систематическая принадлежность в идентификации сходных реакций растений у близкородственных таксонов. Также применяется метод ординации элементов на плоскости первых двух главных компонент, например, доказано совместное загрязнение в группах V-Mn-Fe, Na-Se-Rb-Ce-Nd-Eu-Tb-Yb-Hf и Mg-Al-P-S-Co-Ni-Cu-Sr-Mo-Cd-Cs-La-Sm-Hg-Pb, на основании чего были разделены причины загрязнения от разных объектов промышленного производства (для угледобывающей и углеперерабатывающей сферы, для вторичного эолового процесса урбанизированных территорий).

8. ***Пошаговые модели шкалообразования.*** Ординация дискретных показателей. Формирование индикаторных шкал. Если признак в строении растительного организма укладывается в диапазон структурной вариабельности по дискретным данным, то создается устойчивая предпосылка для формирования шкалы структурной пластичности признака с последующей эмпирической перепроверкой для установления интервальных значений соответствующему цифровому индексу. Базовым в этой серии экспериментов является корреляционный анализ.

9. ***Модель таксоноспецифичности.*** Устойчивость растительного организма может определяться как консервативностью, так и пластичностью структур; в каждом конкретном случае эта закономерность таксоноспецифична и соответствует индивидуальным трендам морфогенетических преобразований. Учет значений (цифровую базу) проводили по сочетанному накоплению индексов в семействе, если в его составе было определено не менее трех видов, проявляющих достоверную индикационную пластичность в ранжированном ряду напряжения отдельного экологического фактора. Цифровые матрицы анализировали методом корреляционных профилей в трех вариантах значений коэффициентов (по нормальным меткам, Стирлинга и Кенндалла), – как один из самых доступных в камеральных условиях обработки ботанического материла метод определения статистических ассоциаций. Для различных семейств были установлены специфические группы сопряженных процессов, например, для Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Rosaceae, Poaceae, Lamiaceae, Boraginaceae, Plantaginaceae, Pottiaceae, Bryaceae и Brachtheciaceae выделены признаки трансформации побегообразования и радикального изменения габитуса;

для Fabaceae, Plantaginaceae, Onagraceae, Scrophulariaceae, Pottiaceae и Bryaceae есть преимущественные отличия в строении листового аппарата, морфологии листа или частей листа, его микроструктур, включая трихомы, устьица, кутикулярный слой; для Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Polygonaceae, Apiaceae и Campanulaceae в большей степени характерны проявления структурной гетерогенности и атипичного полиморфизма для генеративных частей – цветка и соцветия растений.

10. ***Динамическое прогнозное моделирование.*** Оценка сукцессионных процессов, динамики состояния экотопов, локальных систем. Устойчивая тенденция 20–30-летнего опыта наблюдений за изменениями позволяет делать краткосрочные прогнозные сценарии развития систем с учетом разных факторов воздействия: восстановление промышленных объектов, уровни и степень воздействия на экосистемы и др. В эту группу моделирования отнесены и способы оценки нелинейных процессов в биогеоценотических связях. В соответствии с группами фитоиндикационных признаков (структурно-статистические, структурно-функциональные, интегральные) получены картографические рабочие продукты с визуализацией плоскостного распределения зон с разным уровнем воздействия, нарушенности, трансформации или зафиксированных процессов гармонизации и восстановления природных биогеохимических циклов в отдельных экотопах.

11. ***Модель-калькулятор*** для оценки жизненной стратегии отдельных видов растений-индикаторов, смены этой жизненной стратегии в разных сценариях трансформации окружающей среды и воздействия, например, доказаны эксплеренция, патиентизация для видов, имеющих эдификаторное значение в сообществах.

12. ***Модель-экосистема***. Подход системообразования в нормировании антропогенного воздействия для рассмотрения природных эталонных участков степной, лесостепной растительности, – отдельный математический аппарат для описания жизнедеятельности растений сорно-бытовых полигонов, растений-полемохоров в результате милитаризации региона.

13. ***Модель-эффект*** демонстрационного назначения. Визуализация распределения данных на картах разного целевого использования: 5- и 10-уровнего ранжирования данных, 3D-программ демонстрации очагов локализации неблагоприятных факторов воздействия, факторов риска и угнетения растительных организмов, возможность экстраполяции на показатели благосостояния для человеческого организма, вовлечение данных по уровню заболеваемости (включая эндемичные) – биомедицинская диагностика природных сред для функционального территориального назначения строительства и реконструкции улиц, зданий и сооружений разного эксплуатационного профиля: селитебных, рекреационных, транзитных, рудеральных, технических, санитарно-гигиенических, барьерных, защитных, промышленных зон, буферных территорий, экологических коридоров, ядер сетей как центров биоразнообразия и эталонных объектов природно-заповедного фонда. Проведено геостратегическое картографирование территории Центрального Донбасса по данным фитоиндикационного мониторинга. Во временном разрезе (с 1997 по 2022 гг.) и на примерах локальных сборов растительных образцов в отдельные сезоны выделены межгодовые разницы, определены тенденции изменения интерпретируемых экологических параметров, установлены тренды антропогенной нагрузки на природные системы в промышленно напряженном регионе.

Математическая квантификация в системе фитоиндикационных исследований рассмотрена как взаимоопыляемый процесс оценки и аппроксимирования всей совокупности информативных методов и данных, позволяющих устанавливать степень воздействия, уровни выносливости и направленность в развитии природно-ценотических комплексов растений. Предположительно перечисленные способы экологического моделирования антропогенно зависимых и квазиприродных систем могут быть основой для выбора наиболее значимых индикаторов качества и соответствия балансовым требованиям диагностируемых объектов, что для территории Донбасса является важной задачей на стадии восстановления и развития существующих природно-территориальных комплексов.

Выводы

Концептуальные подходы использования объектов биоты в экологическом мониторинге имеют широкий спектр реализации и разнообразные технологии получения информации о состоянии экосистем: на урбанизированных территориях, в условиях формирования специальных сетей наблюдения, при обеспечении безопасности, при экстремальных воздействиях, в том числе аварийного характера. В Донецком регионе также разработаны некоторые принципы и подходы для изучения локальных ландшафтов с использованием растений, что нуждается в постоянном математическом осмыслении в связи с получением новых результатов или использовании других методик анализа.

Продуктами ГИС-технологий и отдельного аутиндикационного математического моделирования в фитоиндикационном аспекте являются: полученные картографические варианты данных, зонирование территорий техногенного или условно техногенного риска, получение цифровой продукции по площадному соотношению разных интервальных значений фитоиндикационного содержания, возможный прогноз изменений в экотопах с учетом установленных тенденций последних лет, моделирование деградативных и конструктивных процессов на территории центральной части Донбасса.

Работа выполнена в рамках программы развития регионального научно-образовательного математического центра «Азово-Черноморский математический центр» и инициативной научной темы Донецкого государственного университета «Ботаника антропотехногенеза: индикация и оптимизация», № 0122D000085.

Список литературы

1. *Александрова Е. Ю., Милякова Л. В.* Методы экологических исследований. Мурманск : Мурманский арктический государственный университет, 2021. 109 с.

2. *Алемасова А. С., Сафонов А. И.* Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 5–13. https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-5-13

3. *Афонин А. Н., Соколова Ю. В., Бардаков Н. Н., Сахаров И. О.* Дешифрирование растительности северо-западного Приладожья по космической съемке высокого разрешения с использованием ординации по комплексу морфолого-физиологических показателей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 1. С. 147–156. https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-1-147-156

4. *Беспалова С. В., Горецкий О. С., Рева М. В., Прокопенко Е. В., Сафонов А. И.* Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций // Степная Евразия – устойчивое развитие. Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2022. С. 179–181.

5. *Беспалова С. В., Романчук С. М., Чуфицкий С. В., Перебейнос В. В., Готин Б. А.* Интегральная оценка антропогенной нагрузки на реку Кальмиус методом флуориметрии // Сб. науч. тр. VI съезда биофизиков России. Сочи: ООО Полиграфическое объединение «Плехановец», 2019. Т. 2. С. 331.

6. *Беспалова С. В., Романчук С. М., Чуфицкий С. В., Сергеева Е. С.* Концепция распределенного автоматизированного биомониторинга для Донбасса // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк : ЮФУ, 2016. Т. 2. С. 244–247.

7. *Бузук Г. Н.* Фитоиндикация с применением экологических шкал и регрессионного анализа: сравнение методик расчета // Вестник фармации. 2018. № 4 (82). С. 38–43.

8. *Гермонова Е. А.* Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019 : образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк : ДонНУ, 2019. Т. 2. С. 202–204.

9. *Епифанов А. В.* Квотирование нагрузки на водные объекты на основе математического моделирования // Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве. СПб. : СПбГУАП, 2021. С. 181–182.

10. *Епринцев С. А., Куролап С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В.* Мониторинг растительного покрова урбанизированных территорий по материалам дистанционного зондирования Земли // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк : ДонНУ, 2021. Т. 3. С. 74–77.

11. *Жильникова Н. А., Шишкин А. И., Епифанов А. В., Епифанова М. А.* Алгоритм управления перераспределением техногенной нагрузки для территориальных природно-технических комплексов на основе геоинформационных систем // Информационно-управляющие системы. 2017. № 1 (86). С. 93–101. https://doi.org/10.15217/issnl684-8853.2017.1.93

12. *Куролап С. А., Клепиков О. В., Прожорина Т. И., Клевцова М. А., Акимов Л. М., Епринцев С. А., Сарычев Д. В., Кондауров Р. А., Чубирко М. И., Лунева Е. А., Кузмичев М. К., Седых В. А., Суханов П. А., Акимов Е. Л., Преснякова Ю. А., Попова Л. В.* Урбоэкодиагностика промышленных городов Центрального Черноземья : монография. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2022. 255 с.

13. *Ризниченко Г. Ю.* Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие. М. : Юрайт, 2020. 181 с.

14. *Родина Л. И., Соловьева Н. А., Федоров Д. Л.* Математическое моделирование в биологии: теория, примеры, задачи. Ижевск : Издательский дом «Удмуртский университет», 2018. 74 с.

15. *Рубин А. Б., Ризниченко Г. Ю.* Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов : учебник. 3-е изд., пер. и доп. М. : Юрайт, 2019. Ч. 2. 185 с.

16. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.

17. *Сафонов А. И.* Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропотехногенеза (2022 г.) // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк : ДонНУ, 2022. Т. 3. С. 113.

18. *Сафонов А. И., Глухов А. З.* Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021 а. № 28. С. 16–28.

19. *Сафонов А. И., Глухов А. З.* Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021 б. Т. 4, № 3. С. 195–202. https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202.

20. *Смирнов В. Э.* Функциональная классификация растений методами многомерной статистики // Математическая биология и биоинформатика. 2007. Т. 2, № 1. С. 1–17.

21. *Domnina E. A., Adamovich T. A., Timonov A. S., Ashikhmina T. Ya.* Thematic interpretation of high-resolution satellite images of vegetation based on field research data // Theoretical and Applied Ecology. 2020. N 3. P. 41–45. https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-041-045

22. *Konovalov I. B., Golovushkin N. A., Beekmann M., Andreae M. O.* Insights into the aging of biomass burning aerosol from satellite observations and 3D atmospheric modeling: Evolution of the aerosol optical properties in Siberian wildfire plumes // Atmospheric Chemistry and Physics. 2021. Vol. 21, N 1. P. 357–392. https://doi.org/10.5194/acp-21-357-2021

23. *Krutskikh N.* Modelling the structure of terrestrial landscapes in urban areas // Quaestiones Geographicae. 2021. Vol. 40, N 1. P. 39–49. https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0003

24. *Kuznetsov I., Panidi E., Kikin P., Kolesnikov A., Korovka V., Galkin V.* Issues of geographic information systems and thematic mapping application to analysis of epidemiological situation in large cities // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2021. Vol. 43. P. 287–292. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2021-287-2021

25. *Makarova M. V., Alberti C., Ionov D. V., Hase F., Foka S. Ch., Virolainen Y. A., Kostsov V.S., Poberovskii A. V., Timofeyev Y. M., Volkova K. A., Zaitsev N. A., Biryukov E. Y., Osipov S. I., Polyakov A. V., Imhasin H. Kh., Mikhailov E. F., Blumenstock T., Warneke T., Frey M., Makarov B. K.* Emission monitoring mobile experiment (EMME): an overview and first results of the St. Petersburg megacity campaign 2019 // Atmospheric Measurement Techniques. 2021. Vol. 14, N 2. P. 1047–1073. https://doi.org/10.5194/amt-14-1047-2021

26. *Myshko R. A., Kurakina N. I.* GIS for assessment and modeling air pollution by industrial facilities // Proceedings of the 2021 IEEE. 2021. P. 1789–1802. https://doi.org/10.1109/ElConRus51938.2021.9396270

27. *Petrunina N. S., Lebedeva S. D., Karpova E. A., Ermakov V. V.* Biogeochemical monitoring of natural-man-made anomalies: role of Cryptogamous plants. Biogeochemistry and Geochemical Ecology. M. : Publ. GUN NPC TMG MZ RF, 2001. P. 169–176.

28. *Perlman J., Hijmans R. J., Horwath W. R.* Modelling agricultural nitrous oxide emissions for large regions // Environmental Modelling & Software. 2013. Vol. 48. P. 183–192. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.07.002

29. *Salugin A. N., Vlasenko M. V., Kulik A. K., Pleskachev Yu. N.* Modeling of ecosystem dynamics: nonlinearity and synergetics // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012003. https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012003

30. *Stepanova V. I., Trofimetz L. N., Saraeva A. M., Tyapkina A. P., Chaadaeva N. N., Alexandrova A. P.* Ecological and economic interpretation of the soil map constructed by the method of plastic of relief // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. P. 012128. https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012128

31. *Yeprintsev S., Kurolap S., Klepikov O., Shekoyan S.* Assessment of the impact of technogenic air pollution on the social processes of large urbanized regions // E3S Web of Conferences, 2020. P. 03009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021503009

32. *Zhuravleva T. B., Nasrtdinov I. M., Konovalov I. B., Golovushkin N. A., Beekmann M.* Impact of the atmospheric photochemical evolution of the organic component of biomass burning aerosol on its radiative forcing efficiency: A box model analysis // Atmosphere. 2021. Vol. 12, N 12. https://doi.org/10.3390/atmos12121555

Bespalova S. V., Safonov A. I. **Mathematical modeling in the system of ecological phytomonitoring of Donbass**. – Within the framework of the formed Development Program of the regional scientific and educational mathematical center «Azov-Black Sea Mathematical Center» in the section of mathematical modeling in environmental problems, a working scheme for the implementation of an analytical experiment in the following areas is proposed: 1) nonlinear processes in biogeocenology and assessment of the stability of regional ecosystems – steppe, forest-steppe, protected, urbanized biotopes; parameters of the state of local man-made ecosystems according to phytomonitoring data; 2) systems for identifying environmental risk and transformation of natural environments – key indicators, quantification, phytoindication monitoring; 3) methods of describing the patterns of development and forecasting of ecosystems by geostrategic mapping – visualization, forecast scenarios, determination of points of effective anthropogenic correction. Variants of models: morphogenetic, marker (indication), quantification (monitoring), population (demographic), transport, cross-border (migration-air, migration-water, phytosorption column). The principles of geostrategic mapping and visualization, short-term biased forecasts on the state of natural systems are used.

Key words: mathematical modeling, ecology, phytoindication, monitoring, Donbass.

УДК 574 : 58.632 : 581.4 : 502 (477.60)

© **Е. А. Гермонова[1], А. И. Сафонов[2]**

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПО АТИПИЧНОМУ МОРФОГЕНЕЗУ РАСТЕНИЙ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

[1]ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
Россия, 283000, ДНР, г. Донецк, ул. Артема, 58
[2]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: germonova@mail.ru, andrey_safonov@mail.ru

Гермонова Е. А., Сафонов А. И. **Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса.** – Для территории мониторинговой сети центральной части Донбасса построены 10-интервальные визуализационные модели распределения данных о состоянии растений-индикаторов по частоте встречаемости проявлений атипичного морфогенеза. Представлен картографический материал в сравнении подсчетов по суммарному показателю фитотератогенности территорий за 2017 и 2022 гг. Использован принцип 10-балльной шкалы с шагом в 6 значимых единиц, начиная со второго интервала. Проанализированы динамические территориальные тренды – профили показателей общей тератогенности экотопов Донбасса по линиям, соединяющим крайние точки в направлениях «юго-запад – северо-восток» и «северо-запад – юго-восток». Суммарный коэффициент атипичного полиморфизма растений-индикаторов был разделен на два функциональных блока для отдельного картографирования: по вегетативной и генеративной составляющим морфогенеза. Получены визуализационные картографические материалы для территориального анализа аспектов антропогенной трансформации открытых природных систем в Донбассе.

Ключевые слова: картография, фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг, тератогенез растений, ГИС-анализ в экологии.

Введение

Экологический мониторинг в регионах глубоких антропогенных трансформаций является обязательной процедурой [26, 28], для проведения которой используют все доступные данные натурного эксперимента [5, 8, 16] и последующих стадий вторичной обработки информации [9, 14]. Наиболее распространен в системе визуализации состояния экотопов именно картографический способ [1, 6, 23], поскольку полученный продукт позволяет оперировать сразу всем массивом сведений и ранжировать всю территорию по континуальным и дискретным критериям [7, 27], с целью дальнейших действий по контролю и управлению в развитии региональных экосистем [29, 31]. В основе реализуемой для территории Донбасса программы фитоиндикационного мониторинга [3, 15, 20, 30] лежит фундаментальный процесс – повышение уровня структурного полиморфизма пластичных тканей и органов как следствие меняющихся условий среды по стресс-факторам для растительных организмов [13, 25].

Цель работы – реализовать процедуру визуализации и первичного анализа геоинформационных данных, основанных на показателях атипичного морфогенеза (морфологического тератогенеза) растений-индикаторов в условиях экотопов мониторинговой сети центральной части Донбасса с 2017 по 2022 гг.

Сформулированная целевая программа объединяет накопленный опыт идентификации тератогенных проявлений в растениях Северного Приазовья [3, 10, 17, 18, 21, 30] и способы картографирования геоинформационных сведений в рамках 113-компонентной сети мониторинга [2, 4, 11, 19, 21, 22].

Материал и методы исследования

В ГИС ArcView 10.4 был разработан авторский проект связывания общим информационным полем 113 узлов (учетных площадок) мониторинговой сети центральных районов Донбасса с точностью геолокации (установленного геолокалитета) ±5 м. Механизм конструирования сети наблюдений описан ранее [19], в том числе по базовой части на топографических картах 1:10000 и 1:100000 масштабирования. Использована общедоступная система координат WGS 1984 Web Mercaror и модули Spatial Analyst и 3-D Analyst.

© **Гермонова Е. А., Сафонов А. И., 2023**

Основной задачей картографирования было получение разборчивой в дифференциации визуализационной модели распределения характеристик состояния растений-индикаторов, отражающих уровень совокупностей неблагоприятных факторов среды. Такую задачу также нужно было решать эмпирически, – что касается подбора диапазонов для предложения рабочей шкалы варьирования суммарного и дискретных показателей. Выбор подходящих для континуальной плоскостной визуализации пошаговых значений общего критерия total teratogenesis (TT) ограничился верхней границей в 54 единицы тератогенеза и сужением первого диапазона варьирования от нуля до 3,1 единиц фиксированного атипичного полиморфизма растений. Опыт внедрения 5-балльной шкалы варьирования суммарного показателя тератогенеза [21], показал менее дробную специфику переходных градаций, что больше соответствует задаче очерчивания зон максимального и минимального характера проявлений у растений структурно значимых в полевой диагностике отклонений от нормы.

Видовое разнообразие индикационных объектов совпадает с опубликованными материалами [17, 18, 20, 30]. Методика идентификации и подсчета тератных форм (тератоморф) растений описана в предыдущих публикациях [17, 18], учтена терминология современной ботанической номенклатуры [12, 24]. В работе использовали данные с 2017 по 2022 гг. – суммы идентифицированных морфотипов за 6 экспедиционных маршрутных выездов для каждой учетной площадки (ежемесячно с мая по октябрь). Впервые проведена обратная дивергентная процедура по дискретным признакам, соответствующим данным по морфогенезу отдельно вегетативных (критерий TTv) и генеративных (TTg) органов и тканей.

Для визуализации динамики показателей 5-летней межгодовой разницы использован метод профилирования, соединяющий по прямой линии крайние значимые точки экспозиции данных на карте.

Результаты и обсуждение

Распределение данных общего тератогенеза, сопряженного с неблагоприятными факторами среды, было визуализировано по 10 интервальным значениям. Результаты эксперимента для 2017 г. представлены на рис. 1, для 2022 г. – на рис. 2.

Аккумулирования высоких уровней атипичного полиморфизма растений-индикаторов характерны для урбанизированных территорий, которые стратегически функционально и исторически сопряжены с расположением объектов промышленности в Донбассе. По площадным закономерностям динамики значений зоной стабильности остаются средние показатели критерия тератогенности территорий – интервалы 4, 5 и 6, которые по общей емкости информационной сети формируют массив 43 % всех переходных индексов. Основной тенденцией определена положительная динамика вдоль широкой линии западных и северо-западных краевых точек в совокупностях 1–9, 16–18, 43–47, 63, 64, 68–70, 81–88. По дислокации эти точки также соответствуют западным районам Донецко-Макеевской агломерации и г. Енакиево в агломерации с южной частью г. Горловки. Такое облакоподобное планомерное смещение полей высоких уровней угнетения растений в определенной степени может быть сопряжено с доминирующими восточными ветрами в регионе, сдвигающими фоновые показатели неблагоприятных факторов загрязнения (например, воздушной среды) в западном направлении от центров урбанизированных систем. Отдельные локации увеличений тератогенности среды с 2017 г. по 2022 г. отмечены для западных районов г. Харцызска (точки 75 и 76), северной части г. Зугрэса (точка 102) и для г. Шахтерска (точка 111). Такие три очерченных геолокалитета свидетельствуют о возможном начале работы отдельных предприятий-загрязнителей в указанных населенных пунктах, а также это, по-видимому, связано с миграционными потоками и уплотнением населения Донбасса в городах с более тыловыми характеристиками размещения – дальше от линии непосредственной военной конфронтации.

Самая большая межгодовая разница зафиксирована в переходе сравнений вегетационных сезонов с 2021 по 2022 гг., что может быть объяснимо интенсификацией военных событий с 2022 г.

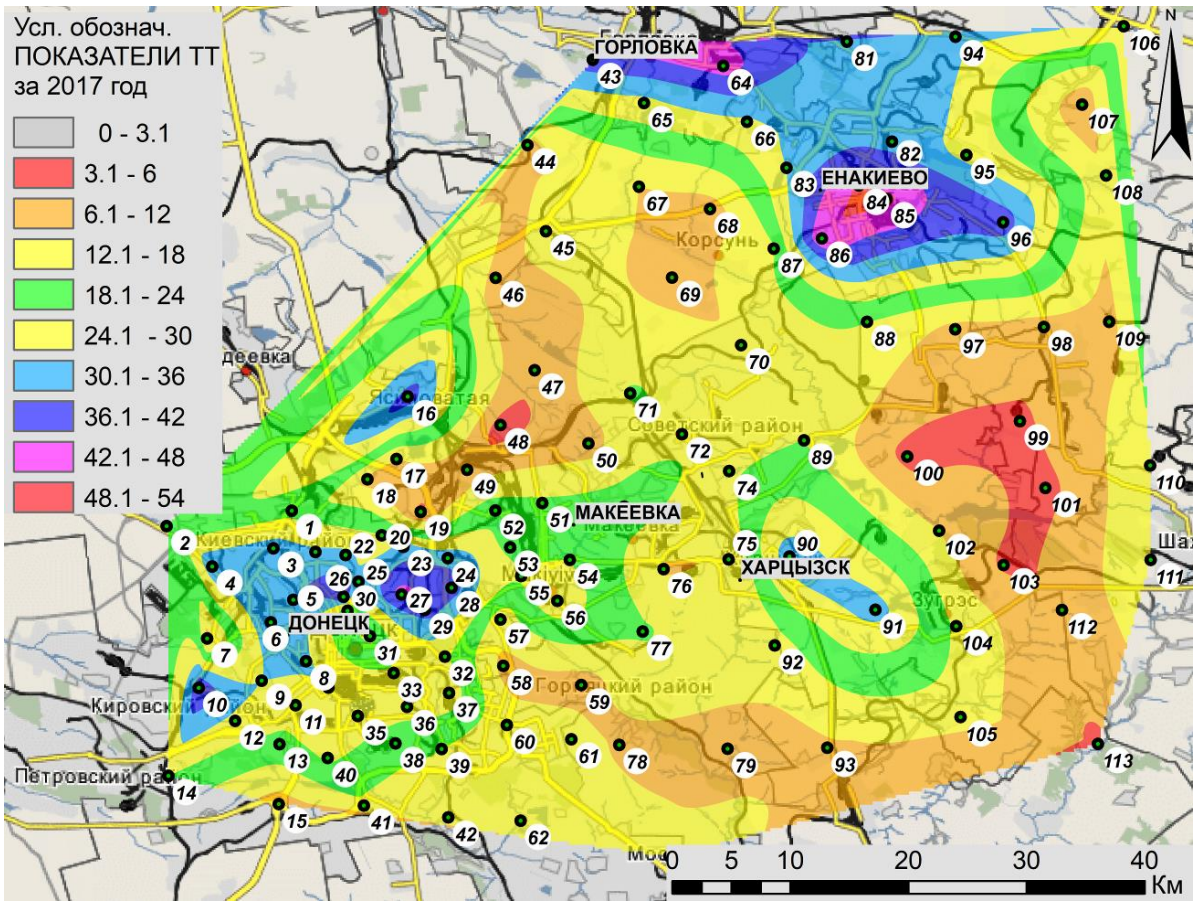

Рис. 1. Распределение показателя фитотератогенности на территории Донбасса (2017 г.)

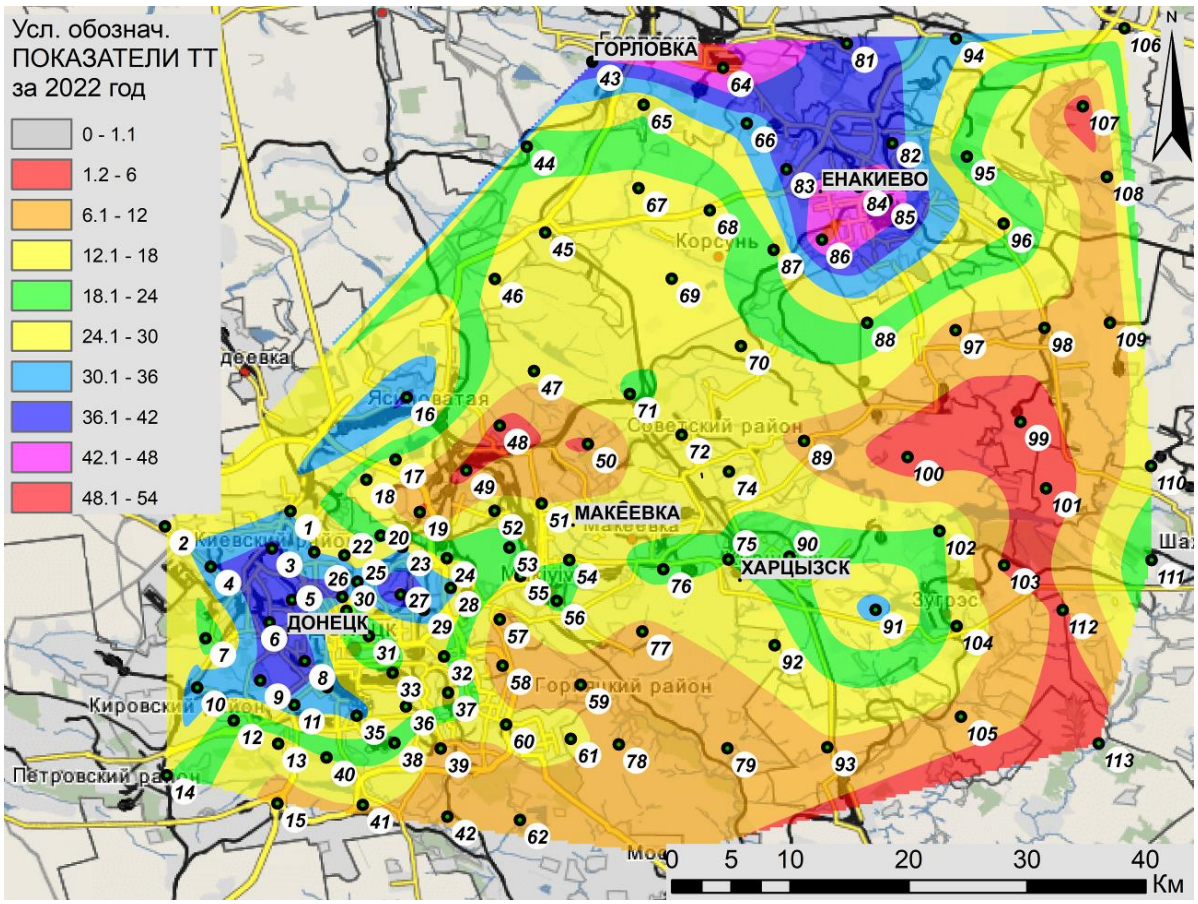

Рис. 2. Распределение показателя фитотератогенности на территории Донбасса (2022 г.)

Полученный картографический материал в основной своей представленности дает фоновую континуальную характеристику для 90–95 % территории, однако в межгодовой и 5-летней разнице данные дифференцируемы для 41 % территории в переходе с одного интервала значений к соседнему. На 9 % территории наблюдается скачок (за 5 лет) в два интервальных значения, если оперировать 10-балльной шкалой.

Методически правильным является формирование не только плоскостного ранжированного распределения данных (карты на 10 интервальных значений, как показано на рис. 1 и 2), но и дополнительные аналитические манипуляции по выявлению закономерностей развития систем, что также рекомендуется и в специализированной научной литературе по картографии [1, 5, 7, 9, 14, 23]. Поэтому дополнительная визуализация данных существующего геоинформационного поля была организована также в построении линейных профилей (рис. 3 и 4), континуально объединяющих распределение значений не по учетным площадкам, а по рассчитанным системой индексам в местах между мониторинговыми точками; при этом базовая линия ограничена в начальной и конечной позициях именно принадлежностью к крайним геолокалитетам учетных площадок.

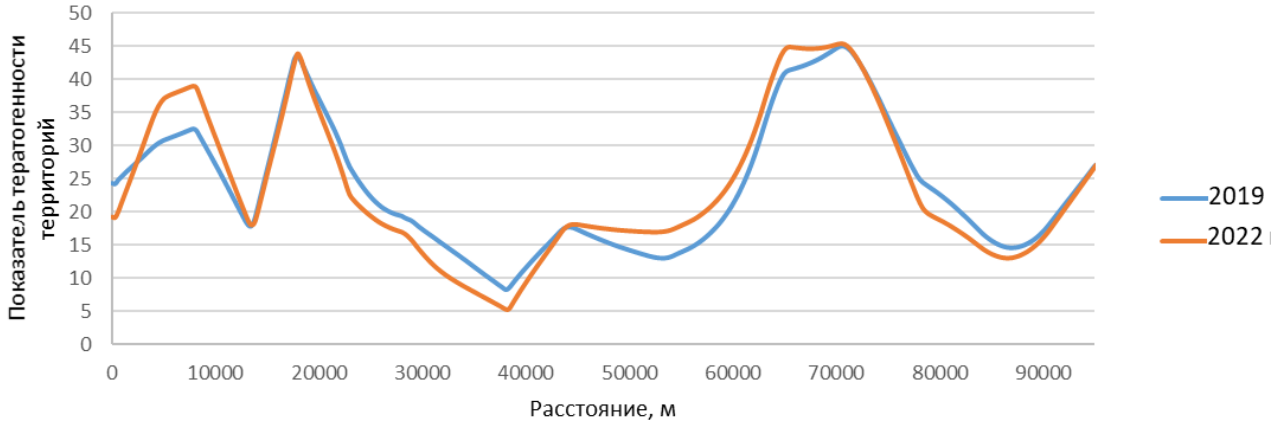

Рис. 3. Профиль показателей общей тератогенности территорий Донбасса по линии между крайними актуальными локалитетами 12 и 106 (мониторинговая сеть [19] региона) в направлении «юго-запад – северо-восток», динамика флуктуирующих показателей в сравнении 2019 и 2022 гг.

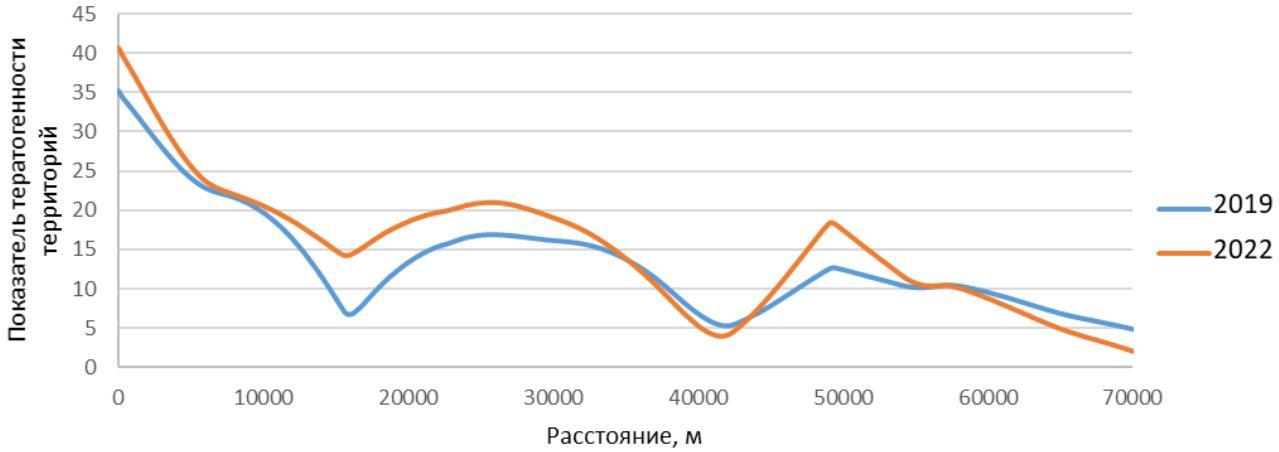

Рис. 4. Профиль показателей общей тератогенности территорий Донбасса по линии между крайними актуальными локалитетами 43 и 113 (мониторинговая сеть [19] региона) в направлении «северо-запад – юго-восток», динамика флуктуирующих показателей в сравнении 2019 и 2022 гг.

Результаты обратного дивергентного эксперимента по обособлению данных атипичного морфогенеза для вегетативных и генеративных структур (экспедиционные сборы 2022 г.) представлены на рис. 5 и 6, что позволяет проследить не только специфику территориальной локализации аномалий разных функциональных сфер, но и выделить наиболее динамичные признаки по пластическим характеристикам растений-индикаторов.

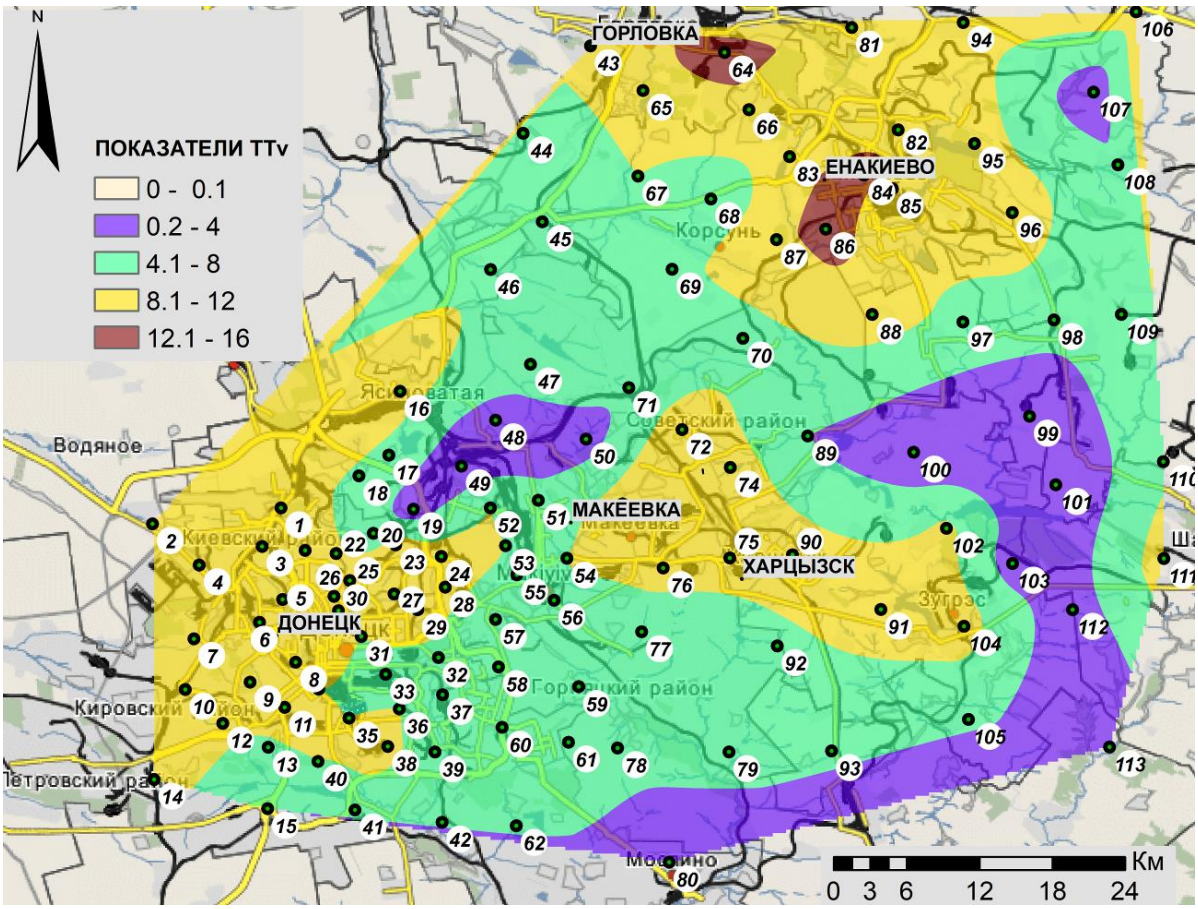

Рис. 5. Показатель атипичного морфогенеза вегетативных органов растений в Донбассе (2022 г.)

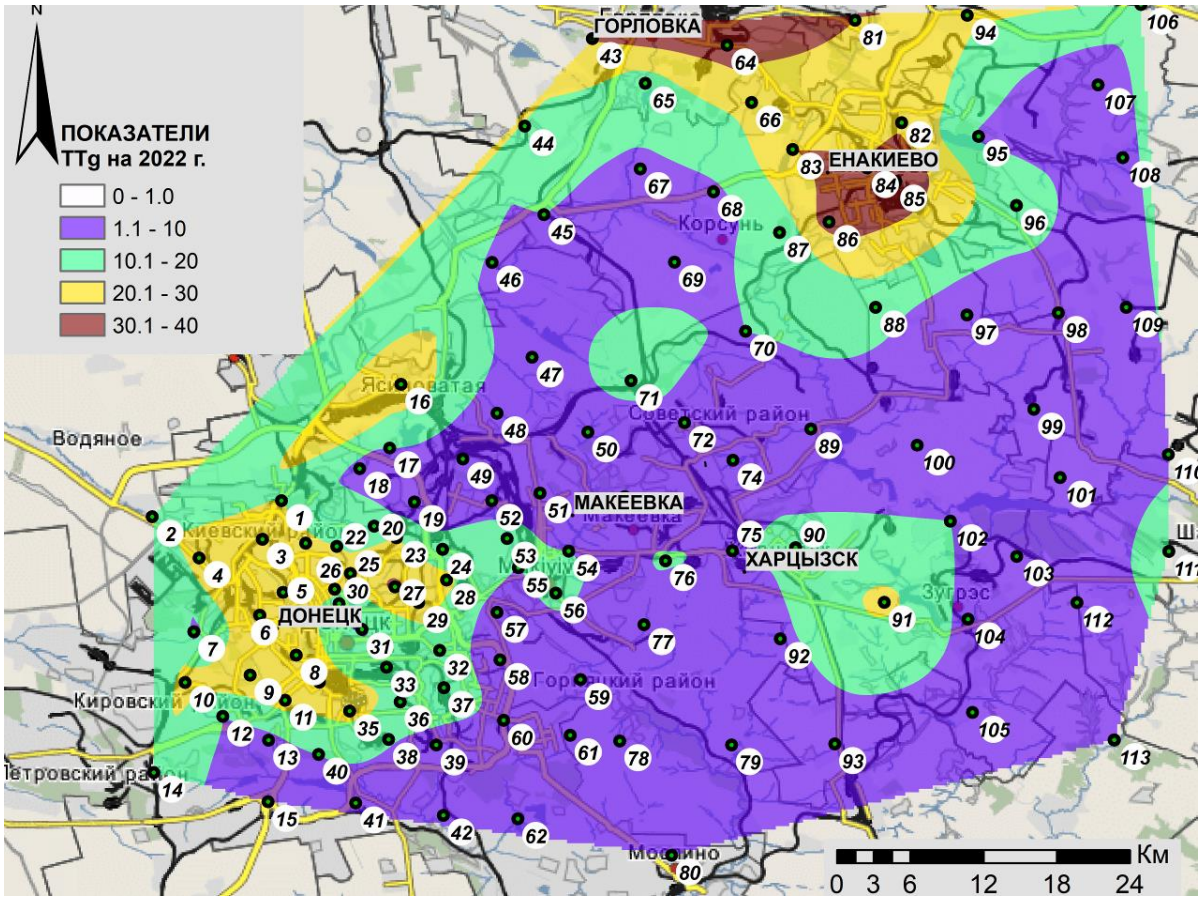

Рис. 6. Показатель атипичного морфогенеза генеративных органов растений в Донбассе (2022 г.)

Данные по суммарной гетерогенности растительных индикаторов являются обобщенно консервативными, имеющими достоверную визуализационную разницу в интервале не менее 5–7 (20) лет сравнений, поскольку в представленной работе содержится только часть общего эксперимента фитомониторингового содержания в Донбассе [17, 30]. В таких ситуациях возникает необходимость дробного оперирования значениями положительной и отрицательной динамики критерия общего тератогенного фона территорий всей мониторинговой сети, что доступно при реализации целевых сборов данных за период с 2017 по 2022 гг. В одновременно выполняемой работе [21] были проанализированы результаты профилирования в строго меридиональном направлении (направление «север – юг») и вдоль параллелей («запад – восток»).

Основной зоной существенного и достоверного увеличения показателя ТТ является «красная линия» военного конфликта, начатого с 2014 г. и продолжающегося по сегодняшний день, – линия профиля соединяет западные части городов Донецк, Ясиноватая и Горловка. Эта линия характеризуется шириной 5–7 км. Следующую за ней территорию вглубь зоны обследования условно можно назвать «серой зоной». Отмечены также два меридиональных экологических коридора «условного благополучия» природных систем в восточной части г. Макеевки и на участке между Харцызском и Зугрэсом, что также сопряжено с наличием в этих местах объектов минимальной хозяйственной деятельности человека и перспективного природно-заповедного фонда Донецкой Народной Республики.

Ландшафтное профилирование территории является в данном эксперименте вторичной иллюстративной операцией для демонстрации трехлетней разницы по индикаторному критерию состояния экосистем. Поскольку данные за период 2017–2019 гг. не характеризовались существенной разницей, то для демонстрации динамики были обозначены годы с 2019 по 2022 включительно (см. рис. 3 и 4). Такой метод может быть реализован и в результате полевых сборов образцов, однако на практике заложить такой профиль не получается с учетом требований к локализации стационаров мониторинговой программы (в первую очередь – однородность естественных географических характеристик). Профиль в соответствии с линиями параллелей (с запада на восток) по средней части всей территории исследования позволяет установить существенное увеличение общей тератогенности в западных участках и в зоне импакта Харцызской, Зугрэсской и Шахтерской агломерационных систем.

При анализе профилей «юго-запад – северо-восток» и «северо-запад – юго-восток» (см. рис. 3 и 4) были отмечены следующие особенности:

1) первая линия имеет протяженность 97 км с неизменяемыми за 5 лет параметрами в 8 км (в центральной части агломерации «северо-восточная часть Донецка – Макеевка») и 3,5 км в восточном направлении от г. Енакиево; вторая линия протяженностью 70 км не имеет совпадающих значений графиков, но характеризуется меньшим диапазоном варьирования анализируемого показателя ТТ в целом по всей градации;

2) для обоих графиков (см. рис. 3 и 4) характерна экологически значимая тенденция: усиление изначально высоких показателей и ослабление первоначально минимальных значений по характеристикам установленного уровня тератогенности территорий; максимальные показатели также соответствуют зоне активных боевых действий и центральным урбанизированным системам в Донбассе (Енакиево, Горловка, Донецк – Макеевка) и городским системам второй величины – Харцызск, Зугрэс, Шахтерск, Ясиноватая;

3) характер морфологии профилей в сравнении 2019 и 2022 гг. сохранился, точки территориально связанных экстремумов не изменились, – увеличилась крутизна графиков и диапазон варьирования признаков вдоль линии профиля по характеристикам 2022 г., что является прямым доказательством существенно увеличивающегося уровня антропогенной трансформации экосистем Донбасса в настоящее время;

4) на основании эмпирических сведений рекомендовано считать территории с интервальным диапазоном от нуля до 20 значимых единиц (включительно по критерию TTg)

– местами с благоприятным развитием фитосистем, находящихся в состоянии своей физиологической нормы выносливости по существующим воздействиям экзофакторов (см. рис. 6, диапазоны 1–3).

Зонами критического состояния фотосистем (3–5 % всей территории) определены исключительно городские агломерации, это характерно и для многолетних наблюдений по фиксированию значений фитомониторинга в Донбассе.

Если отдельно проанализировать линию информационного профиля с севера на юг, то она сначала затрагивает участки максимального тератообразования растений в Горловско-Енакиевском промышленном узле, – первые 44 из 68 км профиля – показатель за три года увеличился, тогда как при продвижении южнее наблюдается обратная зависимость и показатель ТТ имеет тенденцию к уменьшению на 1–6 значимых единицы, район населенного пункта Моспино характеризуется меньшими показателями по всей линии профиля. Технология внедрения профильной градации также является механизмом ординационного способа визуализации данных с целью обнаружения экстремумов значения функции (по совокупности неблагоприятных условий, индицируемых уровнем атипичного полиморфизма растений-индикаторов).

Для процедуры сравнения показателей TTv и TTg были визуализированы данные в картографических моделях 5-балльного оценивания, хотя значимыми эмпирически были установлены только 4 диапазона варьирования этих суммарных признаков. Первый диапазон выделен номинально для картографической визуализации территорий со значениями, асимптотически стремящимися к нулю. Атипичный морфогенез вегетативных органов характеризовали шкалой с равным пошаговым изменением в 4 единицы, а для генеративной сферы, соблюдая этот же принцип 4-интервальных равных степеней по всей гетерогенности, шаг интервального значения равен 10 (см. рис. 5 и 6). Эта разница указывает на определяющий вклад признаков атипичного полиморфизма растений со стороны пластичности дискретных генеративных структур (строение и качество пыльцевых зерен, зародышевых, конформационных и покровных гистологических образований, также и в карпологическом отношении, особенностей взаимного расположения частей в цветках и соцветиях, нетипичная архитектоника всей генеративной части растений (верхние формации), а также других признаков атипичного морфогенеза растительных организмов). Используемые признаки в строении растений по вегетативному критерию были связаны с частыми соматическими проявлениями на уровне морфологической патологии по микроструктурам поверхностей (скульптура, орнаментация, опушение, общая морфология и архитектоника органов) и внутренних тканей листового аппарата и побеговой системы (без учета соцветий) растений-индикаторов.

Примечательным является факт, доказывающий необходимость проведения именно комплексного суммационного анализа в аспекте обсуждаемого экологического эксперимента, что, по-видимому, также справедливо и в оценке мутагенного фона территорий. В этом контексте установлено, что геостратегическая визуализация получается более реалистичной при использовании общего коэффициента напряженности факторов стресса (см. рис. 2). Тогда как отдельно взятые критерии даже укрупненных групп признаков (по генеративной и вегетативной составляющим на рис. 5 и 6), не позволяют дробно и более четко ранжировать зоны изучаемой мониторинговой площади. В этом экспериментально подтвержденном и теоретически ожидаемом факте прослеживается некоторая диалектика проявления природных откликов в ответ на действие неблагоприятных факторов среды.

В анализируемых точках большей трансформации подвергаются признаки ТТ генеративной сферы строения и функциональной активности растения, что во многом указывает на изменения в наследуемых признаках (по сравнению с соматическими) и возможность реализации программы приспособительного мутагенеза с большей скоростью, по сравнению с ожидаемой эволюционной нормой.

Выводы

Сопряженная с антропогенной нагрузкой на природные среды способность растений проявлять в большей степени свою гетерогенность по показателю регистрируемых тератоморф отражает специфику неблагоприятного воздействия на экотопы, благодаря чему можно реализовать мониторинговый и квантификационный эксперимент в доказательство экологической напряженности в конкретных территориальных позициях.

Выделены две ведущие причины разнонаправленной фоновой флуктуации при возникновении и проявлении уродств у растений-индикаторов в Донбассе:

1) ведение военных действий – фиксация данных по линии конфронтации;

2) стагнация тяжелой промышленности в регионе – процесс установлен по вектору положительной динамики в уменьшении тератогенности территорий.

Методы картографической визуализации по плоскостному распределению данных и по линиям экологических профилей позволяют наглядно представить и дополнительно проанализировать состояние экотопов в разные годы и в динамике их основных характеристик. Именно с помощью ландшафтного способа визуализации данных был продемонстрирован процесс расхождения экстремумов в диапазоне варьирования суммарного признака тератогенности территорий: ранее регистрируемые высокие уровни атипичного морфогенеза растений стали еще выше; места с низкими характеристиками угнетения растений за 5 лет достоверно снизили показатели тератогенного фона в изучаемых локальных экотопах.

Работа выполнена в рамках инициативной научной темы кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета «Ботаника антропотехногенеза: индикация и оптимизация», № 0122D000085.

Список литературы

1. *Бешенцев А. Н.* Научные основы информационной концепции картографического метода исследования // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23, № 1. С. 85–110.

2. *Гермонова Е. А.* Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019 а. Т. 2. С. 39–40.

3. *Гермонова Е. А.* Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019 б. Т. 2. С. 202–204.

4. *Гермонова Е. А.* Картографическая визуализация альфа- и бета-разнообразия фитоэкологических индикаторов Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 6–12.

5. *Гонеев И. А., Бауэр А. Д.* Картографирование антропогенных ландшафтов Курской области с применением геоинформационных технологий // Тренды современной географии и географического образования. Курск : Изд-во Курского гос. ун-та, 2022. С. 16–21.

6. *Епринцев С. А., Шекоян С. В.* Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм пространственной оценки социально-экологических факторов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15), № 3. С. 109–115.

7. *Епринцев С. А., Шекоян С. В.* Пространственная оценка факторов, определяющих экологическую безопасность селитебных ландшафтов (на примере городов Воронежской области) // Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне. Воронеж : ООО «Цифровая полиграфия», 2023. С. 127–130.

8. *Ермаков В. В., Гуляева У. А., Дегтярев А. П., Данилова В. Н., Тютиков С. Ф.* Оценка подвижности металлов в почвенно-растительном комплексе Унальской котловины // Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в

охране природы, сельском хозяйстве и медицине. Тула : Изд-во Тульского гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2021. С. 123–127.

9. *Ефремова Е. В., Ткачук О. А., Богомазов С. В., Лянденбурская А. В., Левин А. А., Дякина А. В.* Оценка антропогенной нагрузки земельного фонда Пензенской области на основе расчета эколого-хозяйственного баланса ее территории // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 1 (84). С. 79–84. https://doi.org/10.54398/2077-6322_2022_1_79

10. *Калинина А. В.* Популяционный мониторинг техногенных экотопов некоторых породных отвалов г. Макеевки // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров : Изд-во Вятского гос. ун-та, 2019. С. 13–15.

11. *Калинина А. В., Гермонова Е. А.* Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 28–34.

12. *Колясникова Н. Л., Кузьменко И. Н.* Эмбриология растений : уч.-метод. пос. Пермь : ИПЦ Прокрость, 2022. 69 с.

13. *Ловелиус Н. В.* Фитоиндикация экологических условий в урбанизированных районах (на примере аномалий радиального прироста лиственницы в Санкт-Петербурге) // Общество. Среда. Развитие. 2007. № 3 (4). С. 93–101.

14. *Мячина К. В., Керимов И. А., Дубровская С. А., Ряхов Р. В., Щавелев А. Н., Безбородникова Р. М.* Анализ секвестрационного потенциала геосистем на основе расчетов NDVI по спутниковым данным // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2022. Т. 66, № 5. С. 60–72. https://doi.org/10.30533/0536-101X-2022-66-5-60-72

15. *Мирненко Н. С.* Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 55–61. https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-55-61

16. *Назаренко Н. Н., Похлебаев С. М., Малаев А. В., Дерягин В. В., Анухина А. В.* Эколого-ценотические группы флоры сосудистых растений Южного Зауралья и фитоиндикация биотопов // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 2. С. 85–96. https://doi.org/10.55355/snv2022112112

17. *Сафонов А. И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. https://doi.org/10.22281/2686-9713-2019-1-4-16

18. *Сафонов А. И.* Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2022. № 3 (14). С. 5–18. https://doi.org/10.22281/2686-9713-2022-3-5-18

19. *Сафонов А. И., Гермонова Е. А.* Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019 а. № 3–4. С. 37–42.

20. *Сафонов А. И., Гермонова Е. А.* Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2019 б. № 3–4. С. 171–175.

21. *Сафонов А. И., Гермонова Е. А.* Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2023. № 1. С. 81–90.

22. *Сафонов А. И., Мирненко Н. С.* Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 6–11.

23. *Хаванская Н. М., Васильченко А. А.* Геоинформационно-картографические методы в исследовании эколого-хозяйственного баланса территории // Природные системы и ресурсы. 2020. Т. 10, № 2. С. 33–41. https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.2.4

24. *Шамров И. И.* Эмбриология и воспроизведение растений. СПб. : Изд-во Рос. гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена, 2015. 200 с.

25. *Berger S., Sinha A. K., Roitsch T.* Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant pathogen interactions // Journal of Experimental Botany. 2007. Vol. 58, N 15–16. P. 4019.

26. *Boribay E. S., Akhtaeva N. Z., Nurmahanova A. S., Shayakhmetova Y. Sh., Ussubaliyeva S. D.* Ecological monitoring of technogenic pollution by morphometric indices of dominant plants // Vestnik KazNMU. 2021. N 2. P. 241–246.

27. *Meena M. K.* Impact of arsenic-polluted groundwater on soil and produce quality: a food chain study // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192, N 12. P. 785.

28. *Marasova D., Zolotukhin V. M., Zolotukhina N. A., Volkova O., Yazevich M.* Chemical monitoring of the socio-ecological situation in resource-producing regions // E3S Web of Conferences, 2021. Vol. 315. P. 02003. https://doi.org/10.1051/e3sconf /202131502003

29. *Rakhmetova A., Beisenova R., Akpambetova K., Scharaw B.* Assessment of ecological and economic balance of the territory of the Karaganda region // Polish Journal of Soil Science. 2020. Vol. 53, N. 2. P. 211–224. https://doi.org/10.17951/pjss/2020.53.2.211

30. *Safonov A., Glukhov A.* Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // Problems of industrial botany of industrially developed regions 2021. BIO Web Conf. 2021. Vol. 31. https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100020

31. *Tomasini S., Theilade I.* Local ecological knowledge indicators for wild plant management: Autonomous local monitoring in Prespa, Albania // Ecological Indicators. 2019. Vol. 101. P. 1064–1076. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.076

***Germonova E. A., Safonov A. I.* Geoinformation visualization of data on atypical morphogenesis of plants of Donbass ecotopes.** – For the territory of the monitoring network of the central part of Donbass, 10-interval visualization models of the distribution of data on the state of indicator plants by the frequency of occurrence of manifestations of atypical morphogenesis were built. The cartographic material is presented in comparison of calculations on the total indicator of phytoteratogenicity of territories for 2017 and 2022. The principle of a 10-point scale with a step of 6 indicators is used, starting from the second significant level. Dynamic territorial trends are analyzed – profiles of indicators of the total teratogenicity of the Donbass ecotopes along the lines connecting the extreme points in the directions «southwest – northeast» and «northwest – southeast». The total coefficient of atypical polymorphism of indicator plants was divided into two functional blocks for separate mapping: by vegetative and generative components of morphogenesis. Visualization cartographic materials for territorial analysis of aspects of anthropogenic transformation of open natural systems in the Donbass have been obtained.

Key words: cartography, phytoindication, Donbass, environmental monitoring, plant teratogenesis, GIS analysis in ecology.

УДК 581.52 : 581.9 (477.60)

© **А. В. Калинина**

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАННЕЦВЕТУЩИХ РАСТЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОТОПОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: a.kalinina@donnu.ru

Калинина А. В. **Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации.** – Представлены результаты таксономического и эколого-ценотического анализов группы раннецветущих растений трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации. Полученные данные свидетельствуют об изменении состава раннецветущей флоры в условиях урбанизированной среды. Выявлена сопряженность видового состава исследованной экологической группы растений на участках со сходной формой антропогенной нагрузки. Установлено, что обследованные участки характеризуются гетерогенностью экологических условий. Отмечены общие черты, характерные для исследованных экотопов: дефицит минерального питания и увлажнения.

Ключевые слова: раннецветущие виды, трансформированный экотоп, антропогенное воздействие, эколого-ценотическая характеристика, Донецко-Макеевской агломерация.

Введение

Группа раннецветущих растений в условиях нарушенных экосистем представляет научный интерес [3–5, 13]. Раннецветущие виды часто встречаются в антропогенно трансформированных экотопах и проявляют эксплерентные свойства. Они характеризуются рядом отличительных черт, которые связаны с вегетацией в стрессовых условиях [4, 5]. Данные виды обладают значительным адаптивным потенциалом, который наиболее выражен вследствие недостатка влаги, тепла, условий перепада температур в вегетационный период [4].

Сведения об экологических потребностях и ценотической приуроченности растений имеют индикаторную значимость [1, 8, 10, 11]. Анализ состава и особенностей распределения экологических групп растений дает информацию о локальных особенностях местности, что используется для фитоиндикации среды с целью формирования ее экологической характеристики [9, 12, 14, 17].

Цель работы – провести таксономический и эколого-ценотический анализы раннецветущих травянистых растений некоторых локальных трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации.

Материал и методы исследования

Под раннецветущими подразумеваются растения, которые цветут в течение марта, апреля, мая, до начала цветения летних видов, а также появления и распускания листьев деревьев [4].

Исследование трансформированных экотопов проводили с 01.04.2023 г. по 21.04.2023 г. Травянистый покров изучен на участках, которые характеризуются различной функциональной нагрузкой: 1) отвал угольной шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 2) участок у подножья породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 3) территория шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 4) жилая застройка частного сектора г. Макеевки, Советский район; 5) дворовая территория многоэтажных домов г. Макеевки, Центрально-Городской район; 6) нефункционирующие железнодорожные пути г. Макеевки, Центрально-Городской район; 7) сквер «Привокзальный» г. Макеевки, Центрально-Городской район; 8) придорожная территория г. Донецка, Калининский район;

© **Калинина А. В., 2023**

9) дворовая территория многоэтажных домов г. Донецка, Ворошиловский район; 10) сквер «Горсад» г. Донецка, Ворошиловский район.

На каждом экспериментальном участке были заложены пробные площадки (ПП) размером 50 м^2. Фиксировали виды, которые находятся в состоянии максимального развития и цветения. Применяли стандартные маршрутные методы исследования с последующей обработкой результатов [7, 8]. При определении и уточнении видов растений использовали работу В. М. Остапко [15]. Эколого-ценотический анализ осуществляли по системе А. Л. Бельгарда [2, 10]. Экологические характеристики видов определяли с использованием литературных источников [6, 16].

Результаты и обсуждение

В исследованных локальных экотопах отмечено 30 видов раннецветущих растений, принадлежащих к 11 семействам и 26 родам. Ведущими семействами в травостое пробных площадок выделены: Brassicaceae, Caryophyllaceae и Boraginaceae (табл. 1). На долю этих семейств (3) приходится 49,7 % от общего количества видов (30). Такое распределение ведущих семейств раннецветущих видов нехарактерно для природных ландшафтов Донбасса, что свидетельствует об изменении состава флор, формирующихся под антропогенным воздействием. Среди раннецветущих растений природных территорий лидирующие места занимают семейства Liliaceae, Ranunculaceae, Apiaceae [4].

Таблица 1

Спектр ведущих семейств локальных трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации

№	Семейство	Количество видов	Доля от общего количества, %
1	Brassicaceae	7	23,4
2	Caryophyllaceae	4	13,3
3	Boraginaceae	4	13,3
4	Lamiaceae	3	10
5	Ranunculaceae	3	10
6	Poaceae	2	6,7
7	Veronicaceae	2	6,7
8	Violaceae	2	6,7
9	Asteraceae	1	3,3
10	Cyperaceae	1	3,3
11	Geraniaceae	1	3,3

Среди отмеченных раннецветущих видов были выявлены эфемеры (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Ceratocephala testiculata* (Crantz) Bess, *Erophila verna* (L.) и др.), эфемероиды (*Poa bulbosa* ssp. *vivipara* (Koeler) Arcang., *Carex praecox Schreb.* и др.), виды со смещенными фазами цветения, достигшими зрелости в нехарактерный период (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.), а также виды, которые цветут в течение всего вегетационного периода (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik) (рис. 1).

В составе флор нарушенных местообитаний были обнаружены представители адвентивной фракции, их доля составила 23,4 % (*Veronica polita* Fr., *Buglossoides arvensis* (L.) I. M. Johnst. и др).

Наибольшим видовым богатством обладают ПП № 2 (участок у подножья породного отвала) – отмечено 19 видов и ПП № 1 (отвал угольной шахты) – 17 видов. Наименьшее количество видов выявлено на ПП № 3 (территория шахты) – 7 видов, ПП № 6 (нефункционирующие железнодорожные пути) – 8 видов и ПП № 7 (сквер) – 8 видов (рис. 2).

А **Б** **В**

Рис. 1. Некоторые раннецветущие растения, выявленные в трансформированных экотопах Донецко-Макеевской агломерации:
А – *Ceratocephala testiculata* (Crantz) Bess; Б – *Poa bulbosa* ssp. *vivipara* (Koeler) Arcang.;
В – *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.

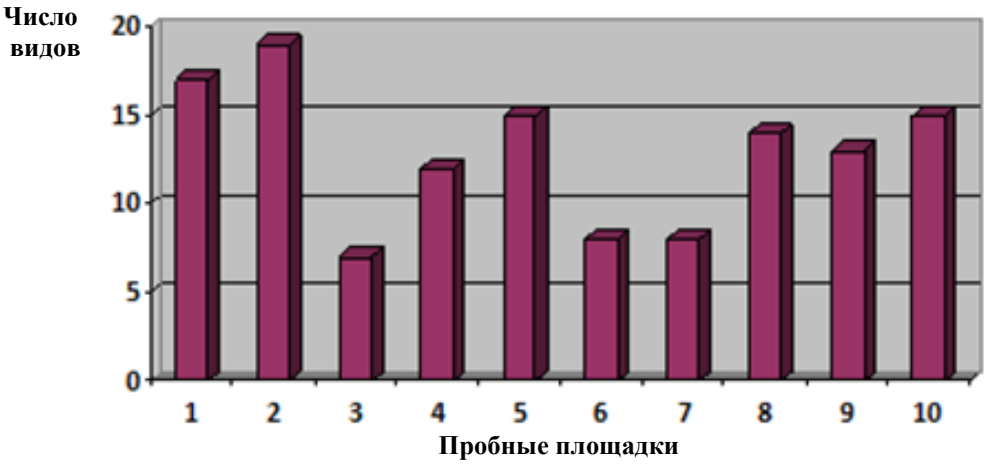

Рис. 2. Видовое богатство раннецветущих растений трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации:
1 – отвал угольной шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 2 – участок у подножья породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 3 – территория шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки, Советский район; 4 – жилая застройка частного сектора г. Макеевки, Советский район; 5 – дворовая территория многоэтажных домов г. Макеевки, Центрально-Городской район; 6 – нефункционирующие железнодорожные пути г. Макеевки, Центрально-Городской район; 7 – сквер «Привокзальный» г. Макеевки, Центрально-Городской район; 8 – придорожная территория г. Донецка, Калининский район; 9 – дворовая территория многоэтажных домов г. Донецка, Ворошиловский район; 10 – сквер «Горсад» г. Донецка, Ворошиловский район

Изученные экотопы характеризуются значительным флористическим сходством в группе раннецветущих растений. Диапазон варьирования значений коэффициента Жаккара располагается в пределах от 0,22 до 0,81. Повышенные коэффициенты сходства отмечены для пар ПП № 3 – ПП № 6 (0,81), ПП № 8 – ПП № 9 (0,68), ПП № 8 – ПП № 10 (0,64), ПП № 4 – ПП № 7 (0,64). Наименьший коэффициент отмечен для пар ПП № 2 – ПП № 7 (0,22), ПП № 3 – ПП № 10 (0,29), ПП № 3 – ПП № 7 (0,29).

Анализ распределения травянистых растений по основной биоморфе (климаморфе) показал преобладание однолетников (56,7 %), вторую позицию занимают многолетники (33,3 %), двулетников выявлено значительно меньше (10,0 %). Увеличение доли терофитов характеризует повышение степени антропогенной трансформации флор (рис. 3).

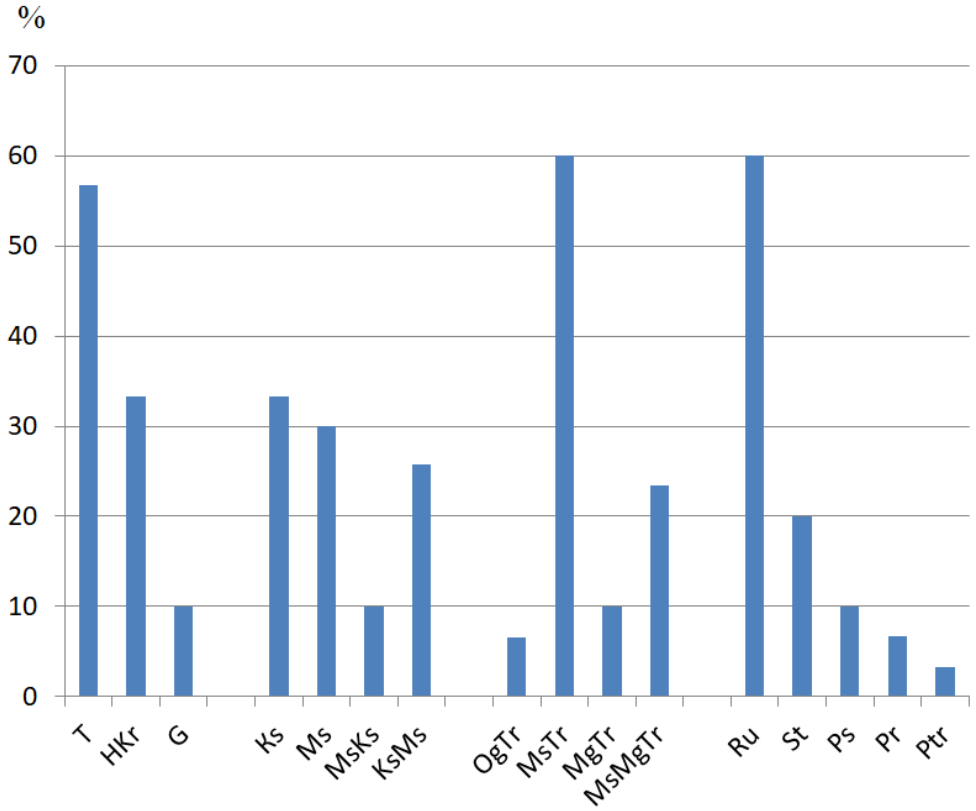

Рис. 3 . Эколого-ценотическая структура группы раннецветущих растений в трансформированных экотопах Донецко-Макеевской агломерации (%):
Основные биоморфы (климаморфы): Од (T) – однолетники (терофиты); Мн (HKr) – многолетники (гемикриптофиты); Дв (G) – двулетники (геофиты);
Трофоморфы: OgTr – олиготрофы; MsTr – мезотрофы; MgTr – мегатрофы; MsMgTr – мезомегатрофы;
Гигроморфы: Ks – ксерофиты; Ms – мезофиты; MsKs – мезоксерофиты; KsMs – ксеромезофиты;
Ценоморфы: St – степанты; Pr – пратанты; Ps – псаммофиты; Ru – рудеранты; Ptr – петрофанты

Распределение раннецветущих видов по отношению к увлажнению почв позволило выделить 4 экологические группы: ксерофиты, мезоксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты. Основной гигроморфой являются ксерофиты (33,3 %) далее расположились мезофиты (30,0 %), ксеромезофиты (26,7 %) и мезоксерофиты (10,0 %). Увеличение доли ксерофитной группы (включая ксеромезофиты) и отсутствие видов, более требовательных к влажности почв во флоре нарушенных экотопов, подтверждает приобретение эффекта ксерофитизации, который характерен для трансформированных флор в степной зоне Приазовья.

По отношению к фактору минерального богатства почв наиболее представительной экологической группой являются мезотрофы (60 %), мезомегатрофы занимают вторую позицию (23,4 %). Указанные особенности обусловливают преобладание видов, не предъявляющих значительных требований к минеральному богатству почв.

Ценотический анализ раннецветущих травянистых растений показал, что на исследуемых площадках в ценотической структуре лидирующее место занимают рудеральные виды (60 %).

Наблюдаемое распределение растений по экологическим группам для каждого рассмотренного фактора свидетельствует об определенной гетерогенности условий, формирующихся в исследованных трансформированных экотопах. Обследованные локальные пробные площадки характеризуются сходными ландшафтно-экологическими условиями. Они являются небогатыми по содержанию элементов минерального питания, а также обладают недостаточным увлажнением, о чем свидетельствует доминирование видов ксерофитной группы.

Выводы

На основании проведенного таксономического и эколого-ценотического анализов раннецветущих растений некоторых локальных трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации установлено, что антропогенный фактор оказывает значительное влияние на формирование исследуемой группы растений.

Состав флоры раннецветущих растений, сформированный в исследованных локальных экотопах, отличается от общей группы раннецветущих растений природных местообитаний Донбасса. Ведущими семействами нарушенных систем являются: Brassicaceae, Caryophyllaceae и Boraginaceae. Отмечена флористическая сопряженность между участками со сходной формой антропогенного воздействия.

Результаты эколого-ценотического анализа свидетельствуют о гетерогенности экологических условий, формирующихся в трансформированных экотопах Донецко-Макеевской агломерации. Выявлены общие черты обследованных нарушенных экотопов: дефицит элементов минерального питания и влаги. Отмечено преобладание однолетних видов и рудералов, а также участие значительной доли адвентивных видов (23,4 %).

Все вышеуказанные особенности свидетельствуют о трансформации флоры раннецветущих видов в антропогенно измененной среде. Данная группа растений является динамичной, что объясняет необходимость дальнейшего регулярного мониторинга и проведения исследований по данному направлению.

Полученные результаты позволяют утверждать, что группа раннецветущих растений в условиях трансформированных экотопов Донбасса представляет интерес для дальнейших исследований как особая форма фитоиндикационных разработок этого сезонного периода.

Список литературы

1. *Авраимова Т. В., Сафонов А. И.* Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований // Научные и технические библиотеки. 2023. № 3. С. 30–42.

2. *Бельгард А. Л.* К вопросу об экологическом анализе и структуре фитоценозов в степи // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Присамарья. Днепропетровск : Изд-во Днепропетровского ун-та, 1980. С. 11–42.

3. *Беспалова С. В., Горецкий О. С., Рева М. В., Прокопенко Е. В., Сафонов А. И.* Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций // Степная Евразия – устойчивое развитие : Матер. Междунар. форума (Ростов-на-Дону, 27–30 сентября 2022 г). Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2022. С. 179–181.

4. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры. К. : Наук. думка, 1991. 168 с.

5. *Глухов А. З., Хархота А. И., Прохорова С. И.* Экоморфологический анализ раннецветущих видов растений в техногенных экотопах Юго-востока Украины // Екологія та ноосферологія. 2011. Т. 22, № 3–4. С. 48–57.

6. Екофлора України / Відп. ред. Я. П. Дідух. – К. : Фітосоціоцентр, 2000–2004. Т. 1–3.

7. *Злобин Ю. А.* Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы : Университетская книга. 2009. 239 с.

8. *Калинина А. В.* Динамика фиторазнообразия сообществ породного отвала шахты «Капитальная» г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 19–23.

9. *Калинина А. В.* Особенности ценопопуляций *Erigeron annuus* (L.) Desf. в локальных урбанизированных экотопах г. Макеевки // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений : Матер. Междунар. науч. конф., посв. 95-летию чл.-корресп. НАН Беларуси Е. А. Сидоровича (Минск, 9–10 марта 2023 г.). Минск : ИВЦ Минфина, 2023. С. 203–205.

10. *Матвеев Н. М.* Оптимизация системы экоморф А. Л. Бельгарда в целях фитоиндикации экотопа и биотопа // Вісник Дніпропетровського ун-ту. 2003. Вип. 11, т. 2. С. 103–113.

11. *Сафонов А. И.* Фитоиндикация промышленно-индустриальных ландшафтов Донбасса // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения : Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань : Изд-во Астраханского гос. ун-та, 2022. С. 154–156.

12. *Сафонов А. И.* Морфогенетические аномалии растений в диагностике природно-техногенных систем Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : Матер. XX Всерос. науч.-практ. конф. Киров : Изд-во Вятского гос. ун-та, 2022. С. 54–58.

13. *Сафонов А. И.* Критерии фитоиндикационного мониторинга в антропогенно трансформированной среде // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире : Матер. Всерос. науч. конф. Казань : Изд-во Казанского нац. иссл. технол. ун-та, 2021. С. 1611–1615.

14. *Сафонов А. И., Глухов А. З.* Ведущие семейства для фитомониторинга в условиях техногенной среды Донбасса // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений : Матер. Междунар. науч. конф., посв. 95-летию чл.-корресп. НАН Беларуси Е. А. Сидоровича (Минск, 9–10 марта 2023 г.). Минск : ИВЦ Минфина, 2023. С. 96–97.

15. Сосудистые растения юго-востока Украины / В. М. Остапко, А. В. Бойко, С. Л. Мосякин. Донецк : Ноулидж, 2010. 247 с.

16. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. Дніпропетровськ, 2005. 276 с.

17. *Safonov A.* Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web Conf. 2022. Vol. 43. 03002. 8 p. https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303002

***Kalinina A. V.* Taxonomic and ecological-coenotic analysis of early-flowering plants of some transformed ecotopes of the Donetsk-Makeevka agglomeration. –** The results of taxonomic and ecological-coenotic analysis of a group of early-flowering plants of transformed ecotopes of the Donetsk-Makeevka agglomeration are presented. The data obtained indicate a change in the composition of the early-flowering flora in an urbanized environment. The conjugation of the species composition of the studied ecological group of plants in areas with a similar form of anthropogenic load was revealed. It has been established that the surveyed areas are characterized by heterogeneity of environmental conditions. Common features characteristic of the studied ecotopes are noted: deficiency of mineral nutrition and moisture.

Key words: early-flowering species, transformed ecotope, anthropogenic impact, ecological and cenotic characteristics, Donetsk-Makeevka agglomeration.

УДК 581.5 : 638.138 (477.60)

© **Н. С. Мирненко**

СЕЗОННЫЙ АНАЛИЗ ПЫЛЬЦЕВЫХ СПЕКТРОВ СОРНО-РУДЕРАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ Г. ДОНЕЦКА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: n.zaharenkova@donnu.ru

Мирненко Н. С. **Сезонный анализ пыльцевых спектров сорно-рудеральных растений г. Донецка. –** В работе представлен палинологический анализ по изучению качественного состояния пыльцевых зерен сорно-рудеральных растений в г. Донецке. Установлены морфологические показатели пыльцевых спектров, составлен календарь пыления. Анализ состава палинологического спектра выявил, что к основным продуцентам пыльцы относятся 10 таксонов сорно-рудеральных растений: *Senecio vulgaris*, *Consolida arvensis*, *Salvia stepposa*, *Urtica dioica*, *Tanacetum vulgare*, *Fumaria officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Elytrigia repens*, *Euphorbia stepposa*, *Trifolium pratense*. Особенно важными показателем календаря цветения является пыльцевой дождь, наблюдаемый в первой – второй декаде июня. В данный период может наблюдаться обострение поллиноза у населения.

Ключевые слова: пыльцевые зерна, г. Донецк, фертильность, календарь цветения, сорно-рудеральные растения.

Введение

Палинологический мониторинг в современном мире становится все более актуальным из-за появления антропогенно-измененной среды, которая в ряде случаев оказывает негативное влияние на здоровье человека. Изменение и как следствие загрязнение компонентов окружающей среды (воздуха, воды и почвы), а также психологическое напряжение, вызванное несоответствием физиологических возможностей организма с ускоряющимся производственным процессом, играют существенную роль в увеличении числа аллергических заболеваний. Среди существующих аллергенов пыльца растений занимает одно из лидирующих мест, до сих пор оставаясь самым сильным раздражителем. Поэтому одной из ключевых задач палинологического мониторинга является анализ качественного и количественного состава воздуха методам по анализу существующих аллергенов, с возможностью прогнозирования изменений [1, 4, 13, 14].

Городская антропогенная среда отличается от природной по ряду экологических параметров, таких как, освещенность, количество солнечной радиации, температурный режим, влажность и состав атмосферного воздуха. Крупные города имеют в среднем более высокую среднегодовую температуру воздуха (от 0,5 °С до 5 °С выше, чем в пригороде). Воздушный бассейн городов содержит большое количество выбросов от промышленных предприятий, которые загрязняют атмосферу и негативно влияют на рост и жизнеспособность растений. Смог, атмосферная пыль и частые туманы снижают количество солнечной радиации до 20 % (а в некоторых районах даже до 50 %). Летние месяцы характеризуются наибольшей степенью загрязнения окружающей среды из-за промышленности и автотранспорта. Июнь, июль и август являются наиболее загруженными периодами с точки зрения загрязнений, и это приводит к значительным изменениям в генеративных органах травянистых растений, включая изменение времени цветения [21–23].

Пыльцевые зерна являются адаптацией высших растений, имеющими эволюционные структурные и функциональные свойства, которые делают их ценным материалом для биологических и экологических исследований. Пыльца обладает рядом важных характеристик (полярность, симметрия, форма, размер, наличие экзины и спородермы и др.), которые изменяются в зависимости от условий окружающей среды. Индикатором качества пыльцевых зерен является содержание достаточного количества крахмала и высокая активность ферментов пероксидазы и дегидрогеназы, которые проявляются в окрашивании пыльцы ацетокармином. Пыльца растений, произрастающих на загрязненных территориях, характеризуется более низкой активностью фермента фосфатазы, что может приводить к

© **Мирненко Н. С., 2023**

нарушению способности пыльцевой трубки поглощать органические соединения из пестика [2–5, 7–20].

В Донбассе существует необходимость в проведении исследований урбанизированных территорий с целью создания эколого-флористической базы для оценки состояния окружающей среды, воздействия военных действий и промышленных предприятий. Качество пыльцевых зерен, которое напрямую связано с их способностью к оплодотворению, является важным показателем репродуктивной биологии растений и стратегии выживания как для отдельных особей, так и для популяции в целом. Нарушения в процессах микроспорогенеза и микрогаметогенеза являются реакциями растительного организма на неблагоприятные внешние факторы и могут использоваться для оценки экологической пластичности и толерантности репродуктивных механизмов растений. На кафедре ботаники и экологии ДонГУ был проведен ряд исследований, посвященных анализу пыльцевых спектров [7–12, 15–20, 23].

Цель работы – на конкретных актуальных примерах дать оценку разнообразия палинологического спектра сорно-рудеральных растений Донбасса, с последующей оценкой степени промышленного напряжения г. Донецка.

Материал и методика исследования

Исследования проведены на селитебных территориях г. Донецка в вегетационные сезоны 2020–2022 гг. (рис. 1). Проведена инвентаризация пыльцевых спектров на уровне отдельных видов по их пластичности в ландшафтно-растительных системах. Морфологический анализ пыльцевых зерен производился главным образом на основе признаков апертуры. Сравнение пыльцевых зерен проводили с информационной системой идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных, разработанной в МГУ [6].

Сбор соцветий (с пыльцой) проводили в апреле – сентябре 2020-2022 гг. с одновозрастных особей без видимых повреждений. Для оценки качественного состояния была собрана пыльца с 25 особей на 5 пробных площадках г. Донецка: 1) пр-т Ленинский; 2) пр-т Киевский; 3) ул. Артема; 4) Макеевское шоссе (Дендрарий ФГБНУ «Донецкий ботанический сад»); 5) ул. Пролетарская.

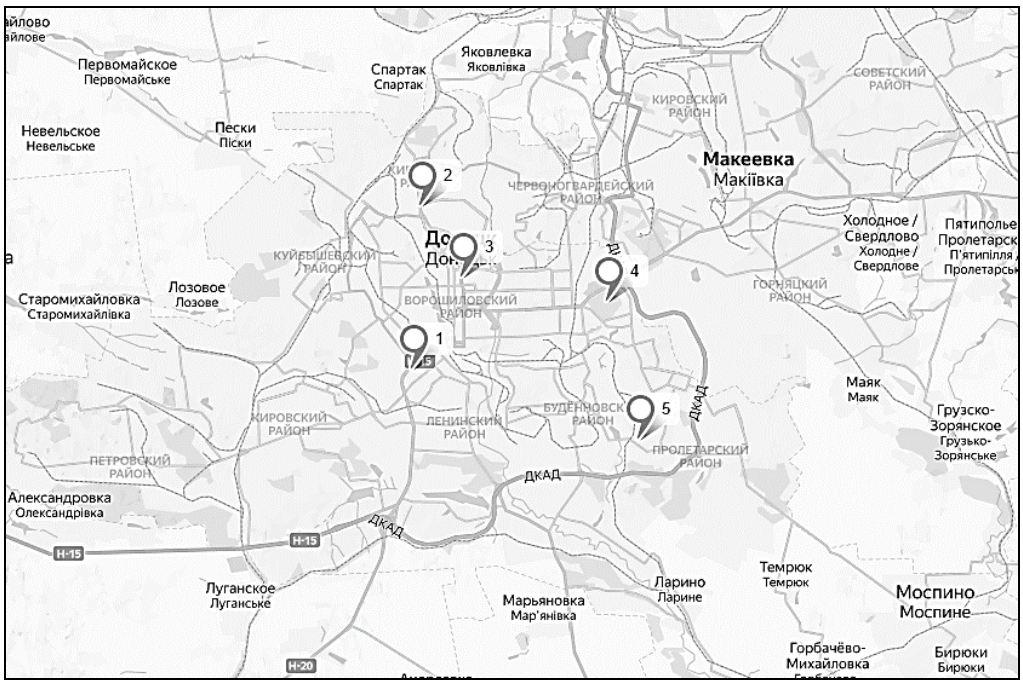

Рис. 1. Карта-схема точек отбора сорно-рудеральных растений в г. Донецке

Результаты и обсуждение

Для каждого из представленных видов были установлены основные показатели развития пыльцевого зерна (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические показатели пыльцевых сорно-рудеральных растений г. Донецка

Вид	Размер (мкм)	Конфигурация апертур	Показатель фертильности, %
Senecio vulgaris L.	114–133	экваториальная	87,3±1,84
Centaurea jacea L.	98–111	рассеянная	82,1±0,42
Consolida arvensis Opiz.	115–132	экваториальная	87,7±3,25
Salvia stepposa L.	128–146	экваториальная	86,3±3,61
Urtica dioica L.	98–149	экваториальная	88,1±6,65
Plantago major L.	87–102	рассеянная	87,2±0,21
Plantago stepposa Kuprian	117–157	пора	75,7±14,07
Hypericum perforatum L.	78–88	бороздно-оровая	81,3±14,28
Tanacetum vulgare L.	118–159	бороздно-оровая	79,4±7,14
Papaver rhoeas L.	82–128	экваториальная	76,6±14,21
Fumaria officinalis L.	77–89	бороздно-оровая	87,7±1,13
Taraxacum officinale L.	97–145	бороздно-оровая	79,3±3,25
Elytrigia repens L.	89–150	дистальная	96,1±6,65
Euphorbia stepposa Zoz ex Prokh.	84–127	экваториальная	91,7±7,35
Trifolium pratense L.	68–79	экваториальная	87,8±2,90
Daucus carota L.	96–117	экваториальная	78,6±4,31
Saponaria officinalis L.	76–101	пора	77,6±4,67
Vicia cracca L.	81–98	экваториальная	87,2±2,76

Состав и количество пыльцы существенно изменяются в зависимости от природно-климатических условий, географического расположения, репродуктивного цикла растений, времени года и дня. Установлено, что каждый таксон имеет индивидуальную ритмику пыления, что выражается в изменении размера пыльцевых зерен и степени их фертильности. Пыльцевая продуктивность возрастала с увеличением температуры и в «стрессовых» условиях. Так, у видов *Consolida arvensis, Urtica dioica, Elytrigia repens, Euphorbia stepposa,* отобранных в летний пик цветения, наблюдалась наивысшая степень фертильности (табл. 2).

В наблюдаемый период по морфологическим признакам в воздухе г. Донецка выявлены 18 таксонов, принадлежащих к 15 семействам. Из них 6 видов относятся к однолетним травянистым растениям, 4 являются двулетниками и 8 – многолетниками.

Согласно литературным данным [7–12, 14–20], во время весеннего пыльцевого дождя в г. Донецке преобладают зерна не древесных растений: их доля варьирует от 71,2 до 83,2 % от всей пыльцевой суммы. Анализ состава палинологического спектра выявил, что к основным продуцентам пыльцы относятся 10 таксонов сорно-рудеральных растений: *Senecio vulgaris, Consolida arvensis, Salvia stepposa, Urtica dioica, Tanacetum vulgare, Fumaria officinalis, Taraxacum officinale, Elytrigia repens, Euphorbia stepposa, Trifolium pratense*.

Количество пыльцевых зерен каждого из перечисленных видов растений в среднем превышало 0,5 % от общего годового содержания пыльцы. Общий вклад доминирующих таксонов в палинологический спектр г. Донецка составил 59,16 % от общего количества пыльцевых зерен.

Наблюдения за сезонами наиболее высокой генерации пыльцы в г. Донецке показали, что наибольшее таксономическое разнообразие травянистых растений отмечено в период с 3 декады мая по вторую декаду июля. При этом в июне постоянно наблюдалась наиболее высокая концентрация количественных показателей наблюдаемых таксонов – 10. Наиболее бедные по количеству таксонов – периоды первой декады мая и третьей декады сентября.

Таблица 2

Календарь цветения травянистых растений г. Донецка

Таксон	март			апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь		
Senecio vulgaris																					
Centaurea jacea																					
Consolida arvensis																					
Salvia stepposa																					
Urtica dioica																					
Plantago major																					
Plantago stepposa																					
Hypericum perforatum																					
Tanacetum vulgare																					
Papaver rhoeas																					
Fumaria officinalis																					
Taraxacum officinale																					
Elytrigia repens																					
Euphorbia stepposa																					
Trifolium pratense																					
Daucus carota																					
Saponaria officinalis																					
Vicia cracca																					

Примечание.

– максимальное количество пыльцевых зерен;

– среднее количество пыльцевых зерен.

На основании анализа данных, полученных за период наблюдения, обнаружено, что в палинологическом спектре г. Донецка доминируют виды, относящиеся к 2 семействам: Asteraceae и Poaceae. В среднем доля злаковых и сложноцветных в палинологическом спектре может составлять до 30,02 и 25,45 % соответственно. На третьем месте представители семейства бобовые Fabaceae, их присутствие в пыльцевом спектре г. Донецка по открытым данным составило ~10 %. Приблизительно сопоставим в долевом отношении вклад в пыльцевой спектр видов Яснотковые (Lamiaceae) (7,8 %), Крапивовые (Urticaceae) (4,84 %) и конопли (Plantaginaceae) (4,78 %). По убыванию далее расположились амброзия (*Ambrosia*) (3,78 %), Маковые (Papaveraceae) (3,12 %). Долю менее 2 % от усредненного числа встречаемости имеют Гвоздичные (Caryophyllaceae) (1,29 %), Зонтичные (Umbelliferae) (1,27 %) и Зверобойные (Hypericaceae) (1,12 %).

Выводы

Исследование сезонной генерации пыльцы в г. Донецке позволило получить ценные данные о разнообразии травянистых растений и их распределении в разные временные периоды. Особенно важными показателями являются высокая концентрация пыльцы в июне и относительно низкое количество таксонов в начале мая и конце сентября.

Анализ данных также выявил, что в палинологическом спектре г. Донецка преобладают растения из семейств Asteraceae и Poaceae. Злаки и сложноцветные растения составляют значительную часть пыльцевого спектра, а семейство Fabaceae также вносит значимый вклад. Семейства Lamiaceae, Urticaceae и Plantaginaceae имеют сопоставимую долю в пыльцевом спектре. Остальные семейства, такие как Papaveraceae, Caryophyllaceae, Umbelliferae и Hypericaceae, вносят незначительный вклад в пыльцевой аспект исследуемых территорий.

Полученные результаты имеют важное значение для палинологов, экологов и аллергологов, так как они помогают понять сезонные изменения в пыльцевом составе г. Донецка и позволяют выявить наиболее значимые аллергены. Это может быть полезной информацией для разработки мер по снижению воздействия аллергенов на здоровье людей. Кроме того, эти исследования способствуют расширению нашего понимания о биологическом разнообразии региона и его экологическом состоянии.

Список литературы

1. *Акопов И. Э.* Аллергия на пыльцу амброзии и лекарственная болезнь. Краснодар : Краснодарское книжное изд-во, 1978. 48 с.

2. *Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А.* Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2010. 184 с.

3. *Головко В. В.* Экологические аспекты аэропалинологии: аналитический обзор. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2004. 106 с.

4. *Григорьева В. В., Пожидаев А. Е., Семенов А. Н., Брицкий Д. А.* Морфология пыльцевых зерен и индивидуальная изменчивость формы расположения апертур пыльцы представителей рода *Nicotiana* (*Solanaceae*) // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 6. С. 900–917.

5. *Елькина Н. А.* Календарь пыления аллергенных растений г. Петрозаводска // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 8 (177). С. 78–82

6. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных. [Электронный ресурс]. URL : http://botany-collection.bio.msu.ru.

7. *Мирненко Н. С.* Состояние пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017 а. № 3–4. С. 12–16.

8. *Мирненко Н. С.* Тератоморфы пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. селитебных территорий г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017 б. № 1–2. С. 26–31.

9. *Мирненко Н. С.* Палиноструктурный анализ *Ambrosia artemisiifolia* L. // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : Матер. XIII Междунар. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 16–17 апреля 2019 г.). Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2019. С. 108–110.

10. *Мирненко Н. С.* Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 55–61.

11. *Мирненко Н. С.* Оценка состояния пыльцы цветковых растений агломерации г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : Матер. XVII Междунар. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 18–20 апреля 2023 г.). Донецк : ФГБОУВО «ДонНТУ», 2023. С. 41–42.

12. *Мирненко Н. С., Сафонов А. И.* Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : Матер. Междунар. науч. конф. (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Донецк : ДонНУ, 2017. С. 97–99.

13. *Носова М. Б., Северова Е. Э., Волкова О. В.* Современные спорово-пыльцевые спектры Европейской России: 10 лет наблюдений // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 8. С. 1228–1248.

14. *Посевина Ю. М., Иванов Е. С., Северова Е. Э.* Палинологическая оценка качества атмосферного воздуха // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 5. С. 15–22

15. *Сафонов А. И.* Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 23–29.

16. *Сафонов А. И.* Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014–2020 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1–2. С. 32–38.

17. *Сафонов А. И.* Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2022. № 3 (14). С. 5–18.

18. *Сафонов А. И., Глухов А. З.* Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021 а. Т. 4, № 3. С. 195–202.

19. *Сафонов А. И., Глухов А. З.* Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021 б. № 28. С. 16–28.

20. *Сафонов А. И., Мирненко Н. С.* Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 43–48.

21. *Шамгунова Б. А., Заклякова Л. В.* Аэропалинологические аспекты поллинозов // Астраханский медицинский журнал. 2010. Т. 5, № 1. С. 27–35.

22. *Geitmann A.* Pollen and pollen tube biology: methods and protocols. New York : Humana Press, 2020. 332 p.

23. *Safonov A. I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk // World Ecology Journal. 2016. Vol. 6, N 4. P. 59–71.

Mirnenko N. S. **Seasonal analysis of pollen spectrum of weed-ruderal plants of Donetsk.** – The paper presents a palynological analysis to study the qualitative state of pollen grains of weed-ruderal plants in Donetsk. Morphological parameters of pollen spectrum have been established, and a dusting calendar has been compiled. Analysis of the composition of the palynological spectrum revealed that the main pollen producers include 10 taxa of weed-ruderal plants: *Senecio vulgaris*, *Consolida arvensis*, *Salvia stepposa*, *Urtica dioica*, *Tanacetum vulgare*, *Fumaria officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Elytrigia repens*, *Euphorbia stepposa*, *Trifolium pratense*. Pollen rain observed in the first-second decade of June is a particularly important indicator of the flowering calendar. During this period, there may be an exacerbation of pollinosis in the population.

Key words: pollen grains, Donetsk, fertility, flowering calendar, weed-ruderal plants.

УДК 58.01/.07 : 574.24

© **Э. И. Мирненко**

СЕМЕЙСТВО HYDRODICTYACEAE В ВОДОЕМАХ ДОНБАССА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: eduard_mirnenko@list.ru

Мирненко Э. И. **Семейство Hydrodictyaceae в водоемах Донбасса. –** В работе представлены результаты изучения динамики развития видов семейства Hydrodictyaceae. Материалом для работы послужили пробы, отобранные в период 2017–2021 гг. Выявлено, что семейство Hydrodictyaceae представлено 3 родами, 7 видами и 5 внутривидовыми таксонами. По частоте встречаемости оно составляет 3,41 % от всего видового состава альгофлоры, а виды семейства встречались в 6 из 10 проб. Распределение видов семейства по акватории характеризуется как неоднородное. Установлено, что род *Pediastrum* имеет фенотипическую пластичность в зависимости от внешних факторов и возраста, что указывает на возможность использования его в индикации состояния водных объектов.

Ключевые слова: семейство Hydrodictyaceae, фитопланктон, пресные водоемы, Донбасс.

Введение

Отдел Chlorophyta представляет собой широко распространенную группу водорослей, включающую порядка 7000 видов. Они характеризуются космополитным распространением и полиголобией. Встречаются в различных экосистемах и имеют способность формировать устойчивые популяции. Данные особенности ведут к их интенсивному развитию и размножению. Существует значительный объем исследований, посвященных изучению этого процесса [1, 10].

Семейство Hydrodictyaceae включает виды, состоящие от двух до нескольких сот клеток. Формируемые ценобии часто представляют собой однослойные структуры, которые могут быть сплошными, продырявленными, пластинчатыми, дисковидными, круглыми или сетевидными, не образуя слизи. Отдельные клетки могут быть трапециевидными, подковообразными, почковидными или цилиндрическими, часто с наличием отростков и придатков. Оболочка тонкая, гладкая, с возрастом утолщается, также встречаются бородавчатые или шиповатые формы. Хлоропласт пристенный, массивный, с одним или несколькими пиреноидами. Бесполое размножение осуществляется с помощью голых 2-жгутиковых зооспор, соединяющимися в новый ценобий внутри оболочки материнской клетки и освобождающимися при ее разрыве внутри слизистого пузыря. Половое размножение – изогамия [9].

Разнообразие форм не позволяет в световой микроскоп различить большое количество сходных видов или вариаций вида, так как только данные об ультраструктуре клеточной оболочки дают некоторые различия [1]. Например, исследования ультраструктуры щетинок некоторых видов рода *Pediastrum* показали ее идентичность с таковой у рода *Scenedesmus*. Однако большинство из указанных характеристик сходны для видов семейства Hydrodictyaceae [1, 9].

Цель работы – дополнить существующие базы развития фитопланктона, изучив представителей семейства Hydrodictyaceae в некоторых водохранилищах Донбасса.

Материал и методика исследования

Материалом для работы послужили пробы, отобранные в период с 2017 по 2021 гг. Для проведения исследований было определено 9 постоянных точек отбора проб с разной степенью антропогенного воздействия (рис. 1). По степени воздействия выделено три участка. Точки (НК 1–3) расположены в г. Донецке на Нижнекальмиусском водохранилище, точки (СУ 1-3) находятся на среднем участке р. Кальмиус между водохранилищами, точки (СТ1-3) отмечены для Старобешевского водохранилища (водоем охладитель Старобешевской ТЭС).

© **Мирненко Э. И., 2023**

Водохранилища, зарегулированные по р. Кальмиус, являются объектами с повышенной антропогенной нагрузкой [2–7], принимающими сточные воды промышленных предприятий. За счет зарегулирования стока происходит замедление скорости течения реки, её депонирование и накапливание макроэлементов и органических веществ. Перечисленные условия являются оптимальными для массового развития популяции представителей семейства Hydrodictyaceae.

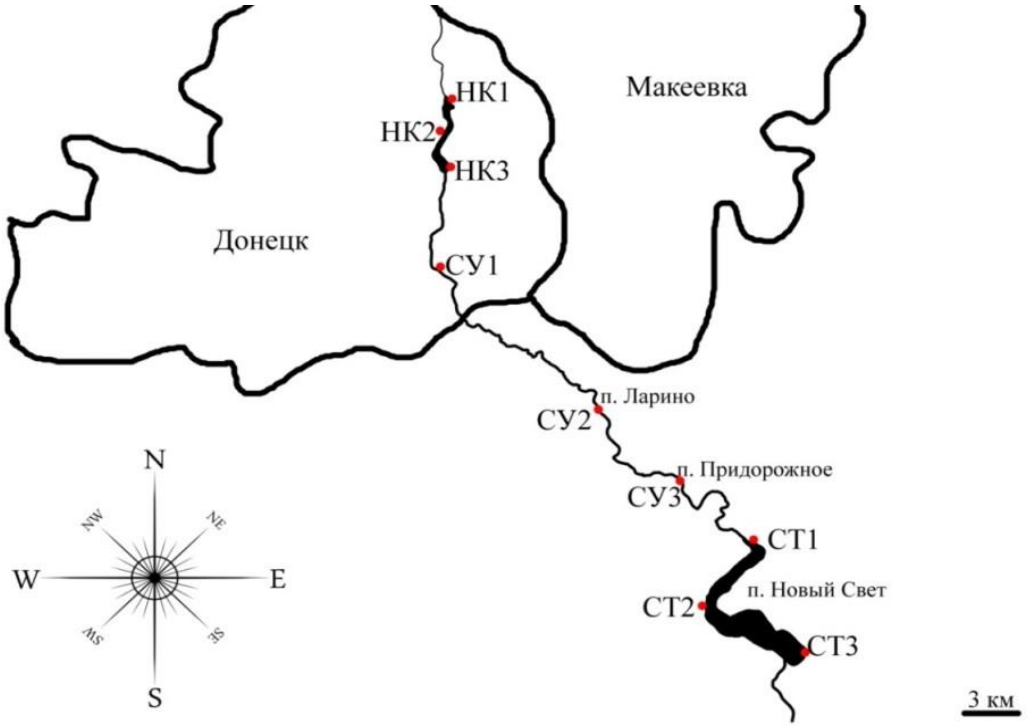

Рис. 1. Карта-схема расположение точек отбора проб:
НК – Нижнекальмиусское водохранилище, СУ – средний участок р. Кальмиус, СТ – Старобешевское водохранилище

Определение видового состава проводили с использованием светового микроскопа Zeiss Primo Star. Численность клеток фитопланктона определяли счетным методом при помощи камеры Горяева, биомассу устанавливали стереометрическим методом [8]. Для определения видовой принадлежности использовали общепринятый определитель [9]. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в водохранилищах по р. Кальмиус идентифицированы 291 вид и 162 внутривидовых таксона. Зеленые водоросли представлены 82 видами и 38 внутривидовыми таксонами. По видовому разнообразию зеленые водоросли являются одной из доминирующих групп.

Семейство Hydrodictyaceae представлено 3 родами – *Pediastrum* Meyen., *Pseudopediastrum* E. Hegew. in Buchheim., *Tetraëdron* Kütz. и 7 видами – *Pediastrum duplex* Meyen., *P. angulosum* Menegh., *P. tetras* (Ehrb.) Ralfs., *Pseudopediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansg., *T. minimum* (A. Br.) Hansg., *T. triangulare* Korsch и 5 внутривидовыми таксонами (табл. 1). По частоте встречаемости семейство формирует 3,41 % от всего видового состава, а виды семейства встречались в 6 из 10 проб.

Таблица 1

Таксономический состав семейства Hydrodictyaceae в водохранилищах Донбасса

Видовой таксон	Точки отбора								
	НК1	НК2	НК3	СУ1	СУ2	СУ3	СТ1	СТ2	СТ3
Отдел CHLOROPHYTA Класс CHLOROPHYCEAE Порядок CHAETOPHORALES Семейство HYDRODICTYACEAE Род *PEDIASTRUM* Meyen.									
1. *Pediastrum duplex* Meyen.	2	2	2	1	1	1	1	2	1
2. *P. duplex* var. duplex	2	2	1	-	-	-	-	-	-
3. *P. duplex* var. subgranulatum	-	-	-	-	-	-	1	-	-
4. P. angulosum Menegh	-	-	-	1	-	-	1	1	1
5. *P. angulosum* var. angulosum	-	-	-	-	-	-	1	-	1
6. *P. tetras* (Ehrb.) Ralfs.	2	2	1	-	1	-	-	-	1
Род *PSEUDOPEDIASTRUM* E. Hegew. in Buchheim									
1. *Pseudopediastrum boryanum* (Turp.) Menegh.	1	-	1	1	-	-	1	-	1
var. boryanum	-	-	-	-	-	1	-	-	1
var. longicorne	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Род *TETRAËDRON* Kütz.									
T. caudatum (Corda) Hansg.	1	2	1	-	-	-	1	-	-
T. minimum (A. Br.) Hansg.	1	1	1	-	-	1	-	1	-
T. triangulare Korsch.	-	-	-	-	-	-	1	1	-

Мы предположили, что динамика развития видов семейства Hydrodictyaceae имеет зависимость от ряда факторов. При этом существенную роль играет антропогенный фактор. Так, зимний период для всех точек отбора характеризовался незначительный присутствием видов (от 1 до 5 для единичной пробы). Максимальное видовое богатство наблюдалось вблизи канала спуска горячей воды в Старобешевском водохранилище (точка СТ 2). Так, в январе 2019 г. в индивидуальной пробе было обнаружено 6 видов исследуемого семейства Hydrodictyaceae, что является максимальным значением за весь период наблюдений. Нижнекальмиусское водохранилище не отличалось высоким видовым разнообразием, по-видимому, из-за наличия ледостава.

Весенний период часто характеризовался экспоненциальным ростом популяции *Pediastrum duplex* и *Pseudopediastrum boryanum*. Удельная скорость роста составляла от 110 до 230 % за одну декаду, а коэффициент роста не превышал 0,29 (r). Максимальный рост популяций наблюдается в мае для Старобешевского водохранилища и в июне для Нижнекальмиусского. Средний участок р. Кальмиус не имел высоких пиков развития семейства Hydrodictyaceae.

Летний период характеризовался общим увеличением температуры, появлением характерной температурной дихотомии и, как следствие, – стагнации водоемов, что во всех наблюдаемых водохранилищах приводило к уменьшению количества видов. В Старобешевском водохранилище температура воды вблизи пленки поверхностного натяжения воды доходила до отметки 40,2 °С, а в Нижнекальмиусском водохранилище вследствие массового развития сине-зеленых водорослей, происходила «сукцессия» всего видового разнообразия. Указанные условия в конечном итоге ингибировали развитие

зеленых водорослей. Средний участок р. Кальмиус также не характеризовался высокими показателями развития видового разнообразия.

Осенний период (вследствие климатического фактора) характеризовался подъемом численности популяции Hydrodictyaceae. Стоит обратить внимание, что значительную роль вносил осенний аллохтонный сток биогенов, т.к. после летнего «цветения» сине-зеленых водорослей концентрация макроэлементов (азота и фосфора) находилась на минимальном уровне. Удельная скорость роста популяций по наблюдаемым точкам отбора составляла 75–130 %, а коэффициент роста не превышал *r* -0,21. В I декаде ноября популяции семейства Hydrodictyaceae начинают проявлять тенденции к флуктуациям, после чего их плотность снижается и переходит в состояние зимней сукцессии.

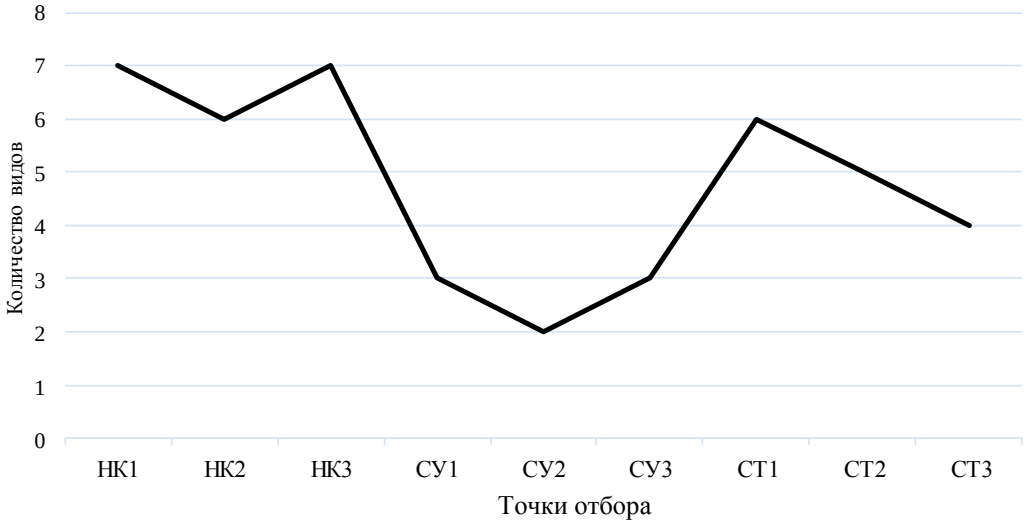

Рис. 2. Варьирование количества видов семейства Hydrodictyaceae в весенний период 2019 г.

Распределение видов семейства Hydrodictyaceae по акватории р. Кальмиус достаточно неоднородное (рис. 2). Максимальные показатели численности были отмечены в Старобешевском и Нижнекальмиусском водохранилищах, а наименьшие – в среднем участке реки, что, по-видимому, обусловлено процессами реофильности.

Род *Pediastrum*, по-видимому, имеет фенотипическую пластичность в зависимости от внешних факторов и возраста. Так, по нашим наблюдениям, в период летнего термоклина у видов *Pediastrum boryanum* и *P. duplex* начинает изменяться форма клетки. Упрощается рассеченность, глубина и форма выреза, длина наружных отростков, клетка из явно Н-образной переходит в более овальную. Также изменяется плотность клеток, их размер, расположение и форма гранул и бородавок на оболочке. Стоит подчеркнуть, что *Pediastrum boryanum* характерен для высоко эвтрофных водоемов, на что указывает увеличение числа клеток ценобия. Вследствие этого, данный признак может являться индикатором увеличения трофности. У вида *P. tetras*, в зависимости от температурного фактора, происходит уменьшение количества клеток ценобия, изменение выреза, утолщение оболочки (рис. 3, 3–4). Так, глубина выреза дихотомически разветвленной клетки уменьшена в пробах, отобранных близ канала спуска горячей воды в Старобешевском водохранилище, чем в Нижнекальмиусском водохранилище.

Также в заводях Нижнекальмиусского водохранилища, наполненных зоопланктоном, было отмечено появление оборонительных морф, а именно, увеличение количества многоклеточных видов *Pediastrum duplex*. Появление шипов на вершинах клеток ценобия может указывать на адаптацию от поедания хищниками. Представители рода *Pediastrum* формируют большее количество вариаций, что указывает на их пластичность.

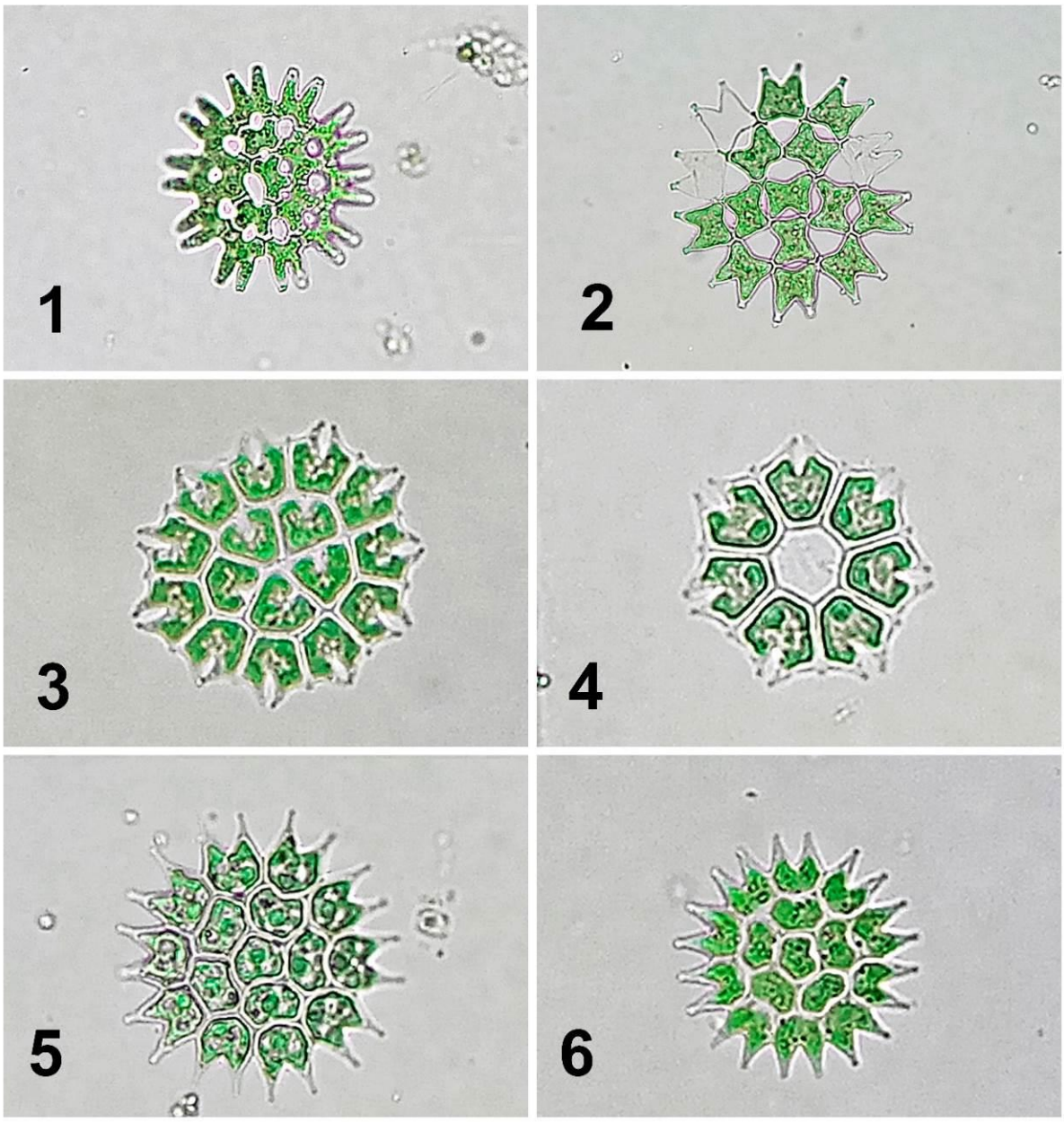

Рис. 3. Виды рода *Pediastrum*, обнаруженные в точках отбора по р. Кальмиус:
1–2 – *Pediastrum duplex*, 3–4 – *P. tetras*, 5–6 – *P. boryanum*

Выводы

Видовое разнообразие семейства Hydrodictyaceae имеет неоднородное распределение по акватории р. Кальмиус. В динамике развития существенную роль играет антропогенный фактор (увеличение температуры, трофический режим), что приводит к фенотипичной изменчивости видов семейства и указывает на возможность использования их в индикации состояния водных объектов.

Список литературы

1. *Горбунова Н. П.* Альгология : уч. пос. для вузов по спец. «Ботаника». М. : Высш. шк., 1991. 256 с.

2. *Мирненко Э. И.* Оценка трофности водоемов по средней концентрации хлорофилла *а* в фитопланктоне прудов г. Донецка // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : Матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2016. Т. 1. С. 311–312.

3. *Мирненко Э. И*. Гидрохимический режим прудов Старобешевского района // Вестник Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2019. № 1. С. 115–121.

4. *Мирненко Э. И*. Оценка состояния водохранилищ Донбасса по показателям степени сапробности // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020 а. № 1–2. С. 12–17.

5. *Мирненко Э. И.* Особенности выбора биоиндикаторов состояния водной среды // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Матер. XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2020 б. С. 166–169.

6. *Мирненко Э. И.* Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 30–35.

7. *Мирненко Э. И*., Садловская В. В. Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 13–21.

8. *Садчиков А. П.* Методы изучения пресноводного фитопланктона. М. : МГУ, 2003. С. 90–97.

9. *Царенко П. М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. К. : Наук. думка, 1990. 208 с.

10. *Mirnenko E. I.* Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius river and its reservoirs // Ecosystem Transformation. 2022. Vol. 5, N 2 (16). P. 3–13.

***Mirnenko E. I.* Family Hydrodictyaceae in reservoirs of Donbass.** – This work presents data on the dynamics of the Hydrodictyaceae family. The material for the work was samples taken in 2017–2021. The family Hydrodictyaceae was represented by 3 genera, 7 species and 5 intraspecific taxa. In terms of frequency of occurrence, the family formed 3,41 % of the total species composition of the algoflora, and species of the family were found in 6 of 10 samples. The distribution of the family species over the water area was characterized as heterogeneous. It should be emphasized that genus *Pediastrum* seems to have phenotypic plasticity depending on external factors and age, which indicates the possibility of its use in indication of the state of water bodies.

Key words: family Hydrodictyaceae, phytoplankton, fresh water bodies, Donbass.

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА
FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

УДК 069.5 : 595.7 : 378.4(477.62)

© **А. В. Амолин**

ОБЗОР КОЛЛЕКЦИИ НАСЕКОМЫХ (INSECTA) В ЭКСПОЗИЦИИ ЗООЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ДОНЕЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: a.amolin@mail.ru

***Амолин А. В.* Обзор коллекции насекомых (Insecta) в экспозиции Зоологического музея Донецкого государственного университета.** – В статье приведена общая характеристика коллекции насекомых, находящейся в экспозиции Зоологического музея Донецкого государственного университета. Специально рассмотрены редкие насекомые Донбасса, а также насекомые-опылители и энтомофаги, имеющиеся в этой коллекции. Коллекция насекомых представлена 753 экз. (единиц хранения), относящихся к 498 видам, 97 семействам и 12 отрядам. Наибольшим числом видов представлены отряды Hymenoptera (132 вида из 27 семейств), Coleoptera (130 видов из 17 семейств) и Lepidoptera (127 видов из 15 семейств). Из числа редких и охраняемых видов насекомых, имеющихся в экспозиции музея, приведено 58 видов из 8 отрядов. Среди них 8 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации. В экспозиции Зоомузея ДонГУ представлено не менее 18 видов пчел-опылителей и не менее 22 видов насекомых-энтомофагов, имеющих большое практическое значение.

Ключевые слова: коллекция, насекомые, зоологический музей, Донецкий государственный университет.

Введение

Зоологический музей Донецкого государственного университета (далее Зоомузей ДонГУ) является структурным подразделением кафедры зоологии и экологии биологического факультета. По своему профилю – это учебный, вузовский музей, в экспозиции которого представлено не менее 2500 экспонатов животных, собранных в виде отдельных коллекций. Инициаторами его создания были доктор биологических наук, профессор Зинаида Васильевна Усова, возглавлявшая факультет (1965–1972 гг.) и кафедру зоологии (1965–1982 гг.), и доктор биологических наук, профессор Николай Николаевич Ярошенко, заведующий кафедрой зоологии (1982–2020 гг.).

Зоомузей ДонГУ служит учебной и научной базой для студентов, аспирантов и сотрудников биологического факультета и является важным звеном в учебном процессе кафедры зоологии и экологии. Экспозиция музея существенно дополняет получаемые студентами знания на спецкурсах и курсах, читаемых на кафедре.

Коллекция насекомых Зоомузея ДонГУ была сформирована в 1997 г. студентами биологического факультета А. В. Амолиным и М. А. Мусичевым на основе коллекционных материалов по насекомым, хранящихся на кафедре зоологии, а также коллекции булавоусых чешуекрылых М. А. Мусичева, который передал ее в дар Зоомузею. После проведенной в 2012–2013 гг. реконструкции Зоомузея ДонГУ коллекция насекомых была существенно дополнена и в настоящее время насчитывает 753 экз. (единиц хранения), относящихся к 498 видам, 97 семействам и 12 отрядам. Большую помощь в пополнении музейной коллекции насекомых, а также в их определении, оказали преподаватели и выпускники кафедры зоологии и экологии М. Е. Сергеев, О. В. Пак, А. И. Губин, В. В. Мартынов, А. Е. Рязанцева, А. А. Панченко, В. Л. Перепечаенко, Е. Ю. Савченко, А. В. Амолин, И. Н. Оголь. В частности, донецкие энтомологи О. В. Пак, А. И. Губин, В. Л. Перепечаенко, М. Е. Сергеев, А. Е. Рязанцева, В. В. Мартынов и И. Н. Оголь передали в музей целый ряд местных и экзотических видов насекомых и оказали помощь в оформлении качественными фотоснимками (О. В. Пак, А. В. Мартынов, А. И. Губин, М. А. Чайка, И. Н. Оголь).

© **Амолин А. В., 2023**

Основная цель данной статьи – дать общий обзор коллекции насекомых, находящейся в экспозиции Зоомузея ДонГУ, со специальным рассмотрением редких насекомых Донбасса, а также насекомых-опылителей и энтомофагов, имеющихся в этой коллекции.

Материал и методы исследования

Материалом для составления списка послужила коллекция насекомых, представленная в экспозиции Зоомузея ДонГУ. Ее основой стали многолетние сборы насекомых, имеющиеся в коллекционном фонде кафедры зоологии и экологии, а также коллекционные материалы, переданные указанными выше преподавателями и выпускниками кафедры. Всего было обработано 753 экземпляра.

Результаты исследования

В коллекции насекомых Зоомузея ДонГУ наибольшим числом видов представлены отряды Hymenoptera (132 вида из 27 семейств), Coleoptera (130 видов из 17 семейств) (рис. 1) и Lepidoptera (127 видов из 15 семейств) (рис. 2).

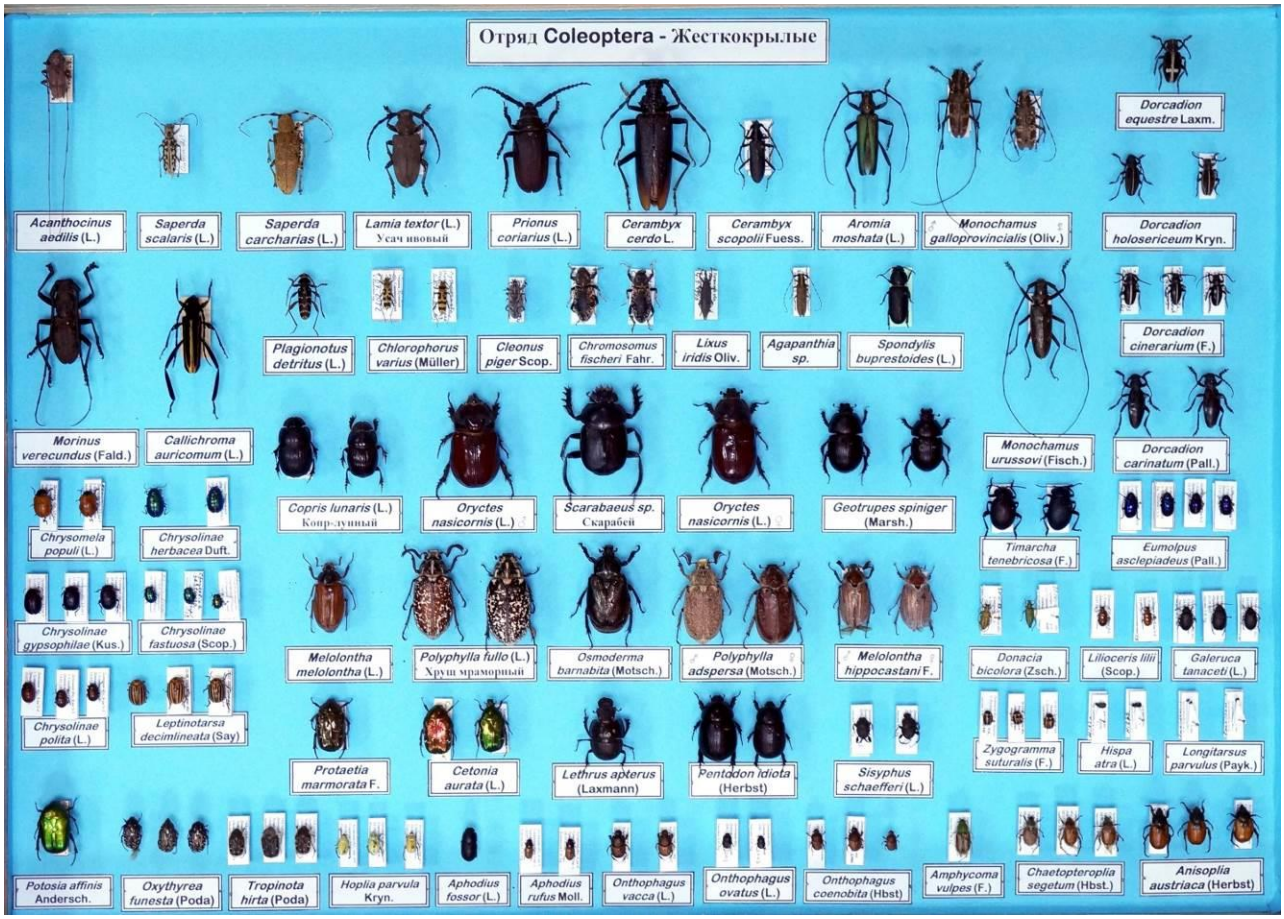

Рис. 1. Фрагмент коллекции насекомых (жесткокрылые – Coleoptera) в экспозиции Зоомузея ДонГУ

Среди представленных в экспозиции насекомых большая часть видов – это представители местной энтомофауны, включая редкие и исчезающие виды, а также виды, имеющие практическое значение (вредители сельского хозяйства, насекомые-энтомофаги, пчелы-опылители энтомофильных растений, насекомые – переносчики возбудителей различных заболеваний человека).

Рис. 2. Фрагмент коллекции насекомых (бабочки – Lepidoptera) в экспозиции Зоомузея ДонГУ

Кроме того, в коллекции представлены также некоторые экзотические виды из разных отрядов. Например, из числа экзотических насекомых нужно отметить 5 видов палочников (Phasmoptera), 11 видов тараканов, обитающих в Юго-Восточной Азии, Южной Америке, на Мадагаскаре, 14 видов африканских и среднеазиатских жуков, узкоареальные, восточноазиатские виды двукрылых, бабочек и перепончатокрылых, например, махаон Маака (*Achillides maackii* Ménétriès, 1859) (см. рис. 1), махаон мемнон (*Papilio memnon* Linnaeus, 1758), брамея дальневосточная (*Brahmaea tancrei* Austaut, 1896), слепень Будды (*Tabanus buddha* Portschinsky, 1887), жужелица-антия Маннергейма (*Anthia mannerheimi* Chaudoir, 1842), палочник Розенберга (*Eurycantha rosenbergii* Kaup, 1871) и другие виды.

Среди насекомых, имеющих практическое значение, в коллекции представлены вредители сельского и лесного хозяйства, например, разные виды бабочек белянок – *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758), *P. rapae* (Linnaeus, 1758), совка-гамма – *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758), совка подсолнечниковая – *Schinia scutosa* (Denis et Schiffermüller, 1775), пяденица крыжовниковая – *Abraxas grossulariata* (Linnaeus, 1758), колорадский жук – *Leptinotarsa decimlineata* (Say, 1824), хлебный жук-кузька – *Anisoplia austriaca* (Herbst, 1783), медведка обыкновенная – *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758), прус итальянский – *Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758), щитник ягодный – *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758), черепашка вредная – *Eurygaster integriceps* Puton, 1881, щитник рапсовый – *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758), пилильщик рапсовый – *Athalia rosae* (Linnaeus, 1758), пилильщик-ткач красноголовый – *Acantholyda erythrocephala* (Linnaeus, 1758) и другие виды, а также полезные насекомые-энтомофаги, например, роющие осы-сфециды (Sphecidae), осы-крабониды (Crabronidae), складчатокрылые осы-эвменины (Eumeninae), осы-полистины (Polistinae) и осы-веспины (Vespinae), наездники-ихневмониды (Ichneumonidae), муравьи (Formicidae), жуки-жужелицы (Carabidae), сетчатокрылые (Neuroptera), а также насекомые – опылители сельскохозяйственных культур. К практически значимым видам относятся также имеющиеся в коллекции некоторые виды кровососущих двукрылых насекомых, например, виды семейства слепней (Tabanidae).

Коллекция насекомых Зоомузея ДонГУ, как и другие коллекции этого музея, является частью коллекционного фонда кафедры зоологии и экологии и имеет, кроме учебного, определенное научное значение, так как большинство экземпляров этикетированы и содержат данные о месте и времени сбора данного экземпляра.

Ниже приведены аннотированные списки редких насекомых Донбасса, а также насекомых-опылителей и энтомофагов, имеющихся в экспозиции Зоомузея ДонГУ. Виды, занесенные в Красную книгу Российской Федерации [12], отмечены звездочкой «*».

Редкие насекомые Донбасса в экспозиции Зоомузея ДонГУ

Отряд Odonata – Стрекозы

Gomphus flavipes (Charpentier, 1825) – Желтоногий дедка

Редкий вид с сокращающейся численностью вследствие загрязнения рек [17]. Для Донбасса был указан А. И. Олигером [25].

Anax imperator Leach, 1815 – Дозорщик-император *

Один из самых крупных видов стрекоз в фауне Донбасса. Широко распространенный и в некоторых местах обычный вид, однако загрязнение и осушение водоемов приводит к резкому сокращению численности этого вида [23].

Sympetrum pedemontanum (Allioni, 1766) – Перевязанная стрекоза

Редкий вид, численность которого снижается вследствие загрязнения и изменения гидрологического режима водоемов, в которых развиваются личинки, а также выжигания околоводной растительности [17, 23]. В Донбассе вид отмечен в РЛП «Меотида» [15].

Отряд Mantoptera – Богомоловые

Empusa pennicornis (Pallas, 1773) – Перистоусая эмпуза

Редкий вид, приуроченный к ксерофитным степным биотопам. В Донбассе вид отмечен локально на надпойменной песчаной террасе Северского Донца («Трёхизбенская степь»).

Отряд Orthoptera – Прямокрылые

Saga pedo (Pallas, 1771) – Степная дыбка *

Самый крупный представитель отряда прямокрылых в фауне Донбасса. Редкий вид, обитающий в степных биотопах.

Acrida bicolor (Thunberg, 1815) – Двуцветная акрида

Стенотопный вид, обитающий в Донбассе в ксерофитных биотопах Приазовской низменной степи, на псаммофитных участках побережья Азовского моря.

Отряд Coleoptera – Жесткокрылые

Calosoma sycophanta (Linnaeus, 1758) – Пахучий красотел *

Неморальный вид, приуроченный к широколиственным лесам Европы. В Донбассе редкий вид, обитающий в пойменных лесах долины Северского Донца, а также в байрачных лесах Донецкого кряжа.

Carabus clathratus Linnaeus, 1761 – Золотоямчатая жужелица

Лесной вид, отмеченный в Донбассе в пойменных лесах долины Северского Донца.

Platycerus caraboides (Linnaeus, 1758) – Жужелицевидный рогачик

Европейский неморальный вид, приуроченный к широколиственным лесам. В Донбассе редкий вид, отмеченный в пойменных лесах долины Северского Донца, а также в байрачных лесах Донецкого кряжа.

Lucanus cervus (Linnaeus, 1758) – Обыкновенный жук-олень *

Один из самых крупных видов жесткокрылых в фауне Донбасса, обитающий в широколиственных лесах долины Северского Донца, а также в байрачных лесах Донецкого кряжа.

Osmoderma barnabita Motschulsky, 1845 – Жук-отшельник *

Редкий неморальный вид, приуроченный к широколиственным лесам. Исчезающий вид [17]. В Донбассе вид единично отмечен в пойменных лесах долины Северского Донца [16].

Sisyphys schaefferi (Linnaeus, 1758) – Сизиф Шеффера

Редкий степной вид, приуроченный к степным, реже лесостепным ландшафтам.

Pygopleurus vulpes (Fabricius, 1781) – Хрущик-лисичка

Степной вид, сокращающийся в численности. В Донбассе вид отмечен на целинных степных участках.

Dicerca aenea (Linnaeus, 1767) – Бронзовая дицерка

Редкий неморальный вид, отмеченный в пойменных лесах долины Северского Донца, а также в байрачных лесах Донецкого кряжа.

Prionus coriarius (Linnaeus, 1758) – Усач-кожевник

Один из самых крупных видов жуков-усачей в фауне Донбасса, распространенный в долине Северского Донца на надпойменной песчаной террасе в сосновых борах.

Cerambyx cerdo Linnaeus, 1758 – Дубовый большой усач

Редкий неморальный вид (рис. 3, В), отмеченный в дубовых лесах долины Северского Донца.

Рис. 3. Некоторые редкие и охраняемые виды насекомых в экспозиции Зоомузея ДонГУ: А – *Colpa galbula* (Pallas, 1771), Б – *Polochrum repandum* Spinola, 1805, В – *Cerambix cerdo* Linnaeus, 1758, Г – *Megascolia maculata* (Drury, 1773) (вверху самка, внизу самец)

Cerambyx scopolii Fuessly, 1775 – Дубовый малый усач

В Донбассе вид отмечен в лесах долины Северского Донца, а также в байрачных лесах Донецкого кряжа.

Aromia moschata (Linnaeus, 1758) – Мускусный усач

Редкий вид, распространенный по всей территории Донбасса. Обитает в пойменных лесах, где приурочен к зарослям ив.

Lamia textor (Linnaeus, 1758) – Ивовый усач-толстяк

Редкий неморальный вид, отмеченный в пойменных лесах долины Северского Донца.

Dorcadion equestre (Laxmann, 1770) – Земляной усач-крестоносец

Степной вид, приуроченный к степным и лесостепным ландшафтам.

Timarcha tenebricosa (Fabricius, 1775) – Чернотелковый листоед

Редкий вид, локально отмеченный на заповедных территориях. Один из самых крупных листоедов фауны Донбасса.

Отряд Neuroptera – Сетчатокрылые

Libelloides macaronius (Scopoli, 1763) – Пестрый аскалаф

Редкий вид, отмеченный ранее в заповеднике «Провальская степь» [6].

Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые, или бабочки

Parnassius apollo (Linnaeus, 1758) – Обыкновенный аполлон*

Находки этого редкого вида были возможны на северо-востоке Донбасса [28].

Parnassius mnemosyne (Linnaeus, 1758) – Мнемозина, или черный аполлон

Редкий в Донбассе вид, локально отмеченный в лесных биотопах (опушки байрачных лесов, лугово-лесные поймы в долине Северского Донца).

Zerynthia polyxena ([Denis et Schifermüller], 1775) – Поликсена

Широко распространенный в Донбассе вид, встречается локально в луговых поймах, на опушках лесов [28].

Papilio machaon Linnaeus, 1758 – Махаон

Редкий, широко распространенный в Донбассе вид. Более многочислен в Приазовье [28]. Уязвим в антропогенных ландшафтах из-за гибели преимагинальных фаз при сенокошении или пожарах.

Iphiclides podalirius (Linnaeus, 1758) – Подалирий

Уязвимый вид, распространенный по всей территории Донбасса. Взрослые бабочки регулярно встречаются на приусадебных участках, в садах, лесополосах.

Melanargia russiae (Esper, [1783]) – Русская пестроглазка, или Суворовка

Редкий в Донбассе вид, локально отмеченный в окр. Артемовска, Славянска, заповеднике «Каменные могилы» [28].

Brintesia circe (Fabricius, 1775) – Бархатница Цирцея

Редкий в Донбассе вид, локально отмеченный в окр. Артемовска [28].

Nymphalis antiopa (Linnaeus, 1758) – Траурница

Редкий в Донбассе вид, обитающий в долине реки Северский Донец [28].

Limenitis camilla (Linnaeus, 1764) – Ленточник Камилла

Редкий в Донбассе вид, локально отмеченный в лесных биотопах.

Saturnia pyri ([Denis et Schiffermüller], 1775) – Грушевая павлиноглазка

Самый крупный вид чешуекрылых Европы, распространенный по всей территории Донбасса, включая селитебные ландшафты.

Acherontia atropos (Linnaeus, 1758) – Бражник «мертвая голова»

Редкий, сокращающийся в численности афротропический вид [30]. Во второй половине XIX века, в окр. Таганрога вид был нередким [Алфераки, 1876, цит. по: 30]. Взрослые бабочки иногда встречаются на пасеках.

Marumba quercus ([Denis et Schiffermüller], 1775) – Дубовый бражник

Редкий для фауны Донбасса вид, гусеницы которого питаются листьями дубов. Как и у большинства бражников, взрослые бабочки активны только в ночное время.

Sphinx ligustri Linnaeus, 1758 – Бражник сиреневый

Широко распространенный в Западной Палеарктике вид [30]. В Донбассе численность вида низкая. Во второй половине XIX века, в окр. Таганрога вид был достаточно обычным [Алфераки, 1876, цит. по: 30]. Бабочки встречаются в лесах, лесопарках, гусеницы многоядные, питаются листьями сирени, бирючины, ясеня, жимолости, смородины [30].

Hemaris fuciformis Linnaeus, 1758 – Жимолостевая шмелевидка

Редкий для фауны Донбасса вид, гусеницы которого питаются листьями жимолости, снежноягодника и подмаренника [17]. Имаго активны в дневное время суток.

Callimorpha quadripunctaria (Poda, 1961) – Четырехточечная медведица (Гера)

В Донбассе малочисленный, сокращающийся в численности вид.

Catocala fraxini (Linnaeus, 1758) – Голубая лента

Редкий для фауны Донбасса вид, приуроченный к лесным ландшафтам.

Catocala sponsa (Linnaeus, 1767) – Малиновая лента

Широко распространенный в Западной Палеарктике вид [10]. В Донбассе редкий, сокращающийся в численности вид. Взрослые бабочки активны в ночное время суток.

Отряд Hymenoptera – Перепончатокрылые

Parnopes grandior (Pallas, 1771) – Крупный парнопес *

Редкий для фауны Донбасса, псаммофильный вид, паразитирующий в гнездах роющих ос рода *Bembix*.

Polochrum repandum Spinola, 1805 – Сапига-полохрум

Редкий для фауны Донбасса вид паразитических ос (рис. 3, Б), самки которого паразитируют в гнездах пчел рода *Xylocopa* (*X. valga, X. violacea*).

Colpa galbula (Pallas, 1771) – Шеститочечная сколия

Редкий, псаммофильный вид, обитающий на сохранившихся участках псаммофитных степей в Приазовье, а также локально на Донецком кряже (рис. 3, А).

Megascolia maculata (Drury, 1773) – Сколия-гигант

Самый крупный в Европе вид ос-сколий, широко распространенный на Донбассе в селитебных городских и сельских ландшафтах (рис. 3, Г). Личинки этого вида развиваются на личинках жука-носорога (*Oryctes nasicornis*).

Scolia fuciformis (Scopoli, 1786) – Средиземноморская сколия

Редкий для фауны Донбасса вид паразитических ос, с очень слабо изученной биологией.

Parabatazonus lacerticida (Pallas, 1771) – Ящеричный батазон (рис. 4, Б)

Широко распространенный в Палеарктике вид дорожных ос. На территории Донбасса вид сокращает свою численность вследствие антропогенного влияния.

А Б

Рис. 4. Некоторые редкие перепончатокрылые в экспозиции Зоомузея ДонГУ:
А – *Bembix olivacea* Fabricius, 1787, Б – *Parabatazonus lacerticida* (Pallas, 1771)

Discoelius zonalis (Panzer, 1801) – Зональная дисцелия

Малочисленный для фауны Донбасса вид ос-веспид, приуроченный к пойменным и байрачным лесам. Реликт третичных широколиственных лесов Евразии.

Katamenes dimidiatus (Brullé, 1832) – Степной катаменес

Редкий для фауны Донбасса вид, приуроченный к петрофитным степям Донецкого кряжа и Приазовской возвышенности.

Larra anathema (Rossi, 1790) – Анафемская ларра

Редкий для фауны Донбасса вид, обитающий на гало-псаммофитных лугах приморских ландшафтов Приазовья.

Cerceris tuberculata (Villers, 1789) – Бугорчатая церцерис

Самый крупный вид рода *Cerceris* в фауне Донбасса. Отмечен в степных ландшафтах Донбасса как редкий, сокращающий свою численность вид.

Bembix olivacea Fabricius, 1787 – Оливковый бембикс (см. рис. 4, А)

Редкий для фауны Донбасса псаммофильный вид, обитающий на псаммофитных степях Азовского побережья и надпойменной песчаной террасе Северского Донца.

Melitturga clavicornis (Latreille, 1806) – Булавоусая мелиттурга

Один из главных опылителей посевной люцерны и некоторых других бобовых культур [30]. Приурочен к сохранившимся степным ландшафтам.

Xylocopa valga Gerstaecker, 1872 – Обыкновенная пчела-плотник

Один из самых крупных видов пчел в фауне Донбасса. Уязвимый вид, широко распространенный по всей территории. Самки строят гнезда в усохших стволах деревьев.

Xylocopa iris (Christ, 1791) – Радужная пчела-плотник

Редкий для фауны Донбасса вид. Самки строят свои гнезда в сухих стеблях травянистых растений, поэтому вид является уязвимым вследствие выжигания сухих травянистых растений.

Bombus muscorum (Linnaeus, 1758) – Моховой шмель

Редкий для фауны Донбасса вид, сокращающий свою численность из-за систематических весенне-осенних палов сухой травы.

Bombus zonatus Smith, 1854 – Опоясанный шмель

Редкий для фауны Донбасса степной вид, приуроченный к сохранившимся степным ландшафтам.

Bombus fragrans (Pallas, 1771) – Степной шмель *

На территории Донбасса, как и во многих районах юга Русской равнины, вид уже не отмечается многие годы. Степной вид, приуроченный к зональным степным ландшафтам Евразии. Гнезда устраивает, в основном, в норах сусликов [11].

Отряд Diptera – Двукрылые

Satanas gigas (Eversmann, 1855) – Гиганский ктырь

Самый крупный представитель отряда двукрылых в фауне Донбасса. Редкий, псаммофильный вид, приуроченный к участкам псаммофитных степей.

Ctenophora festiva Meigen, 1804 – Украшенная ктенофора

Редкий для фауны Донбасса неморальный вид, приуроченный к пойменным лесам долины реки Северский Донец и байрачным лесам Донецкого кряжа.

Всего коллекция насекомых включает 37 охраняемых видов, при этом некоторые виды (*Satanas gigas*, *Cerambyx cerdo*, *Bombus fragrans*), обитавшие ранее на Донбассе, уже не встречаются здесь.

Пчелы-опылители

К числу важнейших насекомых-опылителей в естественных и антропогенных экосистемах относится целый ряд насекомых из различных отрядов, при этом доминирующее значение в опылении большинства цветковых растений имеют пчелы, эволюция которых проходила сопряженно с эволюцией цветковых растений.

В экспозиции музея пчелы представлены 33 видами, среди которых 23 являются важнейшими опылителями многих растений, включая и энтомофильные сельскохозяйственные культуры Донбасса.

Ниже приведен аннотированный список видов пчел-опылителей, имеющих важное практическое значение, а также узких олиголектов представленных в экспозиции музея.

Семейство **Colletidae**

Colletes cunicularius (Linnaeus, 1761) – Пушистый коллет

Весенний моновольтинный вид, широко распространенный в Донбассе. Самки коллета пушистого известны как опылители плодовых культур (черешня, вишня, яблоня, груша, яблоня) [2, 3, 18, 22].

Семейство **Andrenidae**

Andrena pilipes Fabricius, 1781 – Угольночерная андрена

Летний бивольтинный вид, численность которого сокращается. Вид известен как опылитель плодово-ягодных культур (алыча, груша, яблоня, малина) и озимого рапса [2, 3, 18, 26].

Melitturga clavicornis (Latreille, 1806) – Булавоусая мелиттурга

Олиголект на цветках бобовых [31]. Один из важнейших опылителей кормовых бобовых трав (люцерна, эспарцет, клевер) [31]. В Донбассе редкий вид, нуждающийся в охране.

Семейство **Halictidae**

Halictus quadricinctus (Fabricius, 1776) – Четырехполосый галикт

Вид известен как опылитель люцерны посевной, подсолнечника, бахчевых культур [5, 19, 31].

Lasioglossum calceatum (Scopoli, 1763)

Один из обычных и широко распространенных в Донбассе видов пчел. Известен как опылитель плодовых культур, подсолнечника, гречихи, озимого рапса, тыквы [3, 27].

Systropha planidens Giraud, 1861

Малочисленный вид, самки приурочены к посещению цветков вьюнка полевого (олиголект) [31]. Известен также как опылитель бахчевых культур (дыня, тыква) [20, 21].

Семейство **Melittidae**

Dasypoda hirtipes (Fabricius, 1793)

Малочисленный вид, приуроченный к псаммофитным биотопам. Известен также как опылитель бахчевых культур (дыня, тыква) [20, 21].

Melitta leporina (Panzer, 1799)

Один из важнейших опылителей люцерны посевной и других бобовых кормовых трав [3, 31].

Семейство **Megachilidae**

Anthidium florentinum (Fabricius, 1775)

Вид отмечен как опылитель кормовых бобовых трав (люцерна посевная), подсолнечника и бахчевых культур [31].

Osmia cornuta (Latreille, 1805) – Рогатая осмия

Один из важнейших опылителей плодовых культур (абрикос, черешня, вишня, слива, персик, яблоня) [2, 3, 31, 38, 39].

Семейство **Apidae**

Anthophora plumipes (Pallas, 1772)

Весенний моновольтинный вид, отмеченный в качестве опылителя некоторых плодовых (алыча, черешня, вишня, яблоня) и ягодных культур (смородина золотистая) [3, 22].

Из числа пчел-апид большое практическое значение как опылители многих кормовых бобовых культур (клевера, люцерна, люпин, лядвенец) имеют шмели *Bombus lapidarius* (Linnaeus, 1758), *B. argillaceus* (Scopoli, 1763), *B. terrestris* (Linnaeus, 1758), *B. muscorum* (Linnaeus, 1758), *B. sylvarum* (Linnaeus, 1761), *B. zonatus* Smith, 1854, среди которых семьи

шмеля земляного (*B. terrestris*) специально разводят в промышленных масштабах для опыления многих тепличных культур (огурцы, томаты, земляника, кабачки) [4, 13, 14, 31].

Насекомые-энтомофаги

Насекомые-энтомофаги в экспозиции музея представлены различными видами стрекоз, перепончатокрылых (рогохвосты, наездники, осы и муравьи), хищных жесткокрылых, двукрылых (ктыри) и клопов. При этом главенствующую роль в экосистемах и практической деятельности человека играют энтомофаги из числа перепончатокрылых и жесткокрылых насекомых, прежде всего различные группы хищных жуков, наездников и ос. Ниже специально рассмотрены некоторые виды жесткокрылых и перепончатокрылых насекомых-энтомофагов, имеющихся в экспозиции Зоомузея ДонГУ.

Среди жесткокрылых насекомых-энтомофагов важную роль в биоценозах занимают жужелицы (Carabidae), обитающие на поверхности и в верхних слоях почвы. Личинки и имаго жужелиц являются облигатными и факультативными хищниками, регулирующими численность многих сельскохозяйственных вредителей [32]. В экспозиции Зоомузея ДонГУ жужелицы представлены 23 видами из 11 родов. При этом род *Carabus* представлен наибольшим числом видов (10 видов). К числу важнейших жужелиц-энтомофагов, имеющих большое практическое значение, относятся следующие виды.

Broscus cephalotes (Linnaeus, 1758) – Головастая жужелица

В Донбассе нередкий вид, встречающийся в лесополосах, городских лесопарках, агроценозах. Известно, что одна особь этого вида за сутки уничтожает 1–4 жуков и до 3–4 личинок щелкуна посевного (*Agriotes obscurus* L.) [Жаворонкова, 1971, цит. по: 32] вредителя многих овощных и зерновых культур.

Calosoma auropunctatum (Herbst, 1784) – Золототочечный красотел

Широко распространенный в Донбассе вид, отмеченный в различных биотопах, включая луговые поймы в долинах рек Северного Приазовья. Известно поедание взрослыми жуками гусениц ряда видов совок, в том числе предкуколок и куколок зерновой совки (*Hadena sordida* Bk.) [32], лугового мотылька [29]. В этой связи необходимо учитывать положительную роль этого вида в агроценозах Донбасса.

Calosoma sycophanta (Linnaeus, 1758) – Пахучий красотел

Редкий в Донбассе вид, нуждающийся в строгой охране. Полезная деятельность красотела пахучего была установлена в 1736 г. французским ученым Реомюром [32]. Личинки и взрослые жуки охотятся на гусениц и куколок некоторых опасных вредителей лесов и плодовых культур (непарный шелкопряд, монашенка, златогузка). При этом за один летний сезон один взрослый жук может уничтожить около 250 гусениц непарного шелкопряда [36], а за время своей жизни до 900 крупных гусениц [17]. Для борьбы с непарным шелкопрядом вид был специально акклиматизирован в США [17]. В отличие от многих видов жужелиц взрослые жуки и личинки красотела пахучего активно передвигаются по ветвям деревьев в поисках гусениц.

Calosoma inquisitor (Linnaeus, 1758) – Бронзовый красотел (инквизитор)

Обитатель широколиственных лесов Европы, Кавказа, Средней Азии и Дальнего Востока России [17]. В Донбассе обитает в байрачных и пойменных лесах речных долин, редко можно встретить в старых лесопарках. Личинки и взрослые жуки инквизитора активно истребляют многие виды опасных вредителей леса и плодовых садов (пядениц, златогузки, непарного шелкопряда) [17], дубовой листовертки [29]. При этом личинки жуков с целью питания, могут активно выкапывать из земли куколок бабочки пяденицы-обдирало [36].

Carabus cancellatus Illiger, 1798 – Решетчатая жужелица

Активный хищник, регулирующий численность многих почвенных вредителей, в некоторых странах успешно применяется для борьбы с колорадским жуком [29].

Pterostichus melanarius (Illiger, 1798).

Многочисленный и широко распространенный в Донбассе вид. По данным Ф. Шернея [Scherney, 1960, 1962, цит. по: 32], данный вид в агроценозах интенсивно истребляет рапсового пилильщика – опасного вредителя многих крестоцветных культур.

К числу перепончатокрылых насекомых-энтомофагов, представленных в экспозиции музея, следует отнести наездников (10 видов) и ос (65 видов). Ниже приводим список некоторых видов наездников и ос, имеющих большое практическое значение.

Brachymeria tibialis (Walker, 1834)

Хальцидоидный наездник из семейства Chalcididae, является одним из наиболее обычных паразитов куколок многих чешуекрылых, в том числе опасных вредителей леса (*Tortrix viridana* L.) и плодовых культур (*Lymantria dispar* L., *Hyphantria cunea* Drury) [7].

Chelonus oculator (Fabricius, 1775)

Наездник из семейства Braconidae, отмеченный на территории Донбасса. Вид является паразитом гусениц лугового мотылька (*Loxostege sticticalis* L.) – опасного вредителя многих сельскохозяйственных культур [33].

Metopius nectarius (Fabricius, 1793)

Ихневмоноидный наездник, паразитирующий на гусеницах капустной совки (*Mamestra brassicae* (L.)) и совки лебедовой (*Trachea atriplicis* (L.)) [34]. Первый вид известен как опасный вредитель многих овощных культур.

Pimpla instigator (Fabricius, 1793)

Наездник из семейства Ichneumonidae, известен как паразит более 70 видов различных насекомых [9], в основном чешуекрылых, среди которых многие виды садовых листоверток, шелкопрядов, совок, коконопрядов, медведиц, белянок [8, 29].

Ophion obscuratus Fabricius, 1798

Ихневмоноидный наездник, известен как эффективный паразит гусениц пядениц, включая вредителей плодовых садов – пяденицы-шелкопряда буруполосой (*Lycia hirtaria* Cl.), пяденицы оранжевой (*Agriopis aurantiaria* Den. et Schiff.), зимней пяденицы (*Operophthera brumata* L.) [8].

Scolia quadricincta (Scopoli, 1787) [= *Scolia dejeani* Vander Linden, 1829]

Один из 7 видов ос-сколий в фауне Донбасса. Самки этого вида развиваются на личинках хрущей [35], в том числе мраморного хруща (*Polyphylla fullo* L.) – одного из вредителей леса [29].

Discoelius zonalis (Panzer, 1801) – Зональная дисцелия

Малочисленный, реликтовый вид веспоидных ос Донбасса. Самки в качестве провизии для развития собственных личинок заготовляют гусениц чешуекрылых и ложногусениц пилильщиков, включая опасных вредителей леса, например гусениц листовертки дубовой (*Tortrix viridana* L.) [37].

Ancistrocerus parietinus (Linnaeus, 1761)

Один из 59 видов одиночных ос подсемейства Eumeninae (Vespidae) фауны Донбасса, широко распространенный по всей территории, в том числе в селитебных городских и сельских ландшафтах [1]. В качестве провизии самки запасают в свои гнезда гусениц различных видов Microlepidoptera, включая опасных вредителей плодовых и ягодных культур (*Archips rosana* (L.), *Pandemis dumetana* Tr.) [37].

Polistes dominula (Christ, 1791)

Один из обычных и широко распространенных видов ос-полистов в Донбассе (особенно в городских и сельских урболандшафтах). Самки для выкармливания своих личинок, а также для собственного питания охотятся на различных насекомых (в основном на гусениц чешуекрылых), включая вредителей садов, например, ложногусениц пилильщика пристифоры (*Pristiphora appendiculata* (Hartig)) [24] – опасного вредителя крыжовника.

Vespula germanica (Fabricius, 1793) – Германская оса

Один из обычных и широко распространенных видов ос-веспин в Донбассе. Часто встречается в селитебных городских и сельских ландшафтах, где самки могут устраивать свои гнезда на чердаках домов и различных хозяйственных построек. Спектр добычи самок этого вида включает целый ряд двукрылых насекомых, среди которых имеются виды мух – переносчиков опасных инфекций. В некоторых случаях данный вид может выступать второстепенным вредителем переспелых плодов и ягод.

Ammophila sabulosa (Linnaeus, 1758) – Песчаная аммофила

Широко распространенный в Донбассе вид, самки которого запасают для развития своих личинок гусениц различных видов совок (Noctuidae).

Sphex funerarius Gussakovskij, 1934

Один из самых крупных представителей ос-сфецид (Sphecidae) в фауне Донбасса. Самки запасают в свои гнезда имаго прямокрылых насекомых различных видов, включая также вредителей сельского хозяйства.

Philanthus triangulum (Fabricius, 1775) – Пчелиный филант, или пчелиный волк

Пчелиный волк – представитель семейства ос-кабронид (Crabronidae), имеет определенное практическое значение как вредитель пчелопасек. Самки этого вида охотятся на взрослых особей медоносной пчелы.

Larra anathema (Rossi, 1790)

Редкий для фауны Донбасса вид, отмеченный в Приазовье на побережье. Самки откладывают свои яйца на имаго медведок, которых предварительно временно парализуют уколом жала.

Bembix rostrata (Linnaeus, 1758)

Псаммофильный вид, приуроченный к открытым псаммофитным степям. Самки активно охотятся на взрослых мух, в том числе слепней, запасая их в свои гнезда для питания собственных личинок.

Bembix oculata Panzer, 1801

Как и предыдущий вид, активно истребляет различные виды мух, при этом встречается чаще и более многочислен в Донбассе.

Выводы

Коллекция насекомых в экспозиции Зоомузея ДонГУ представлена 753 экз. (единиц хранения), относящихся к 498 видам, 97 семействам и 12 отрядам. Наибольшим числом видов представлены отряды Hymenoptera (132 вида из 27 семейств), Coleoptera (130 видов из 17 семейств) и Lepidoptera (127 вида из 15 семейств).

Из числа редких и охраняемых видов насекомых, имеющихся в экспозиции, приведено 58 видов из 8 отрядов. Среди них 8 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации. В экспозиции Зоомузея представлено не менее 18 видов пчел-опылителей и не менее 22 видов насекомых-энтомофагов, имеющих большое практическое значение. Коллекция насекомых Зоомузея служит хорошим наглядным пособием при изучении фауны и экологии насекомых Донбасса, а также при изучении практического значения насекомых.

Список литературы

1. *Амолин А. В.* Эколого-фаунистический обзор ос подсемейства Eumeninae (Hymenoptera: Vespidae) Юго-Восточной Украины. Донецк : ДонНУ, 2009. 122 с.

2. *Амолин А. В.* К изучению пчел-опылителей плодово-ягодных культур на приусадебных участках г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 66–77.

3. *Амолин А. В.* Пчелы-опылители (Hymenopetra: Apoidea) энтомофильных сельскохозяйственных культур Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 78–89.

4. *Ащеулов В. И.* Шмели-опылители сельскохозяйственных растений в теплицах. Иваново : Минсельхоз РФ, 2001. 233 с.

5. *Благовещенская Н. Н.* Одиночные пчелы на подсолнечнике // Пчеловодство. 1982. № 9. С. 15.

6. *Захаренко А. В.* Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды сетчатокрылых (Insecta, Neuroptera) фауны Украины // Известия Харьковского энтомол. общества. 1994. Т. 2, вып. 2. С. 101–104.

7. *Зерова М. Д., Котенко А. Г., Толканиц В. И., Никитенко Г. Н., Гумовский А. В., Симутник С. А., Фаринец С. И., Федоренко В. П.* Атлас Европейских насекомых-энтомофагов. Киев : «Колобіг», 2010. 55 с.

8. *Зерова М. Д., Толканиц В. И., Котенко А. Г., Нарольский Н. Б., Фурсов В. Н., Фаринец С. И., Кононова С. В., Никитенко Г. Н., Мелика Ж. Г., Свиридов С. В.* Энтомофаги вредителей яблони юго-запада СССР. Киев : Наукова думка, 1992. 276 с.

9. *Каспарян Д. Р., Халаим А. И.* Подс. Pimplinae / Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. IV. Сетчатокрылообразные, скорпионницы, перепончатокрылые. Ч. 5. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 315.

10. *Ключко З.* Совки України. Київ : Вид-во Раєвського, 2006. 248 с.

11. Красная книга Республики Крым. Животные. Симферополь : ООО «ИТ Ариал», 2015. 440 с.

12. Красная книга Российской Федерации. Животные. М. : ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. С. 1128.

13. *Лопатин А. В., Солдатова Н. В., Вилкова Н. А.* Фуражировочная активность шмелей и пчел при опылении огурца в теплицах // Пчеловодство. 2007. № 9. С. 56–59.

14. *Лопатин А. В., Солдатова Н. В., Вилкова Н. А.* Посещаемость шмелями цветков томатов в теплицах // Пчеловодство. 2008. № 8. С. 56–58.

15. *Мартынов А. В.* Отряд Odonata – Стрекозы / Ландшафты, растительный покров и животный мир регионального ландшафтного парка «Меотида». Донецк : «Ноулидж», 2010. С. 123–124.

16. *Мартынов В. В.* К вопросу о распространении и состоянии популяций некоторых краснокнижных насекомых на территории Донбасса // Рідкісні та зникаючі види комах і концепції Червоної книги України : зб. наук. праць (за матер. доп. наук. конф.). Київ, 2005. С. 75–79.

17. *Мирзоян С. А., Батиашвили И. Д., Грамма В. Н., Вардикян С. А., Ключко З. Ф., Крицкая И. Г., Эффенди Р. Э., Халифман И. А., Васильева Е. Н., Самедов Н. Г., Новак И., Цапецкий З.* Редкие насекомые. М. : Лесная промышленность, 1982. 165 с.

18. *Музиченко Ю. О.* До пізнання фауни та екології комах-запилювачів плодо-ягідних культур // Труди Ін-ту зоол. та біології : зб. наук. праць. 1937. Т. 14, № 4. С. 197–222.

19. *Муравьева М. А.* Изучение и охрана пчелиных – опылителей бахчевых культур в Крыму // Экосистемы Горного Крыма, их оптимизация и охрана. Симферополь : СГУ, 1983. С. 115–121.

20. *Невкрыта А. Н.* Насекомые, опыляющие бахчевые культуры. Киев : Ин-т АН УССР, 1953. 92 с.

21. *Невкрыта А. Н.* Роль диких насекомых в опылении бахчевых культур // Опыление сельскохозяйственных растений / Под общ. ред. И. В. Кришчунас, А. Ф. Губина. М., 1956. С. 204–208.

22. *Невкрита О. М.* До вивчення комах-запилювачів черешні та вишні на України // Зб. праць музею АН УРСР. 1957. № 28. С. 49–62.

23. *Никитский Н. Б., Свиридов А. В.* Насекомые Красной книги СССР. М. : Педагогика, 1987. 176 с.

24. *Оголь И. Н., Ярошенко Н. Н.* Охотничье поведение ос *Polistes dominula* (Chrisr) *Polistes gallicus* (L.) (Hymenoptera: Vespidae) // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. матер. XIV Междунар. науч. конф. асп. и студ. Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2020. С. 185–187.

25. *Олигер А. И.* Эколого-фаунистическая характеристика стрекоз (Odonatoptera) Донбасса : Автореф. дис. … канд. биол. наук. Донецк, 1975. 20 с.

26. *Осичнюк Г. З.* Бджоли-андреніди. Фауна України. Бджолині. Київ : Наукова думка, 1977. Т. 12, вип. 5. 328 с.

27. *Песенко Ю. А.* Материалы по фауне и экологии пчелиных (Hymenoptera, Apoidea) степей Нижнего Дона. Сообщение II. Семейство Halictidae // Энтомол. обозр. 1972. Т. 51, вып. 2. С. 282–295.

28. *Плющ И. Г., Пак О. В.* Аннотированный список булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Донецкой области // Известия Харьковского энтомол. общества. 2001 (2002). Т. IX, вып. 1–2. С. 73–90.

29. *Положенцев П. А., Козлов В. Ф.* Малый атлас энтомофагов. М. : Лесная промышленность, 1971. 120 с.

30. *Полтавский А. Н.* Бражники (Lepidoptera, Sphingidae) Ростовской области и юга России : методическое пособие по энтомологии. М., 2004. 56 с.

31. *Радченко В. Г., Песенко Ю. А.* Биология пчел (Hymenoptera, Apoidea). СПб. : ЗИН РАН, 1994. 350 с.

32. *Сумароков А. М.* Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидной нагрузки. Донецк : Изд-во «Вебер», 2009. 193 с.

33. *Теленга Н. А.* Фауна СССР. Насекомые перепончатокрылые. Сем. Braconidae, подсем. Braconinae (продолжение) и Sigalphinae. Т. V. вып. 3. М. – Л. : АН СССР, 1941. С. 261.

34. *Толканиц В. И.* Подс. Metopiinae / Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. IV. Сетчатокрылообразные, скорпионницы, перепончатокрылые. Ч. 5. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 645.

35. *Штейнберг Д. М.* Фауна СССР. Т. 13: Сем. Сколии (Scoliidae). М. – Л. : АН СССР, 1962. 186 с.

36. *Яблоков-Хнзорян С. М.* Фауна Армянской ССР. Насекомые жесткокрылые, Жужелицы (Carabidae). Ч. I. Ереван : Изд-во АН Армянской ССР, 1976. С. 89.

37. *Blüthgen P.* Die Faltenwespen Mitteleuropas (Hymenoptera, Diploptera). Berlin : Akademie-Verlag, 1961. 247 s.

38. *Tasei J.-N.* Observations sur le development d'*Osmia cornuta* Latr. et *Osmia rufa* L. (Hymenoptera: Megachilidae) // Apidologie. 1973. Vol. 4, N 4. P. 295–315.

39. *Torchio P. F.* The introduction of the European bee, *Osmia cornuta* Latr., into the U.S. as a potential pollinator of orchard crops, and a comparison of its manageability with *Osmia lignaria* propinqua Cresson (Hymenoptera, Megachilidae) // Journal Kansas entomol. Soc. 1985. Vol. 58, N 1. P. 42–52.

Amolin A. V. **Review of the collection of insects (Insecta) in the exposition of Zoological museum of Donetsk State University.** – The article gives a general description of the insect collection at the Zoological museum Donetsk State University. Rare insects of Donbass, as well as insect pollinators and entomophagous available in this collection are specially considered. The insects collection includes 753 specimens (storage units), belonging to 498 species, 97 families and 12 orders. The largest number of species is represented by Hymenoptera (132 species from 27 families), Coleoptera (130 species from 17 families) and Lepidoptera (127 species from 15 families). From the number of rare and protected species of insects available in the exposition of the museum, 58 species from 8 orders are given. Among them 8 species are included in the Red Book of the Russian Federation. At least 18 species of pollinating bees and at least 22 species of entomophagous insects of great practical importance are represented in the exposition of the Zoomuseum.

Key words: collection, insects, Zoological museum, Donetsk State University.

УДК 595.4

© **Е. В. Прокопенко**

ПАУКИ (ARANEI) И СЕНОКОСЦЫ (OPILIONES) АГРОЭКОСИСТЕМЫ С. МАЛИНОВКА (ГУЛЯЙПОЛЬСКИЙ РАЙОН, ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: helen_procop@mail.ru

Прокопенко Е. В. **Пауки (Aranei) и сенокосцы (Opiliones) агроэкосистемы с. Малиновка (Гуляйпольский район, Запорожская область).** – В агроэкосистеме с. Малиновка отмечено 35 видов пауков из 15 семейств и 3 вида сенокосцев из единственного семейства Phalangiidae. *Tetragnatha nigrita* Lendl, 1886, *Phalangium opilio* Linnaeus, 1758, *Opilio parietinus* (De Geer, 1778) приводятся впервые для Запорожской области. Семейства пауков Linyphiidae, Lycosidae и Araneidae характеризуются наибольшим видовым богатством. Наибольшее количество видов и динамическая плотность пауков и сенокосцев отмечены в смешанном древесном насаждении, в агроценозах (огород, плодовый сад, вспаханное поле) и на выпасе эти показатели значительно снижены. Наивысшую среднюю динамическую плотность за период наблюдений имеют *Eratigena agrestis* (Walckenaer, 1802), *Pardosa agrestis* (Westring, 1861), ювенильные Lycosidae, *Opilio saxatilis* C. L. Koch, 1839 и ювенильные *Opilio* sp. Сезонная динамика численности пауков характеризуется пиками в мае и августе, сенокосцев – в августе.

Ключевые слова: пауки, Aranei, сенокосцы, Opiliones, агроценоз, фауна.

Введение

Фауна пауков и сенокосцев Запорожской области – одна из наименее изученных. В настоящее время на территории области известно 155 видов пауков. Для сравнения, в соседних Днепропетровской и Херсонской областях отмечено, соответственно, 388 и 384 вида. Большинство данных о пауках Запорожской области приводится в таксономических работах с ревизиями и описаниями новых родов и видов. Наиболее значимое исследование пауков региона было проведено на побережье Молочного лимана – зарегистрировано 72 вида из 17 семейств [1]. Кроме того, хорошо изучена синантропная аранеофауна [6 и др.]. Обобщающие данные о видовом составе пауков региона приведены в «Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine» и дополнениях к нему [10–12]. Сведения о сенокосцах Запорожской области касаются единственного вида – *Opilio saxatilis* C. L. Koch, 1839 [5, 14].

Целью данной работы было изучить фауну и структуру населения пауков и сенокосцев агроэкосистемы в с. Малиновка Запорожской области.

Материал и методы исследования

Материал был собран Е. Собкой в с. Малиновка Гуляйпольского района (47°42' N 36°29' E) в мае (10–17.05), июле (13–20.07), августе (14–21.08) и сентябре (20–27.09) 2006 г. с помощью почвенных ловушек Барбера, в качестве которых были использованы пластиковые стаканы на треть наполненные 2 % раствором формалина. Ловушко-линии выставлялись в смешанном древесном насаждении (сосна, клен, терн), плодовом саду, на огороде, выпасаемом лугу и участке пашни под паром. В каждом биотопе работало по 10 почвенных ловушек в каждый срок учета. Общая экспозиция составила 980 ловушко-суток. Кроме того, в жилых помещениях и палисадниках осуществлялся ручной сбор пауков. Было собрано 1063 экземпляра беспозвоночных, из них 202 паука и 320 сенокосцев.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было отмечено 35 видов пауков из 15 семейств (табл. 1, 2). *Tetragnatha nigrita* Lendl, 1886 приводится впервые для Запорожской области. Наибольшим видовым богатством характеризуются семейства Linyphiidae (5 видов), Lycosidae и Araneidae (по 4 вида). Видовой состав сенокосцев ограничен 3 видами

© **Прокопенко Е. В., 2023**

единственного семейства Phalangiidae: *Phalangium opilio* Linnaeus, 1758, *Opilio parietinus* (De Geer, 1778) и *O. saxatilis* C. L. Koch, 1839. Два первых вида сенокосцев в Запорожской области ранее не были отмечены.

Таблица 1

Видовой состав, динамическая плотность (экз. на 100 ловушко-суток) и относительная численность (%) пауков и сенокосцев с. Малиновка

Таксон	Биотопы					%
	ДрН	Ог	ПлС	Пл	Лг	
Allagelena gracilens (C. L. Koch, 1841)	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5
Eratigena agrestis (Walckenaer, 1802)	8,6	0,7	7,1	0,7	0,0	**20,8**
Tegenaria lapicidinarum Spassky, 1934	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Agelenidae gen. sp., juv	1,4	0,0	0,4	0,0	0,0	2,0
Clubionidae gen. sp., juv	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,5
Drassodes lapidosus (Walckenaer, 1802)	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Gnaphosa saurica Ovtsharenko, Platnick et Song, 1992	0,0	0,4	0,4	0,0	2,9	3,0
Micaria rossica Thorell, 1875	0,4	1,4	0,0	0,7	0,0	3,5
Gnaphosidae gen. sp., juv	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5
Agyneta fuscipalpa (C. L. Koch, 1836)	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Agyneta rurestris (C. L. Koch, 1836)	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5
Erigone dentipalpis (Wider, 1834)	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5
Linyphia triangularis (Clerck, 1757)	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Oedothorax apicatus (Blackwall, 1850)	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,0
Linyphiidae gen. sp., juv	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5
Pardosa agrestis (Westring, 1861)	1,4	2,1	3,2	2,1	0,7	**12,9**
Trochosa ruricola (De Geer, 1778)	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
Xerolycosa miniata (C. L. Koch, 1834)	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0
Lycosidae gen. sp., juv	19,6	1,8	0,0	0,7	0,7	**31,2**
Phrurolithus sp.	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0
Pisaura novicia (L. Koch, 1878)	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Pisauridae sp., juv	0,7	0,0	0,0	0,4	0,7	2,0
Attulus zimmermanni (Simon, 1877)	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Salticus scenicus (Clerck, 1757)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5
Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	1,0
Pachygnatha sp., juv	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4
Steatoda albomaculata (De Geer, 1778)	0,4	0,4	0,0	0,4	2,9	3,5
Thomisidae sp., juv	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5
Всего пауков	40,0	8,6	13,9	5,4	12,0	100
Opilio parietinus (De Geer, 1778)	2,9	0,0	2,9	0,0	0,0	3,1
Opilio saxatilis C. L. Koch, 1839	6,2	3,3	6,4	1,8	0,0	10,6
Phalangium opilio Linnaeus, 1758	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Opilio sp., juv	66,7	6,2	1,4	29,6	51,4	85,6
Всего сенокосцев	76,7	9,5	10,7	31,4	51,4	100

Примечание. ДрН – древесное насаждение, Ог – огород, ПлС – плодовый сад, Пл – поле под паром, Лг – выпасаемый луг; juv – ювенильный экземпляр.

Наибольшее видовое богатство пауков отмечено в древесном насаждении – 11 видов, на выпасе и в агроценозах количество видов значительно падает – найдено 4 вида на участке

пашни, 5 – на выпасаемом лугу, 6 видов – на огороде и в плодовом саду. 7 видов не обнаружены за пределами древесного насаждения.

Наибольшим значением динамической плотности пауков также характеризуется древесное насаждение, в остальных биотопах этот показатель снижается в 3–5 раз.

В древесном насаждении высокую динамическую плотность демонстрировали *Eratigena agrestis* (8,6 экз. на 100 ловушко-суток), *Steatoda albomaculata* (5,4 экз. на 100 ловушко-суток) и ювенильные Lycosidae (19,6 экз. на 100 ловушко-суток). В герпетобии огорода преобладали *Pardosa agrestis* (2,1 экз. на 100 ловушко-суток) и ювенильные Lycosidae (1,8 экз. на 100 ловушко-суток), в плодовом саду – *E. agrestis* (7,1 экз. на 100 ловушко-суток) и *P. agrestis* (3,2 экз. на 100 ловушко-суток).

Таблица 2

Видовой состав и относительная численность (%) пауков, собранных ручным способом

Вид	Относительная численность, %
Araneus diadematus Clerck, 1757	4,3
Argiope bruennichi (Scopoli, 1772)	4,3
Larinioides ixobolus (Thorell, 1873) *	31,9
Larinioides suspicax (O. Pickard-Cambridge, 1876)	4,3
Tegenaria lapicidinarum Spassky, 1934	6,4
Harpactea rubicunda (C. L. Koch, 1838)	2,1
Agyneta rurestris (C. L. Koch, 1836)	2,1
Erigone dentipalpis (Wider, 1834)	4,3
Alopecosa cursor (Hahn, 1831)	2,1
Tibellus oblongus (Walckenaer, 1802)	2,1
Pholcus phalangioides (Fuesslin, 1775) *	8,5
Pholcus ponticus Thorell, 1875 *	2,1
Tetragnatha nigrita Lendl, 1886	2,1
Parasteatoda lunata (Clerck, 1757)	8,5
Steatoda bipunctata (Linnaeus, 1758)	2,1
Steatoda castanea (Clerck, 1757) *	12,8

Примечание. * отмечены синантропные виды.

На поле под паром и выпасе динамическая плотность пауков имела низкие значения, наибольший показатель в первом биотопе у *P. agrestis* (2,1 экз. на 100 ловушко-суток), во втором – у *Gnaphosa saurica* и *Steatoda albomaculata* (по 2,9 экз. на 100 ловушко-суток). Таким образом, наивысшую среднюю динамическую плотность в исследованных агроценозах и древесном насаждении имели *E. agrestis*, *P. agrestis* и ювенильные Lycosidae.

P. agrestis выступает эудоминантом в агроценозах на территории Донецкой Народной Республики, как и комплекс неполовозрелых пауков-волков [2]. *E. agrestis* считается синантропным видом [4], хотя в ДНР широко представлен в агроценозах и древесных массивах различного типа.

Динамическая плотность сенокосцев практически во всех биотопах выше, чем этот показатель у пауков. Причем достигается это за счет обилия неполовозрелых особей *Opilio* sp. Наивысшее значение динамическая плотность имеет в древесном насаждении (76,7 экз. на 100 ловушко-суток), наиболее низкое – в огороде и плодовом саду (9,5 и 10,7 экз. на 100 ловушко-суток, соответственно). Видовое богатство наибольшее также в древесном насаждении – отмечены все три вида сенокосцев.

Наибольшую относительную численность среди сенокосцев имеет *O. saxatilis* (10,6 % собранных экземпляров). Вид распространен в Европе (исключая Иберийский полуостров), Турции, Израиле [15]. В Запорожской области был отмечен в г. Бердянске [5, 14]. Вид предпочитает открытые, хорошо прогреваемые солнцем местообитания с разреженной

растительностью, например, поля сельскохозяйственных культур, луга, дюны, железнодорожные насыпи и др. Встречается также в открытых кустарниковых зарослях, на опушках лесов, избегает леса с густым травяным ярусом [7, 13]. Вид также обычен в городах и поселках городского типа, где обитает на газонах, в парках и садах, на нижних частях стен зданий [13]. В ДНР наиболее многочислен в агроценозах и прилегающих к ним лесополосах [3].

O. parietinus в исследованных биотопах более редок, его относительная численность составляет 3,1 %. По литературным данным, это голарктический строго синантропный вид, обитающий в основном на деревянных, реже кирпичных стенах зданий, иногда проникая внутрь построек. Также встречается на стволах деревьев в садах и парках, заборах, но всегда в непосредственной близости от зданий [13]. В ДНР отмечен только на бетонном заборе в с. Белосарайская Коса.

Ph. opilio наиболее редок среди сенокосцев исследованного локалитета – его относительная численность не превышает 0,6 %. Вид широко распространен в Голарктике (исходно – в Европе и Азии, интродуцирован в США, Канаду и Новую Зеландию) [9]. Населяет открытые местообитания, такие как луга и болота, светлые леса, а также различные типы антропогенных местообитаний, такие как сады, агроценозы, лесные опушки, живые изгороди, газоны, карьеры, а в городах – зеленые насаждения, стены и мосты из различных материалов. Считается синантропным видом [8]. В агроэкосистемах ДНР отмечен только в лесозащитных полосах [3].

В сезонной динамике численности пауков отмечены два пика: в мае и, менее выраженный, в августе (рис. 1). В сезонной динамике сенокосцев заметен один пик в августе, обусловленный в основном неполовозрелыми экземплярами.

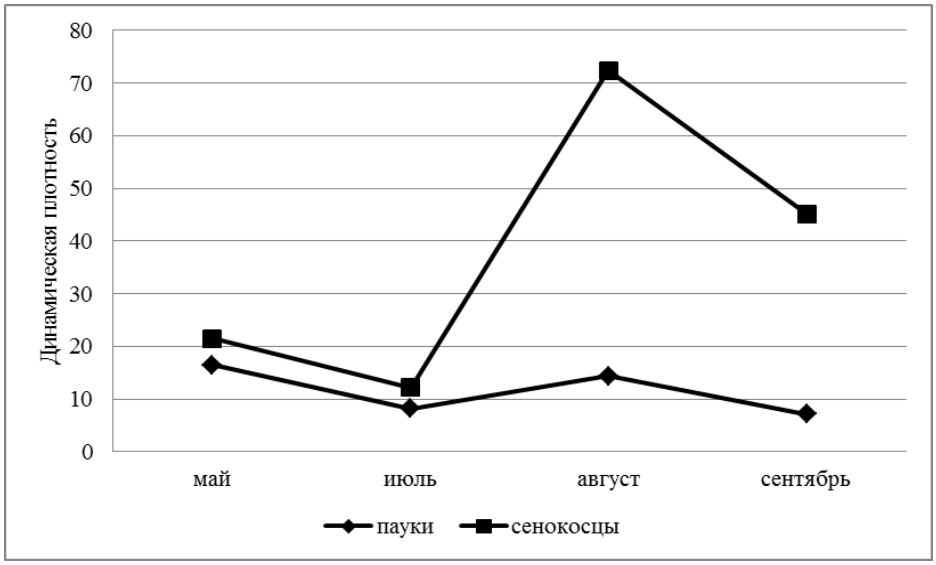

Рис. 1. Сезонная динамика динамической плотности (экз. на 100 ловушко-суток) пауков и сенокосцев исследованной агроэкосистемы с. Малиновка

Выводы

В агроэкосистеме с. Малиновка отмечено 35 видов пауков из 15 семейств и 3 вида сенокосцев из единственного семейства Phalangiidae. *T. nigrita, Ph. opilio, O. parietinus* приводятся впервые для Запорожской области. Наибольшее количество видов включают семейства пауков Linyphiidae, Lycosidae и Araneidae. Древесное насаждение характеризуется наибольшим видовым богатством и динамической плотностью пауков и сенокосцев, в агроценозах и на выпасе эти показатели значительно снижены. Наивысшую среднюю динамическую плотность в исследованных биотопах имеют *E. agrestis, P. agrestis,* ювенильные Lycosidae, *O. saxatilis* и ювенильные *Opilio* sp. Максимальная динамическая плотность пауков отмечена в мае и августе, сенокосцев – в августе.

Список литературы

1. *Леготай М. В., Воловник С. В., Евтушенко К. В.* Пауки (Aranei) побережья Молочного лимана (Запорожская область, Украина) // Український ентомологічний журнал. 2012. Вип. 2 (5). С. 49–55.

2. *Прокопенко Е. В., Савченко Е. Ю.* Пауки (Aranei) агроценозов Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. Вып. 1 (13). С. 122–133.

3. *Савченко Е. Ю., Горбачева Д. С., Прокопенко Е. В.* Сенокосцы (Opiliones) агроценозов Донецкой области // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : Тез. докл. XX Всеукр. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 13–15 апреля 2010 г.). Донецк : ДонНТУ, ДонНУ, 2010. Т. 2. С. 30–31.

4. *Федоряк М. М., Жуковец Е. М.* Примеры интродукции и акклиматизации пауков в урбанизированных экосистемах Украины и Беларуси или проблемы их идентификации // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : Матер. Междунар. науч.-практ. и X зоол. конф. Минск : ООО «Мэджик», ИП Вараксин, 2009. Ч. 2. С. 178–180.

5. *Чевризов Б. П.* К фауне сенокосцев (Opiliones) Западных районов Европейской части СССР // Энтомологическое обозрение. 1979. Т. LXIII, № 2. С. 426–430.

6. *Fedoriak M. M., Zhukovets E. M.* Spiders in apartment buildings of Ukraine cities // Book of Abstracts, 18th International Congress of Arachnology / Ed. M. Zabka (Poland, Siedlce, 11–17 July 2010). Siedlce : ELPIL, 2010. P. 130–134.

7. *Litavský J., Majzlan O., Svitok M., Stašiov S.* First records of *Opilio saxatilis* C. L. Koch, 1839 (Arachnida, Opiliones, Phalangiidae) from Serbia // Check List. 2018. 14 (1). P. 257–260. https://doi.org/10.15560/14.1.257

8. *Novak O., Klokočovnik V., Lipovšek Delakorda S., Devetak D., Janžekovič F.* Preferences for different substrates in *Phalangium opilio* (Opiliones: Phalangiidae) in natural environment // Acta Biologica Slovenica. 2009. 52 (1). P. 29–35.

9. *Martens J.* Spinnentiere, Arachnida-Weberknechte, Opiliones. Veb Gustav Fischer Verlag Jena, 1978. 464 p.

10. *Polchaninova N. Yu., Prokopenko E. V.* Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine // Arthropoda Selecta. Suppl. N_0 2. M. : KMK Scientific Press Ltd., 2013. 268 p.

11. *Polchaninova N. Yu., Prokopenko E. V.* Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine. Addendum 1. 2013–2016. // Arthropoda Selecta. Suppl. N_0 4. M. : KMK Scientific Press Ltd., 2017. 115 p.

12. *Polchaninova N., Prokopenko E.* An updated checklist of spiders (Arachnida: Araneae) of Left-Bank Ukraine. Eine aktualisierte Checkliste der Spinnen (Arachnida: Araneae) der Linksufer-Ukraine (linkes Ufer des Dnjepr) // Arachnologische Mitteilungen: Arachnology Letters. 2019. Vol. 57, № 1. P. 50–64. Appendix 1-32. https://doi.org/10.30963/aramit5711

13. *Rozwałka R.* Rozmieszczenie synantropijnych i ekspansywnych gatunków kosarzy (Arachnida: Opiliones) wpolskich Karpatach // Roczniki Bieszczadzkie. 2015. 23. P. 211–224.

14. *Staręga W.* Katalog der Weberknechte (Opiliones) der Sowjet-Union // Fragmenta Faunistica. Warszawa, 1978. 23 (10). P. 197–241.

15. *Staręga W.* On the identity and synonymies of some Asiatic Opilioninae (Opiliones: Phalangiidae) // Acta Arachnologica. 2003. Vol. 52 (2). P. 91–102.

***Prokopenko E. V.* Spiders (Aranei) and harvestmen (Opiliones) of agroecosystem in Malinovka village (Gulyaipolsky district, Zaporozhye region)**. – 35 species of spiders from 15 families and 3 species of harvestmen from the only family Phalangiidae are observed in the agroecosystem of Malinovka village. *Tetragnatha nigrita*, *Phalangium opilio*, *Opilio parietinus* are listed for the first time for Zaporozhye region. The spider families Linyphiidae, Lycosidae and Araneidae are characterized by the greatest species richness. The greatest number of species and dynamic density of spiders and harvestmen are noted in tree plantations. In agrocenoses these indicators are significantly reduced. *Eratigena agrestis*, *Pardosa agrestis*, juvenile Lycosidae, *Opilio saxatilis* and juvenile *Opilio* sp. have the highest average dynamic density for the period of observations. Seasonal dynamics of the number of spiders is characterized by peaks in May and August. Harvestmen have the greatest dynamic density in August.

Key words: spiders, Aranei, harvestmen, Opiliones, agrocenosis.

УДК 595.76

© Е. Ю. Савченко

ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ НАЗЕМНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ НЕКОТОРЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ДНР

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: katrinsavchenko@mail.ru

***Савченко Е. Ю.* Фауна и экология наземных жесткокрылых некоторых агроценозов ДНР.** – В работе проанализированы фауна и экология наземных жесткокрылых некоторых агроценозов ДНР, их видовой состав, биотопическое распределение, жизненные формы.

Ключевые слова: агроценозы, наземные жесткокрылые, жизненные формы.

Введение

Напочвенные беспозвоночные животные, в частности герпетобионтные жесткокрылые, являются важным компонентом наземной фауны агроценозов. Значительное видовое разнообразие, высокая скорость размножения, активное участие в круговороте вещества и энергии в экосистемах придают напочвенным жесткокрылым высокую индикационную ценность при проведении мониторинговых работ [1].

В связи с этим целью нашей работы был анализ фауны и экологии наземных жесткокрылых некоторых агроценозов ДНР, выявление видового состава, анализ биотопического распределения и составление спектра жизненных форм.

Материал и методы исследования

Основой для данной работы послужил материал, собранный в агроценозах Старобешевского района (пос. Петровское, с. Войково, с. Победа), Ясиноватского района (пос. Пески) и Советского района г. Макеевки (пгт. Нижняя Крынка) Донецкой Народной Республики. В качестве стационаров использовались поля кукурузы и подсолнечника (пропашные культуры), поля озимой и яровой пшеницы, ячменя (непропашные культуры), поля многолетних культур (эспарцет).

Программа исследований включала постановку на избранных стационарах почвенных ловушек Барбера в пики наибольшей сезонной активности жесткокрылых (май, июль, сентябрь) [2–4]. Ловушки устанавливались на каждом стационаре с расстоянием в 1 м в количестве 20 шт., с экспозицией неделю.

Общий объем обработанного материала – более 10 тыс. экземпляров.

Анализ структуры доминирования проведен с использованием шкалы Энгельманна [5].

Результаты и обсуждение

Всего в результате исследований было отмечено 17 семейств жесткокрылых, из них шесть относятся собственно к герпетобионтным жесткокрылым: Carabidae, Silphidae, Staphylinidae, Cryptophagidae, Anthicidae, Tenebrionidae. Семейства, входящие в число доминантных (например, Dermestidae, Chrysomelidae), но не относящиеся к герпетобию, в данной работе нами не принимались во внимание (табл. 1).

Для посевов многолетних культур присущ следующий состав доминантных семейств: Carabidae (38,39 %), Silphidae (29,42 %), Anthicidae (12,87 %). Silphidae представлены здесь тремя видами: *Silpha obscura* (Linnaeus, 1758), *Silpha carinata* (Herbst, 1784), *Nicrophorus vespillo* (Linnaeus, 1758). Высокая численность данного семейства обеспечивается исключительно за счет *S. obscura*, удельная доля которого составляет до 88,3 % в сумме за год. В конце июня – начале июля высока удельная доля личинок мертвоедов, составляющая до 48 % всех сильфид. Но уже к концу июля доля личинок резко снижается, в то время как доля перелинявших имаго резко возрастает и составляет уже 94 %.

© Савченко Е. Ю., 2023

Таблица 1

Численность и удельная доля семейств Coleoptera агроценозов района исследований (экз./%)

Семейства	Непропашные культуры	Пропашные культуры	Многолетние культуры
Carabidae	709/33,63	862/22,88	1721/38,39
Histeridae	–	–	7/0,16
Silphidae	23/1,09	4/0,11	1319/29,42
Staphylinidae	31/1,47	37/0,98	60/1,34
Scarabaeidae	1/0,05	–	7/0,16
Trogidae	–	–	1/0,02
Dermestidae	82/3,89	22/0,58	630/14,05
Melyridae	–	2/0,05	–
Elateridae	–	–	2/0,04
Cryptophagidae	45/2,13	7/0,19	25/0,56
Coccinelidae	19/0,90	1/0,03	12/0,27
Anthicidae	548/26,00	2731/72,48	577/12,87
Mordellidae	1/0,05	–	1/0,02
Tenebrionidae	19/0,90	69/1,83	32/0,71
Chrysomelidae	616/29,22	30/0,80	10/0,22
Curculionidae	3/0,14	1/0,03	48/1,07
Latridiidae	11/0,52	2/0,05	31/0,69
Всего	2108/100	3768/100	4483/100

Пропашные культуры характеризуются резким преобладанием семейства Anthicidae, удельная доля которого на данном стационаре составляет 72,48 %. Среди представителей данного семейства здесь отмечены *Hirticomus hispidus* (Rossi, 1792), *Anthelephila pedestris* (Rossi, 1790). Из других доминантных семейств здесь также многочисленны Carabidae (22,88 %).

На полях с непропашными культурами доминируют два семейства: Carabidae (33,63 %) и Anthicidae (26,00 %). Среди представителей быстрянок регистрировались *Anthicus antherinus* (Linnaeus, 1760) и *Anthicus schmidti* Rosenhauer, 1847.

Интересным является тот факт, что семейство Tenebrionidae, в состав которого на исследованных участках входят такие вредители сельского хозяйства как *Gnaptor spinimanus* (Pallas, 1781), *Opatrum sabulosum* (Linnaeus, 1761), *Crypticus quisquilius* (Linnaeus, 1761), *Blaps lethifera* Marsham, 1802, *Oodescelis polita* (Sturm, 1807), *Pedinus femoralis* (Linnaeus, 1767), *Gonocephalum pusillum* (Fabricius, 1791), *Nalassus brevicollis* (Krynicky, 1832), *Platyscelis hypolitha* (Pallas, 1781) не входило в число доминантных ни на одном из исследованных стационаров.

Это может быть связано с несколькими причинами: а) большой численностью зоофагов из семейства Carabidae, которые могут служить естественными врагами тенебрионид (особенно на личиночных фазах); б) или же более ранней сезонной активностью чернотелок.

Не входили в число доминантов и семейства Cryptophagidae и Staphylinidae, доля их на исследованных стационарах не превышала 2,5 %.

Среди криптофагид на исследованных стационарах отмечены *Cryptohagus corticinus* Thomson, 1867 и *Cryptophagus schmidti* Sturm, 1845.

Staphylinidae в агроценозах района исследований представлены следующими видами: *Tachyporus solutus* Erichson, 1839, *Tachyporus nitidulus* (Fabricius, 1781), *Tachyporus hypnorum* (Fabricius, 1775), *Aleochara erythroptera* Gravenhorst, 1806, *Aleochara bipustulata* Linnaeus, 1760, *Drusilla canaliculata* (Fabricius, 1787), *Oxypoda abdominalis* (Mannerheim, 1830), *Oxypoda*

vicina Kraatz, 1856, *Astenus lionesis* (Joy, 1908), *Anotylus rugosus* (Fabricius, 1775), *Platydracus chalcocephalus* (Fabricius, 1801).

Таким образом, доминантную группировку на всех исследованных стационарах составляют представители семейств жужелицы и быстрянки. Anthicidae представлены всего четырьмя видами, указанными выше.

Что касается Carabidae, всего в результате исследований выявлен 51 вид жужелиц из 27 родов. Тем не менее, основу карабидокомплекса во всех исследованных агроценозах составляли всего несколько видов: *Zabrus tenebrioides* (Goeze, 1777), *Harpalus calceatus* (Duftschmid, 1812), *Harpalus rufipes* (De Geer, 1774), *Harpalus griseus* (Panzer, 1797), *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), *Poecilus sericeus* (Fischer von Waldheim, 1823). Высокая численность жужелиц в агроценозах достигается за счет резкого преобладания 1–2 видов (рис. 1–3).

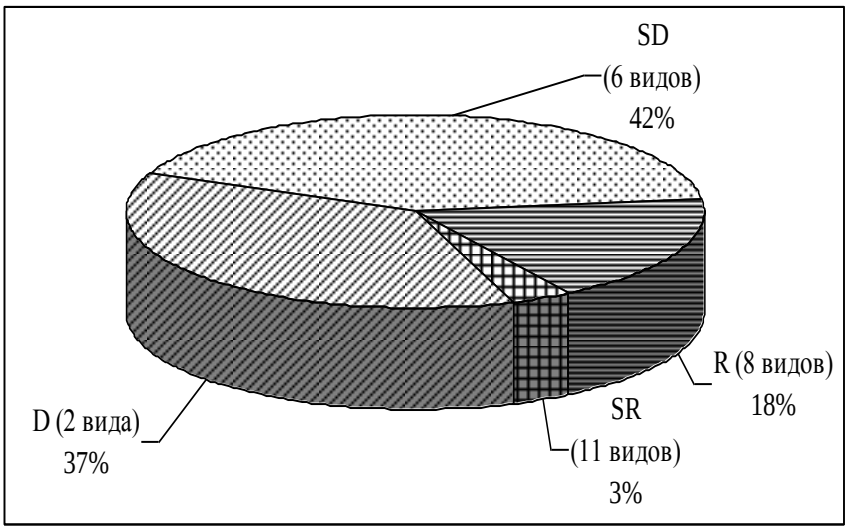

Рис. 1. Структура доминирования жужелиц на непропашных культурах

Во всех исследованных агроценозах в состав доминантов и эудоминантов входили *Z. tenebrioides* и *H. rufipes*, удельная доля которых составляла от 16 до 38 % и от 15 до 70 % соответственно. Массовый в агроценозах степной зоны вид *H. rufipes* входил в состав эудоминантов на посевах пропашных культур (поле подсолнечника), где его удельная доля достигала 70 % (см. рис. 2). На посевах непропашных культур (поле пшеницы) этот вид относился к категории доминантов, и его доля составляла 23 % (см. рис. 1). Это единственный вид, доминирующий на всех стационарных участках.

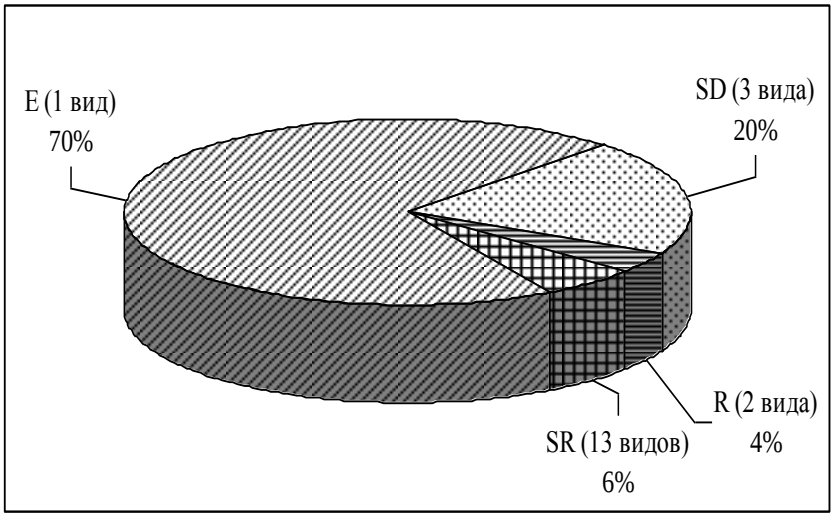

Рис. 2. Структура доминирования жужелиц на пропашных культурах

Такие виды как *P. cupreus* и *P. sericeus* достигали категории доминантов только на одном из участков, переходя на остальных в разряд субдоминантов, рецедентов или субрецедентов: на полях многолетних культур и непропашных культур их удельная доля составила 35 и 14 % соответственно.

Что касается видов-субдоминантов, то их больше всего на полях эспарцета и пшеницы – по 6 видов, что составляет соответственно 30 и 42 % от общего числа жужелиц на данном участке. На поле подсолнечника отмечено 3 вида-субдоминанта (20 %) (см. рис. 2).

Распределение видов-рецедентов выглядит следующим образом. Больше всего представителей данной категории отмечено на поле пшеницы – 8 видов, что составляет 18 % от общего количества Carabidae на этом стационаре. Меньше всего – на поле подсолнечника, где зарегистрировано 2 вида-рецедента (4 %). На поле эспарцета выявлено 7 видов (13 %).

Субрецеденты по числу входящих в них видов – самая многочисленная категория. Наибольшее количество субрецедентов отмечено на поле эспарцета – 33 вида (6 %), наименьшее – на поле пшеницы (11 видов, 3 %) (см. рис. 3).

Смена культуры в результате севооборота в большинстве случаев приводит к увеличению численности отдельных видов. Так, например, *Z. tenebrioides* после смены подсолнечника на озимую пшеницу резко увеличил свою численность и перешел в категорию эудоминантов.

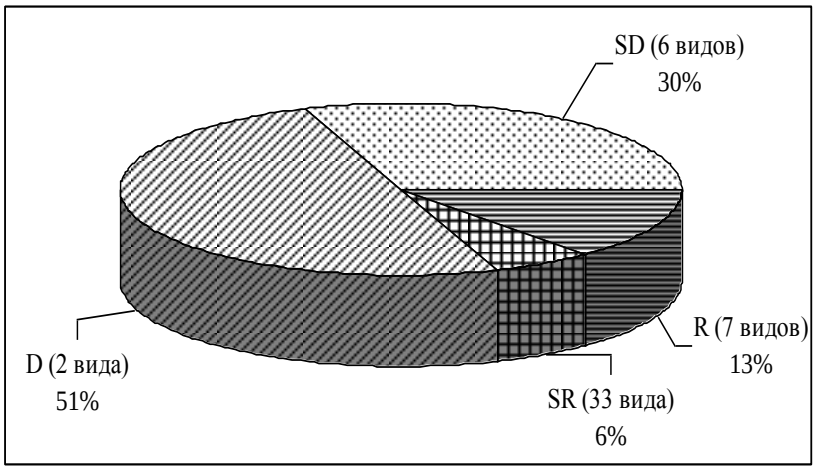

Рис. 3. Структура доминирования жужелиц на многолетних культурах

Интересно отметить, что на исследованных стационарах наблюдается конкуренция двух близких видов (*H. rufipes* и *H. griseus*), занимающих одни и те же биотопы и имеющих один спектр питания (рис. 4).

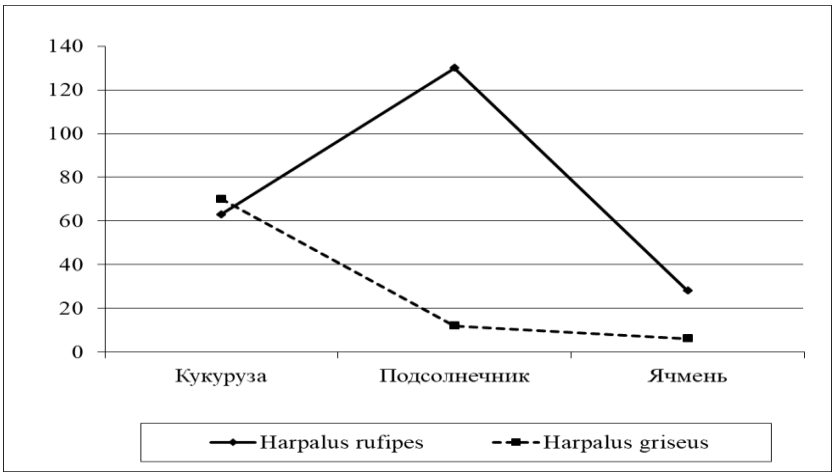

Рис. 4. Биотопическое распределение *Harpalus rufipes* и *Harpalus griseus*

По характеру изменения видового состава можно судить о влиянии севооборота. В результате смены пропашных культур на непропашные с одной стороны, увеличилось количество видов жужелиц, с другой стороны, одни виды появились, другие исчезли. Так, например, исчез *H. rufipes*.

Экологическое и морфо-адаптивное многообразие жужелиц велико и наиболее наглядно может быть продемонстрировано на примере их жизненных форм. Изучение жизненных форм в культурных ландшафтах позволяет выяснить пути их изменения под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Рассматривая спектры жизненных форм в целом за весь период исследований, можно отметить, что на исследованных стационарах, несмотря на колебания численности в течение сезона, наметилась следующая тенденция распределения имаго жужелиц по классам жизненных форм. На непропашных и многолетних культурах отмечено резкое доминирование класса зоофагов, на пропашных культурах преобладают миксофитофаги (табл. 2).

Таблица 2

Число видов и удельная доля жизненных форм жужелиц района исследований

Жизненные формы	Непропашные культуры	Пропашные культуры	Многолетние культуры
Класс Зоофаги	**15/59,1**	**14/26,8**	**24/58,1**
Подкласс Эпигеобиос	**4/7,2**	**3/2,9**	**3/6,3**
Группа эпигеобионты ходящие (крупные)	3/7,0	3/2,9	3/6,3
Группа эпигеобионты летающие	1/0,2	–	–
Подкласс Стратобиос	**10/48,7**	**9/22,3**	**19/48,0**
Серия стратобионты-скважники Группа поверхностно-подстилочные	2/2,1	2/0,9	5/4,1
Группа подстилочные	–	2/8,6	4/0,8
Группа подстилочно-трещинные	3/9,2	2/6,0	5/13,4
Группа ботробионты	1/0,3	–	1/0,2
Серия стратобионты зарывающиеся Группа подстилочно-почвенные	4/37,1	3/6,7	5/29,5
Подкласс Геобиос	**1/3,2**	**2/1,6**	**2/3,8**
Группа геобионты бегающие-роющие	1/3,2	1/1,0	1/3,7
Группа геобионты роющие	–	1/0,6	1/0,1
Класс Миксофитофаги	**7/40,9**	**5/73,2**	**17/41,9**
Подкласс Стратохортобиос	**1/23,5**	**1/70,4**	**2/26,0**
Группа стратохортобионты	1/23,5	1/70,4	2/26,0
Подкласс Геохортобиос	**6/17,4**	**4/2,8**	**14/15,9**
Группа геохортобионты гарпалоидные	5/11,6	3/2,7	13/15,7
Группа геохортобионты заброидные	1/5,8	1/0,1	1/0,2

Что касается распределения жужелиц по подклассам, то на всех исследованных участках самым многочисленным подклассом зоофагов по численному и видовому обилию оказался подкласс стратобионтов.

Среди миксофитофагов по численному обилию доминировал подкласс стратохортобионтов (исключительно за счет большой численности *H. rufipes*), а по видовому обилию – подкласс геохортобионтов.

Самыми многочисленными группами жизненных форм на полях непропашных и многолетних культур оказались группы подстилочно-трещинных и подстилочно-почвенных стратобионтов (класс зоофаги). Кроме того, на поле пшеницы многочисленными были также стратохортобионты (класс миксофитофаги).

На полях пропашных культур доминировали стратохортобионты. Самыми малочисленными на поле пшеницы были эпигеобионты ходящие крупные и геобионты бегающие-роющие; на поле многолетних культур, как и на всех исследованных участках, кроме пшеницы – геохортобионты заброидные; на поле подсолнечника – поверхностно-подстилочные стратобионты.

Такие группы, как эпигеобионты летающие из подкласса эпигеобиос (многолетние культуры), ботробионты из подкласса стратобиос (непропашные культуры) и геобионты роющие (пропашные культуры), были выявлены лишь на одном–двух участках (см. табл. 2).

Выводы

Всего в результате исследований было выявлено 17 семейств жесткокрылых, доминантную группировку на всех исследованных стационарах составляют представители семейств Carabidae и Anthicidae.

Семейство Tenebrionidae, в состав которого на исследованных участках входят исключительно вредители сельского хозяйства, не входило в число доминантных ни на одном из исследованных стационаров, что может быть связано с большой численностью зоофагов из семейства Carabidae, либо же более ранней сезонной активностью чернотелок.

Высокая численность жужелиц в агроценозах достигается за счет резкого преобладания 1–2 видов, представленных в основном вредителями той или иной степени важности, такими как *Z. tenebrioides*, *H. rufipes*, *H. griseus*, *H. calceatus*.

Список литературы

1. *Нужных С. А.* Использование наземных жесткокрылых – обитателей овощных агроценозов для мониторинга пригородных экосистем // Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ : Матер. IV Междунар. экол. конф. Новосибирск, 1999. С. 62–64. URL : http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000330254

2. *Карасева А. О., Савченко Е. Ю.* Герпетобионтные жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) агроценозов Старобешевского района // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : Матер. XXIV Всеукр. наук. конф. асп. та студ. Донецьк : ДонНТУ, ДонНУ, 2014. Т. 2. С. 58–60.

3. *Савченко Е. Ю.* Герпетобионтная мезофауна агроценозов Донецкого Кряжа // Видовые популяции и сообщества в естественных и антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики : Матер. XI Междунар. науч.-практ. экол. конф. (Белгород, 20–25 сентября 2010 г.). Белгород : ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2010. С. 183–184.

4. *Савченко Е. Ю., Шириколава А. А., Мартынов В. В.* Герпетобионтные жесткокрылые целинных степных участков и агроценозов поселка Нижняя Крынка // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : Зб. доп. VIII Міжнар. наук. конф. асп. та студ. Донецьк : ДонНТУ, ДонНУ, 2009. Т. 2. С. 12–13.

5. *Engelmann H.-D.* Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden // Pedobiologia. 1978. Bd. 18, Hf. 5/6. S. 378–380.

***Savchenko E. Yu.* Fauna and ecology of ground Coleoptera in some agrocenoses of DPR.** – The paper analyzes the fauna and ecology of ground beetles in some agrocenoses of DPR, their species composition, biotopic distribution, life forms.

Key words: agrocenoses, ground beetles, life forms.

УДК 595.423 : 574.34

© **А. Д. Штирц**

ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ ОКРЕСТНОСТЕЙ ШАХТЫ № 2-БИС НИКИТОВСКОГО РТУТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: eco-1999@mail.ru

Штирц А. Д. **Панцирные клещи окрестностей шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения.** – Установлен видовой состав и проанализированы основные экологические характеристики сообществ панцирных клещей на верхней площадке карьера и на степном участке в окр. шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения в весенний период года. По интегральному показателю сообществ орибатид дана оценка состояния окружающей среды.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, экологическая структура сообщества, Никитовское ртутное месторождение.

Введение

Никитовский ртутный комбинат – крупнейшее предприятие цветной металлургии бывшего СССР на базе Никитовского месторождения ртути, расположен в окр. пос. Ртутный (г. Горловка). Эксплуатация месторождения велась с 1886 г. В 1960-х годах Никитовский ртутный комбинат полностью удовлетворял потребности СССР в чистой ртути, при этом экспортировал ее во многие страны мира. В 1980-е годы в составе Никитовского ртутного комбината был рудник, металлургическое производство и карьеры по добыче ртутных руд. Здесь впервые в мире была разработана новая технология получения ртути сверхвысокой чистоты с полной механизацией всех процессов. С 1950-х годов наряду с шахтной добычей сырья начались карьерные разработки [9] (рис. 1).

В настоящее время Никитовский ртутный комбинат прекратил работу.

Рис. 1. Карьеры шахты 2-бис Никитовского ртутного месторождения (фото из: [9])

Изучение панцирных клещей карьеров – отдельное и очень интересное направление исследования техногенных ландшафтов Донбасса. Подобные исследования нами проводились в 2012 г. в мергельном карьере «Основной» Амвросиевского района, результаты которых опубликованы в работе [11]. Отмечен довольно специфический видовой состав орибатид (всего в карьере зарегистрирован 61 вид). При этом было обнаружено много редких видов (особенно в весенний период) и 2 новых вида для фауны Украины.

© **Штирц А. Д., 2023**

Целью данного исследования являлось установление видового состава и анализ экологической структуры сообществ панцирных клещей в окр. шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения в весенний период года.

Частично результаты работы были опубликованы [2, 3, 13].

Материал и методы исследования

В апреле 2021 г. были проведены исследования видового состава и экологической структуры населения панцирных клещей на верхней площадке карьера «Западное замыкание» Никитовского ртутного месторождения, расположенного в окр. пос. Ртутный (г. Горловка).

Восточный борт карьера непосредственно примыкает к шахте № 2-бис Никитовского ртутного месторождения. С 1960 г. разрабатывался Софиевский участок месторождения киновари и за годы работы комбината карьер достиг глубины 140 м [10]. В настоящее время шахта не работает, карьер заброшен (рис. 2).

Рис. 2. Карьер «Западное замыкание» Никитовского ртутного месторождения (фото Н. М. Кабанкова)

Сбор (Н. М. Кабанков) и обработка материала проводились по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [1] поэтапно: взятие проб объемом 250 см^3, выгонка клещей с помощью термоэклекторов Тульгрена, изготовление микропрепаратов с использованием жидкости Фора под бинокуляром Olympus SZ51, определение видового состава под микроскопом Zeiss Primo Star (Германия), математическая обработка и анализ материала. Для анализа структуры доминирования сообществ применялись градации доминирования по шкале Г. Энгельманна [14] для микроартропод. Анализ распределения жизненных форм проведен в соответствии с работами Д. А. Криволуцкого [4, 6]. Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей применялся индекс Шеннона, рассчитанный с использованием натурального логарифма, а также индексы Пиелу, Симпсона и Маргалефа [5]. Для анализа пространственного распределения сообществ применялся индекс агрегированности Лексиса [8]. Оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю структуры сообществ панцирных клещей проведена по предложенной нами методике [12].

Результаты и обсуждение

На ***верхней площадке карьера*** «Западное замыкание» шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения в весенний период было обнаружено 14 видов панцирных клещей со средней плотностью населения 11200 экз./м^2.

Доминировали 2 вида: *Multioppia glabra* (Mihelčič, 1955) – 24 % от общей численности орибатид и *Suctobelbella* sp. – 15 %. К субдоминантам отнесены 5 видов (48 %):

Gymnodamaeus bicostatus (C. L. Koch, 1835), *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880), *Microzetorchestes emeryi* (Coggi, 1898), *Ramusella mihelcici* (Perez-Inigo, 1965), *Pilogalumna allifera* (Oudemans, 1915). 4 вида отнесены к группе рецедентов (11 %): *Epilohmannia cylindrica cylindrica* (Berlese, 1904), *Metabelba pulverulenta* (C. L. Koch, 1839), *Medioppia obsoleta* (Paoli, 1908), *Zygoribatula exarata* (Berlese, 1917) и 3 вида – к субрецедентам (2 %): *Nothrus biciliatus* C. L. Koch, 1841, *Camisia* sp., *Sheloribates laevigatus* (C. L. Koch, 1835).

Анализ соотношения жизненных форм панцирных клещей показал, что на исследуемом участке присутствуют 5 основных адаптивных типов (не обнаружены только представители первично неспециализированных форм). При этом явно доминируют обитатели мелких почвенных скважин – 53 %, на долю обитателей поверхности приходится 28 %, вторично неспециализированные формы составляют 16 % от общей численности орибатид. Незначительно представлены глубокопочвенные формы и обитатели толщи подстилки – 2 и 1 % соответственно.

Индексы экологического разнообразия сообщества орибатид довольно высокие: индекс Шеннона составил 2,23 нат, Пиелу – 0,85, Маргалефа – 2,63, Симпсона – 8,01.

Н. М. Черновой и М. Н. Чугуновой [7, 8] была отмечена мозаичность пространственного распределения панцирных клещей, что связано с пространственным изменением свойств почвы, особенностями микрорельефа, а также с показателями численности и видовой специфики орибатид. Степень агрегации и тип пространственного распределения также зависят от скважности почвы, режима влажности, степени покрытия растительностью. Способность к образованию скоплений является биологической характеристикой видов, сильно зависящей от экологических условий. Максимальная агрегированность особей проявляется, как правило, при средних значениях плотности популяции [8].

На верхней площадке карьера индекс Лексиса был значительно больше 1 и составил 5,93, что свидетельствует о высокой степени агрегированности сообщества панцирных клещей.

Интегральный показатель структуры сообщества панцирных клещей [12] на верхней площадке карьера составил 19 баллов, что соответствует *незначительным отклонениям от нормы* (II уровень).

На ***степном участке*** в окр. шахты № 2-бис Никитовского ртутного месторождения было отмечено 10 видов панцирных клещей, средняя плотность населения составила 6000 экз./м^2.

Эудоминантом данного сообщества является вид *R. mihelcici* – 57 % от общей численности орибатид. К доминирующим также отнесен вид *T. velatus* – 13 %. На долю 5 субдоминантов (*Protoribates capucinus* (Berlese, 1908), *Ceratozetes* cf. *minutissimus* (Willmann, 1951), *Tectoribates ornatus* (Schuster, 1958), *S. laevigatus*, *Zygoribatula terricola ucrainica* (Iordansky, 1990)) приходится 25 %. К рецедентам отнесены 3 вида (*P. allifera*, *E. cylindrica cylindrica*, *Punctoribates liber* Pavlitshenko, 1991) – 5 %. Группа субрецедентов отсутствует.

На степном участке обнаружены представители только 4-х жизненных форм орибатид (не найдены обитатели толщи подстилки и первично неспециализированные формы). Доминируют обитатели мелких почвенных скважин – 56 % и вторично неспециализированные формы – 40 %. На долю обитателей поверхности почвы и глубокопочвенных форм приходится 3 и 1 % соответственно.

Индексы экологического разнообразия сообщества орибатид степного участка ниже, чем на верхней площадке карьера: индекс Шеннона составил 1,56 нат, Пиелу – 0,68, Маргалефа – 2,08, Симпсона – 2,97.

Индекс агрегированности Лексиса также был значительно выше 1 и составил 5,25, что свидетельствует об явном агрегировании сообщества орибатид.

Интегральный показатель структуры сообщества панцирных клещей на степном участке в окр. шахты 2-бис Никитовского ртутного месторождения составил 12 баллов, что соответствует *среднему уровню отклонений от нормы* (III уровень).

Выводы

В двух биотопах окр. шахты 2-бис Никитовского ртутного месторождения в весенний период года было обнаружено 19 видов панцирных клещей (14 – на верхней площадке карьера «Западное замыкание» и 10 – на степном участке). Средняя плотность населения составила 11200 и 6000 экз./м^2 соответственно.

Индексы экологического разнообразия сообщества орибатид на верхней площадке карьера довольно высокие (наиболее показательный индекс Шеннона составил 2,23 нат), на степном участке индексы ниже (1,56 нат).

Индекс Лексиса на двух исследуемых участках был значительно больше 1, что свидетельствует о высокой степени агрегированности сообществ орибатид.

На верхней площадке карьера в весенний период доминировали виды *M. glabra* и *Suctobelbella* sp., на степном участке – *R. mihelcici* и *T. velatus*.

На обоих исследуемых участках преобладали обитатели мелких почвенных скважин, а также обитатели поверхности на верхней площадке карьера и вторично неспециализированные формы на степном участке.

Оценка состояния окружающей среды в окр. шахты 2-бис Никитовского ртутного месторождения проведена по интегральному показателю структуры сообществ панцирных клещей: на верхней площадке карьера он составил 19 баллов, что соответствует *незначительным отклонениям от нормы* (II уровень), на степном участке (12 баллов) – *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень).

Представленные результаты отражают особенности экологической структуры населения панцирных клещей в весенний период года.

Список литературы

1. *Буланова-Захваткина Е. М.* Панцирные клещи – орибатиды. М. : Высш. шк., 1967. 254 с.

2. *Кабанков Н. М., Штирц А. Д.* Экологическая структура сообществ панцирных клещей в окр. Никитовского ртутного комбината (пос. Ртутный, г. Горловка) в весенний период года // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. матер. XVI Междунар. науч. конф. асп. и обуч. (Донецк, 2–4 июня 2022 г.). Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2022. С. 3–5.

3. *Кабанков Н. М., Штирц А. Д.* Жизненные формы панцирных клещей в окр. Никитовского ртутного комбината (пос. Ртутный, г. Горловка) // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. матер. XVII Междунар. науч. конф. аспирантов и обучающихся (Донецк, 18–20 апреля 2023 г.). – Донецк: ФГБОУВО «ДОННТУ», 2023. – С. 12–13.

4. *Криволуцкий Д. А.* Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) // Зоол. журн. 1965. Т. 44, № 8. С. 1176–1189.

5. *Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение : пер. с англ. М. : Мир, 1992. 184 с.

6. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 / Д. А. Криволуцкий, Ф. Лебрен, М. Кунст и др. / Под ред. Д. А. Криволуцкого. М. : Наука, 1995. 224 с.

7. *Чернова Н. М.* Распределение микроартропод в пахотной почве // Антропогенное воздействие на фауну почв. М. : Изд-во МГПУ, 1982. С. 3–10.

8. *Чернова Н. М., Чугунова М. Н.* Анализ пространственного распределения почвообитающих микроартропод в пределах одной растительной ассоциации // Pedobiologia. 1967. Vol. 7. С. 67–87.

9. Шахты и рудники Донбасса. Никитовское ртутное месторождение. Ч. 3. Никитовский ртутный комбинат. [Электронный ресурс]. URL: https://www.donmining.info/2014/05/3.html (дата обращения: 21.03.2023).

10. Шахты и рудники Донбасса. Никитовское ртутное месторождение. Ч. 6. Карьер «Западное замыкание». [Электронный ресурс]. URL: https://www.donmining.info/2014/06/6.html (дата обращения: 21.03.2023).

11. *Штирц А. Д.* Экологическая структура населения панцирных клещей (карьер «Основной», Донецкая область) // Биол. вестник Мелитопольского гос. пед. ун-та им. Б. Хмельницкого. 2015 а. № 2. С. 16–30.

12. *Штирц А. Д.* Оценка влияния антропогенной нагрузки на экосистемы с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей // Acta Biologica Sibirica. 2015 б. № 1 (1–2). С. 51–66. http://dx.doi.org/10.14258/abs.v1i1-2.782

13. *Штирц А. Д., Кабанков Н. М.* Панцирные клещи верхней площадки карьера «Западное замыкание» Никитовского ртутного комбината в весенний период // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Матер. VII Междунар. науч. конф., посв. 85-летию Донецкого нац. ун-та (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). Т. 3 : Биол. и мед. науки, экология / Под общ. ред. С. В. Беспаловой. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2022. С. 167–168.

14. *Engelmann H.-D.* Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden // Pedobiologia. 1978. Bd. 18, Hf. 5/6. S. 378–380.

***Shtirts A. D.* Oribatid mites in the environs mine № 2-bis of the Nikitovskoye mercury field**. – The species composition and the main ecological characteristics of the oribatid mites communities on the upper platform of the quarry and on the steppe area in the environs mine № 2-bis of the Nikitovskoye mercury field in the spring season was analyzed. According to the integral indicator of oribatid mites communities an assessment of the environment state was given.

Key words: oribatids mites, ecological structure of the community, Nikitovskoye mercury field.

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ
PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

УДК 615.322

© **Н. А. Виноградова, В. П. Попович**

ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИСТЬЕВ *LANTANA CAMARA* L. ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТ ПРОИЗРАСТАНИЯ

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького»
Россия, 283003, ДНР, г. Донецк, пр. Ильича, 16
e-mail: arina0vinogradova@yandex.com

Виноградова Н. А., Попович В. П. **Фармакогностическое изучение листьев *Lantana camara* L. из различных мест произрастания. –** Представлены результаты определения содержания дубильных веществ, каротиноидов, аскорбиновой, оксикоричных и свободных органических кислот в листьях растений *Lantana camara* L., дикорастущих из Турции и культивируемых на Донбассе, проанализирована их лекарственная ценность. Выявлено, что листья *L. camara* проявляют значительную антиоксидантную активность, которая существенно увеличивается в условиях урбанизированной среды Донбасса.

Ключевые слова: Lantana camara L., биологически активные вещества, антиоксидантная активность.

Введение

В настоящее время, несмотря на значительные достижения в области химического синтеза, в официальной медицине возрастает интерес к растительным лекарственным препаратам. Это обусловлено тем, что фитопрепараты обладают рядом преимуществ перед синтетическими: широкий спектр действия, сравнительно низкая стоимость, высокая биодоступность, при рациональном применении – низкая токсичность и возможность длительного применения без существенных побочных эффектов [4, 6]. На основе растительного материала изготовлен каждый третий лекарственный препарат на мировом рынке [4].

При этом количество используемых в народной медицине видов на порядки превышает количество видов, разрешенных к использованию в официальной медицине. Поэтому одной из актуальных задачах современной фармации является фитохимическое исследование малоизученных видов, издавна используемых в народе. К таким видам относится лантана сводчатая (*Lantana camara* L.). Это многолетнее эфиромасличное растение семейства Вербеновых (Verbenaceae St.-Hil.). Родиной является тропическая и субтропическая Америка, в настоящее время растения *L. camara* произрастают в Бразилии, Австралии, Южной Азии, Южной Африке и Европе, где этот вид стал инвазивным [9, 16, 17]. Считается сорняком на территориях тропиков, во многих регионах стал доминирующим кустарником подлеска.

Лантана сводчатая широко известна в народной медицине многих стран мира (Азии, Африки, Центральной и Южной Америки). Различные части растения рекомендуется использовать при лечении простуды, ревматизма, головной боли, язв, коклюша, астмы, малярии, травм глаз и артериальной гипертензии; как противовоспалительное, тонизирующее, антибактериальное, противоопухолевое, противогрибковое и отхаркивающее средство [9, 14, 17, 20, 24].

Достаточно изученным является эфирное масло *L. camara* [9, 11, 13, 18, 19]. Также имеются данные о содержании в листьях таких биологически активных веществ (БАВ) как тритерпеноиды, стероиды, углеводы, белки, флавоноиды, смолы, дубильные вещества, иридоиды и алкалоиды [9, 14, 17, 20]. Для БАВ, выделенных из лантаны, экспериментально доказана противовирусная, антимутагенная, противовоспалительная, антигельминтная и антикоагулянтная активность [9, 12, 14, 20]. Также для экстрактов из листьев и цветков выявлена значительная антиоксидантная активность, предположительно обусловленная полифенолами [12, 23].

© **Виноградова Н. А., Попович В. П., 2023**

При использовании растений в лечебных целях необходимо учитывать, что содержание в них действующих веществ, обуславливающих их терапевтическое действие, может значительно изменяться в зависимости от условий произрастания. Поэтому необходимо проводить фитохимический анализ лекарственных растений в условиях конкретного региона. Актуальным это является для такого крупного урбанизированного региона как Донбасс. Для этого региона характерен умеренно-континентальный климат с низкой влажностью, резкими колебаниями температур, выраженными засушливо-суховейными явлениями и высокий уровень техногенного загрязнения среды.

На Донбассе *L. camara* культивируют как декоративный вид в озеленении и как комнатное растение. На данный момент химический состав растений *L. camara,* произрастающих в условиях этого региона, не изучен.

Целью настоящей работы является сравнительное фитохимическое изучение листьев *L. camara* из различных мест произрастания и оценка перспективности их использования в фармации.

Материал и методы исследования

Объектами исследования являлись листья растений *L. camara,* культивируемых в комнатных условиях, на открытом грунте в г. Донецке, а также дикорастущих растений, произрастающих в курортном пос. Богазкент на средиземном побережье Турции (контроль). Листья яйцевидно-продолговатой формы, острые, с городчато-пильчатым краем, сверху морщинистые, с обеих сторон шероховатые, запах при растирании сильный, ароматный. Заготовленное сырье сушили на воздухе и измельчали до размеров частиц 2–3 мм. Отбор проб для анализов проводили с помощью выделения средней пробы методом квартования в соответствии с фармакопейными требованиями [1]. Эксперименты проводили в пяти биологических и трех аналитических повторностях.

Для определения содержания различных групп БАВ использовали фармакопейные методы: для количественного определения дубильных веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот – титриметрические, оксикоричных кислот и каротиноидов – спектрофотометрические, влажность определяли гравиметрически [1–3]. О суммарной антиоксидантной активности исследуемого сырья судили по его способности ингибировать аутоокисление адреналина *in vitro* в щелочной среде и тем самым предотвращать образование активных форм кислорода [8]. Все результаты приведены в пересчете на абсолютно сухое сырье. Полученные данные обработаны статистически и представлены в виде средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Статистическую значимость различий между содержанием БАВ в листьях культивируемых и дикорастущих растений *L. camara* определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа содержания различных групп БАВ в листьях растений *L. camara,* произрастающих в различных условиях, представлены в табл. 1.

В целом необходимо отметить, что содержание большинства исследуемых БАВ в листьях растений *L. camara*, произрастающих в условиях открытого грунта г. Донецка, сравнимо с их концентрацией в листьях растений из естественной среды обитания. Это свидетельствует о том, что условия Донбасса являются достаточно подходящими для культивирования растений этого вида с целью получения фармакологически ценного сырья. Исключение составляют дубильные вещества – их концентрация в листьях растений, культивируемых в условиях открытого грунта Донбасса, уменьшается по сравнению с листьями растений, произрастающих в Турции, более чем в 4 раза (и в 2,8 раз снижается по сравнению с листьями комнатных растений). Выявленное снижение содержания этих метаболитов в условиях урбанизированной среды, вероятно, можно объяснить как угнетением их биосинтеза, так и их расходованием на нейтрализацию свободных радикалов, что согласуется с литературными данными [10, 19].

Таблица 1

Результаты определения содержания биологически активных веществ в листьях *L. camara* из разных мест произрастания (в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье)

Класс биологически активных веществ	Место сбора сырья		
	Комнатные условия	Условия открытого грунта г. Донецка	Условия открытого грунта пос. Богазкенте (Турция)
Оксикоричные кислоты (в пересчете на хлорогеновую кислоту)	0,15±0,01*	0,33±0,01	0,36±0,01
Дубильные вещества (в пересчете на танин)	9,37±0,31*	3,37±0,12*	15,64±0,44
Аскорбиновая кислота	0,16±0,01*	0,62±0,02	0,66±0,01
Свободные органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту)	11,54±0,56*	19,23±0,26	18,00±0,51
Каротиноиды (в пересчете на β-каротин)	0,012±0,002	0,013±0,003	0,010±0,002

Примечание. Достоверность различий с контролем: * – $p < 0,001$.

В комнатных условиях выявлено снижение содержания в листьях аскорбиновой и свободных органических кислот по сравнению с растениями открытого грунта (как дикорастущими, так и культивируемыми). Вероятно, это обусловлено снижением интенсивности фотосинтеза в комнатных условиях. Возможно, это можно объяснить нарушением оптимальной воздушной среды путем повышения в ней антропотоксинов. Наблюдается в комнатных условиях и снижение концентрации оксикоричных кислот (более чем в 2 раза по сравнению с растениями открытого грунта), что также свидетельствует о необходимости в дальнейшем осуществить подбор оптимальных условий выращивания (температуры, влажности, удобрений) комнатных растений *L. camara* с целью получения фармацевтически ценного сырья.

Для оценки лекарственной ценности листьев *L. camara* полученные результаты сравнивали с содержанием этих веществ в фармакопейных растениях, используемых в официальной фармации в качестве их источников.

Выявлено значительное содержание оксикоричных кислот в листьях *L. camara*, сравнимое с концентрацией этих метаболитов в их фармакопейном источнике: листьях *Urtica dioica* L. (согласно Государственной фармакопее Российской Федерации: не менее 0,3 %). Это позволяет рассматривать анализируемое сырье в качестве перспективного источника этих веществ, обладающих антибактериальным и противоязвенным действием.

С помощью качественной реакции с железоаммонийными квасцами было доказано преобладание в листьях конденсированных дубильных веществ. Выявлено, что их содержание в листьях *L. camara* превышает таковое в плодах *Padus avium* Mill. (не менее 1,7 %), листьях *Salvia officinalis* L. (не менее 4,5 %), шишках *Picea abies* (L.) Karst. (не менее 6 %), используемых в фармации как источники этих метаболитов, оказывающих противовоспалительное и вяжущее действие.

В листьях *L. camara* выявлена высокая концентрация свободных органических кислот, превышающая их содержание в фармакопейных источниках: плодах *Viburnum opulus* L. (не менее 6 %) и *Sorbus aucuparia* L. (не менее 3,2 %). Эти вещества улучшают деятельность желудочно-кишечного тракта, а также, хотя сами не проявляют способности к связыванию

свободных радикалов, способны усиливать антирадикальную активность других низкомолекулярных антиоксидантов.

Выявлено, что содержание аскорбиновой кислоты в листьях *L. camara* сравнимо с ее концентрацией в плодах шиповника майского (не менее 0,2 %), причем в листьях растений, произрастающих в условиях открытого грунта, – значительно превышает это требование. В связи с этим, можно прогнозировать ранозаживляющее и антиоксидантное действие исследуемого сырья.

При этом надо учитывать, что из-за содержания лантаденов А и В прием *L. camara* в больших количествах может привести к поражению гепатобилиарной системы [15, 18, 21]. Поэтому далее необходимо осуществить подбор оптимальной лекарственной формы и рассчитать допустимую дозу приема. Перспективным направлением исследования является и выделение из листьев *L. camara* индивидуальных биологических веществ с целью создания лекарственных средств на их основе. Также, учитывая значительную техногенную нагрузку в нашем регионе, необходима оценка экологической безопасности исследуемого сырья (согласно требованиям Государственной фармакопеи Российской Федерации в лекарственном растительном сырье нормируется содержание таких тяжелых металлов как свинец, кадмий и ртуть) [1].

Антиоксидантная активность вносит значительный вклад в лечебное действие растительного сырья. Нами была проанализирована суммарная антиоксидантная активность листьев растений *L. camara*, произрастающих в условиях открытого грунта г. Донецка и пос. Богазкент. Антиоксидантная активность зависит не только от содержания антиоксидантов различной природы, но и от их взаимного влияния друг на друга. Ее выражали в процентах ингибирования аутоокисления адреналина (табл. 2). Согласно методике можно говорить о наличии антиоксидантной активности, если данный показатель превышает 10 % [8].

Таблица 2

Антиоксидантная активность листьев *L. camara* (%)

Время экспозиции	Место сбора сырья	
	г. Донецк	пос. Богазкент
3 минуты	79,93±2,02*	45,09±1,04
5 минут	79,49±1,40*	42,34±2,43
7 минут	75,25±2,11*	42,11±2,15

Примечание. Достоверность различий с контролем: * – $p < 0,001$.

Как видно из табл. 2, все исследуемое сырье обладает высокой способностью ингибировать свободнорадикальное окисление, что обуславливает перспективность его использования для изготовления лекарственных препаратов с антиоксидантным действием. Выявлено значительное повышение активности в условиях урбанизированной среды, что, вероятно, обусловлено активизацией антиоксидантной системы растений для нейтрализации последствий окислительного стресса. По всей видимости, это свидетельствует о достаточной устойчивости исследуемого вида к условиям урбанизированной среды Донбасса.

Выводы

В листьях *L. camara* выявлено значительное содержание дубильных веществ, аскорбиновой, оксикоричных и свободных органических кислот, что доказывает их лекарственную ценность. Выявлена высокая антиоксидантная активность для этого сырья, которая значительно увеличивается у растений, культивируемых в условиях урбанизированной среды Донбасса по сравнению с дикорастущими растениями Турции, что, по всей видимости, способствует повышению толерантности *L. camara* к техногенной нагрузке. Полученные результаты обуславливают перспективность использования листьев *L. camara* в фармации нашего региона.

Список литературы

1. Государственная фармакопея Российской Федерации: Т. II. XIV изд. М., 2018. 1449 с.

2. Государственная фармакопея Российской Федерации: Т. IV. XIV изд. М., 2018. 1883 с.

3. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Т. 2. Молодечно: Победа, 2007. 471 с.

4. *Оленина Н. Г., Михеева Н. С., Крутикова Н. М.* Особенности экспертизы «польза\риск» лекарственных растительных препаратов: анализ регистрационных досье // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2008. Т. 8, № 2. С. 84–91.

5. *Павлова Е. П.* Влияние эколого-фитоценотических факторов на накопление биологически активных веществ в плодах *Rosa acicularis* Lindley и *Rosa davurica* Pallas (Западное Забайкалье) : Дис. … канд. биол. наук. Улан Удэ, 2009. 108 с.

6. *Рязанова Т. К.* Теоретическое и экспериментальное обоснование подходов к стандартизации лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов, содержащих биологически активные вещества ароматической и терпеноидной природы : Дис. … докт. фарм. наук. Самара, 2020. 365 с.

7. *Скрыпник Л. Н., Мельничук И. П., Королева Ю. В.* Пищевая и биологическая ценность плодов боярышника *Crataegus oxyacantha* L. // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 265–275. https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015452

8. *Хасанова С. Р., Плеханова Т. И., Гашимова Д. Т., Галиахметова Э. Х., Клыш Е. А.* Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2007. Т. 1. С. 163–166.

9. *Ghisalberti E. L. Lantana camara* L. (Verbenaceae) // Fitoterapia. 2000. Vol. 71 (5). P. 467–486. https://doi.org/10.1016/s0367-326x(00)00202-1

10. *Hellenbrand N., Sendker J., Lechtenberg M., Petereit F., Hensel A.* Isolation and quantification of oligomeric and polymeric procyanidins in leaves and flowers of Hawthorn (*Crataegus* spp.) // Fitoterapia. 2015. Vol. 104. P. 14–22. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.04.010.

11. *Hung N. H., Dai D. N., Satyal P., Huong T. L., Chinh T. B., Hung Q. D., Tai T., Setzer W. N. Lantana camara* Essential oils from Vietnam: chemical composition, molluscicidal, and mosquito larvicidal activity // Chemistry. Biodiversity. 2021. Vol. 18 (5). https://doi.org/10.1002/cbdv.202100145

12. *Mansoori A., Singh N., Dubey S. K., Thakur T. K., Alkan N., Das S. N., Kumar A.* Phytochemical characterization and assessment of crude extracts from *Lantana camara* L. for antioxidant and antimicrobial activity // Frontiers in Agronomy. Vol. 2. P. 1–14. https://doi.org/10.3389/fagro.2020.582268

13. *Nea F., Kambire D. A., Genva M., Tanoh E. A., Wognin E. L., Martin H., Fauconnier M.-L.* Composition, seasonal variation, and biological activities of *Lantana camara* essential oils from Cote d'Ivoire // Molecules. Vol. 25 (10). 2400. P. 1–22. https://doi.org/10.3390/molecules25102400

14. *Patel J., Kumar G. S., Deviprasad S. P., Deepika S., Qureshi S.* Phytochemical and anthelmintic evalution of *Lantana camara* (L.) Var. aculeate leaves against *Pheretima postuma* // Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences. 2011. Vol. 2 (1). P. 11–20.

15. *Pour B. M., Sasidharan S.* In vivo toxicity study of *Lantana camara* // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2011. Vol. 1 (3). P. 230–232. https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60033-6

16. *Priyanka N., Joshi P. K.* A review of *Lantana camara* studies in India // International Journal of Scientific and Research Publications. 2013. Vol. 3 (10). P. 42–52.

17. *Rajesh K. V., Suman K.* Phytochemical and termiticidal study of *Lantana camara* var. aculeata leaves // Fitoterapia. 2006. Vol. 77 (6). P. 466–468. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.05.014

18. *Reddy N. M. Lantana camara Linn.* Chemical constituents and medicinal properties: a review // Sch. Acad. J. Pharm. 2013. Vol. 2 (6). P. 445–448. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i12.35662

19. *Sandre A. A., Pina J. M., Moraes R. M., Furlan C. M.* Anthocyanins and tannins: is the urban air pollution an elicitor factor? // Braz. J. Bot. 2014. Vol. 37 (1). P. 9–18. https://doi.org/10.1007/s40415-013-0043-0.

20. *Shah M., Alharby H., Hakeem K. R. Lantana camara*: a comprehensive review on phytochemistry, ethnopharmacology and essential oil composition // Letters in Applied NanoBioScience. 2020. Vol. 9 (3). P. 1199–1207. https://doi.org/10.33263/LIANBS93.11991207

21. *Sharma O. P., Makkar P. S., Dawra R. K., Negi S. S.* A Review of the toxicity of *Lantana camara* (Linn) in animals // Clinical toxicology. 1981. Vol. 18 (9). P. 1077–1094. https://doi.org/10.3109/15563658108990337

22. *Sharma O. R., Makkar H. P., Darwa R. K.* A review of the noxious plant *Lantana camara* // Toxicon. 1988. Vol. 26 (11). P. 975–987. https://doi.org/10.1016/0041-0101(88)90196-1

23. *Sousa E. O., Miranda C. M., Nobre C. B., Boligon A. A., Athayde M. L., Costa J. G. M.* Phytochemical analysis and antioxidant activities of *Lantana camara* and *Lantana montevidensis* extracts // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 70. P. 7–15. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.010

24. *Ved A., Arsi T., Prakash O., Gupta A.* A review on phytochemistry and pharmacological activity of *Lantana camara* Linn. // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 9 (1). P. 37–43. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(1).37-43

Vinogradova N. A., Popovich V. P. **Pharmacognostic study of the leaves of *Lantana camara* L. from various places of growth.** – The results of determining the content of tannins, ascorbic carotenoids, oxycoric and free organic acids in the leaves of *Lantana camara* L. plants growing wild in Turkey and cultivated in the Donbas are presented, their medicinal value was analyzed. It was revealed that the leaves of *L. camara* exhibit significant antioxidant activity, which increases significantly in the urbanized environment of Donbass.

Key words: *Lantana camara* L., biologically active substances, antioxidant activity.

УДК 632.937

© **С. И. Демченко**

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ ШТАММОВ *PHLEBIOPSIS GIGANTEA* (FR.) JÜLICH. ПО ОТНОШЕНИЮ К ФИТОПАТОГЕНУ *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF.

ФГБОУ ВО *«Донецкий государственный университет»*
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: sdemch5@mail.ru

Демченко С. И. **Антагонистическая активность природных штаммов *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. по отношению к фитопатогену *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. –** Результаты исследований позволили сравнить антагонистическую активность природных штаммов *Phlebiopsis gigantea* по отношению к фитопатогену *Heterobasidion annosum*, который является возбудителем корневых гнилей хвойных древесных растений. Наибольшая скорость роста мицелия и антагонистическая активность наблюдалась у штамма *P. gigantea* P-1-96, который перспективен для создания биопрепарата против корневой губки. Выявлено, что антагонистическое действие *P. gigante*а по отношению к *H. annosum* осуществляется через конкурентные трофические связи и метаболиты, синтез которых усиливается при контакте гиф гриба-антагониста и патогена.

Ключевые слова: гриб-антагонист, патоген, природный штамм, антагонистическая активность, метаболиты, биологический метод, защита леса.

Введение

Вследствие пожаров, военных действий, незаконных вырубок в настоящее время пострадали большие площади лесных насаждений в Донбассе. Также одной из проблем стало увеличение количества вредителей и болезней леса. Например, в ГП «Краснолиманский лесхоз» большие площади занимают сосновые культуры, пораженные корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), вызывающей загнивание корней и последующее отмирание зараженных деревьев. Данное заболевание в настоящее время принимает характер затяжных эпифитотий и наносит значительный ущерб лесному хозяйству. Первичное заражение здоровых насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) происходит базидиоспорами корневой губки, которые, попадая на торцы свежих пней, остающихся после проведения рубок ухода, прорастают, и образующийся мицелий проникает в древесину корней. Дальнейшее заражение здоровых деревьев происходит в результате перехода мицелия от пораженных корней на здоровые корни соседних с ними деревьев [2, 4, 11, 23]. Известен и другой способ проникновения корневой губки в насаждения – через лесной опад и подстилку [19, 21].

Кафедрой физиологии растений ДонГУ на протяжении ряда лет ведутся исследования по биологической защите сосновых насаждений от корневой губки. Одним из направлений, в которых ведется разработка биологического метода борьбы с *H. annosum*, является поиск антагонистов, подавляющих развитие возбудителя болезни и вызывающих его гибель. Установлено, что большую группу антагонистов *H. annosum* составляют почвенные и ризосферные микроорганизмы, ингибирующие развитие патогена в период его сапротрофной стадии в почве и лесной подстилке [11]. Особенно большое внимание уделяется изысканию антагонистов из числа дереворазрушающих грибов [3, 5, 11]. Искусственное заселение пней сапротрофными дереворазрушающими грибами-антагонистами позволяет, с одной стороны, предотвратить поражение древесины фитопатогеном, а с другой – осуществить ее активное разложение [14, 18, 20].

В ряде зарубежных стран (Великобритания, страны Скандинавии, Прибалтики и т.д.) для защиты от корневых гнилей уже активно применяются препараты, созданные на основе оидий базидиомицета *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. Этот гриб – один из самых распространенных в Европе дереворазрушающих сапротрофов, являющийся грибом-антагонистом для корневой губки [8, 24]. Однако эти препараты не являются универсальными и не могут эффективно использоваться для биологической борьбы с

© **Демченко С. И., 2023**

корневой губкой в сосновых насаждениях, произрастающих в разных эколого-географических условиях. Это, по-видимому, связано с активацией формообразовательных процессов у большинства микро- и макромицетов [6, 12, 16, 17], в том числе и у *H. annosum* [1, 10], проявляющихся в изменении физиолого-биохимических, экологических и морфологических признаков возбудителя болезни. Так, при исследовании внутривидовой неоднородности *H. annosum* Н. И. Федоров [20] и С. Ф. Негруцкий [11] показали наличие изолятов, значительно различающихся по скорости роста, репродуктивной способности, патогенности, дереворазрушающей активности, жизнеспособности конидий. Исследования М. И. Бойко [3] выявили, что изоляты *H. annosum* обладают неодинаковой патогенностью и в локальных популяциях фитопатогена. Так, изоляты *H. annosum*, инициирующие инфекционный процесс (инициирующие особи), обладают более высокой патогенностью и дереворазрушающей активностью по сравнению с изолятами патогена, проникающих в уже сформированный очаг (вторичные особи). Обнаруженное свойство необходимо учитывать при разработке биологических мер борьбы с корневой губкой и вести отбор активных штаммов грибов-антагонистов к конкретной популяции *H. annosum*.

Целью наших исследований было изучить антагонистическую активность природных штаммов *P. gigantea* по отношению к изолятам *H. annosum*, отличающихся по степени вирулентности.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали три природных штамма *P. gigantea* (Р-1-96, Д-1-85 и Р-2-97) и два изолята *H. annosum* (НА-3-95 и НА-5-96), выделенных в чистую мицелиальную культуру из плодовых тел, произрастающих в сосновых насаждениях Ямпольского лесничества ГП «Краснолиманский лесхоз».

Изучение антагонистической активности штаммов *P. gigantea* по отношению к *H. annosum* проводили на сусло-агаровой среде (8° по Баллингу) методом встречных культур [9]. В опытных вариантах сусло-агаровую среду в чашках Петри инокулировали 12-суточными культурами *P. gigantea* и *H. annosum* с диаметрально противоположных сторон. Расстояние между инокулюмами составило 6 см. В контрольных вариантах среду в чашках Петри инокулировали только с одной стороны мицелием *H. annosum* или *P. gigantea*. В процессе опыта периодически измеряли скорость роста грибов (мм/сут.). После встречи колоний базидиомицетов (в опытных вариантах) отмечали положение границы между ними, относительно которой определяли скорость нарастания (мм/сут.) мицелия *P. gigantea* на *H. annosum*. Эксперимент проводили в условиях рассеянного освещения при температуре 24 °С, которая является оптимальной для роста корневой губки. Наблюдения вели в течение 30-ти суток.

Для выяснения механизма антагонистического действия изучалось влияние экзометаболитов *P. gigagntea* на рост двух изолятов *H. annosum*, отличающихся по степени вирулентности. В качестве материала, содержащего экзометаболиты *P. gigantea*, служила культуральная жидкость (КЖ), полученная в результате поверхностного выращивания гриба на глюкозо-пептонной среде [15] в колбах Эрленмейера емкостью 1 л с объемом среды 500 мл. Культивирование проводили при температуре 24 °С в течение 15-ти и 30-ти суток.

КЖ разделяли на две равные части, одну из которой подвергали кипячению для инактивации метаболитов ферментативной природы. После этого кипяченые и некипяченые КЖ с помощью стерильного шприца переносили по 1,5, 4,5 и 9 мл в глюкозо-пептонную среду, что соответствовало 5, 15 и 30 процентам КЖ от общего объема (30 мл) среды. В контрольные колбы вместо КЖ добавляли соответствующее количество стерильной дистиллированной воды. Через два дня опытные и контрольные колбы Эрленмейера емкостью 100 мл инокулировали 12-суточными культурами *H. annosum*. Поверхностное культивирование гриба проводили в термостате при температуре 24 °С в течение 15-ти суток, после чего определяли накопление биомассы мицелия *H. annosum* (мг/100 мл) по стандартной методике [9].

Для проверки гипотезы о том, что *P. gigantea* при контакте с мицелием *H. annosum* усиливает выделение экзометаболитов, был поставлен опыт по инокуляции глюкозо-пептонной среды мицелием *H. annosum*, *H. annosum* + *P. gigantea* и *P. gigantea* с последующим культивированием грибов в термостате при температуре 24 °С в течение 30-ти суток. Влияние КЖ на накопление биомассы мицелия *H. annosum* определяли по описанной выше методике. Во всех вариантах опыта концентрация КЖ составляла 30 %.

Повторность всех проведенных опытов была трехкратной. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5 %-м уровне значимости с помощью дисперсионного анализа и множественного сравнения средних арифметических значений по критерию Даннета и Дункана [7, 13].

Результаты и обсуждение

Данные, характеризующие линейный рост изолятов *H. annosum* и природных штаммов *P. gigantea* при поверхностном культивировании на сусло-агаровой среде в моно- и смешанной культуре, представлены в табл. 1–2.

Таблица 1

Рост *H. annosum* в моно- и смешанной культуре на сусло-агаровой среде до встречи противокультур

Изоляты *H. annosum*	Скорость роста изолятов *H. annosum*, мм/сут.			
	2 сутки	4 сутки	6 сутки	8 сутки
контроль				
НА-5-96	4,51 ± 0,09	5,00 ± 0,10	5,25 ± 0,08	5,46 ± 0,05
НА-3-95	3,54 ± 0,08	4,00 ± 0,24	4,32 ± 0,07	4,74 ± 0,12
штамм *P. gigantea* Р-1-96				
НА-5-96	4,55 ± 0,17	2,82 ± 0,17	2,62 ± 0,24	1,73 ± 0,21
НА-3-95	3,57 ± 0,23	3,15 ± 0,17	2,88 ± 0,24	2,44 ± 0,16
штамм *P. gigantea* Р-2-97				
НА-5-96	4,43 ± 0,13	4,91 ± 0,17	3,42 ± 0,08	2,43 ± 0,15
НА-3-95	3,52 ± 0,17	4,07 ± 0,12	3,45 ± 0,14	3,16 ± 0,19
штамм *P. gigantea* Д-1-85				
НА-5-96	4,34 ± 0,07	4,12 ± 0,23	3,11 ± 0,17	2,25 ± 0,21
НА-3-95	3,41 ± 0,22	3,94 ± 0,08	2,86 ± 0,34	2,73 ± 0,24

Результаты исследований, представленные в табл. 1, показали, что при совместном произрастании изолятов *H. annosum* и штаммов *P. gigantea* на сусло-агаровой среде, последние начинали проявлять антагонистическое действие уже до встречи противокультур. При этом антагонистическая активность у штаммов *P. gigantea* была различной. Так, штамм Р-1-96 начал снижать рост всех исследованных изолятов *H. annosum* на 4-е сутки, штаммы Д-1-85 и Р-2-97 – на 6-е сутки. Наибольшая антагонистическая активность была характерна для штамма Р-1-96, под влиянием которого скорость роста мицелия изолятов *H. annosum* на 4–8-е сутки после инокуляции грибов снижалась в 1,3–3,2 раза относительно контрольных вариантов, причем наибольшее уменьшение скорости роста мицелия наблюдалось на 8-е сутки.

Исследованные штаммы гриба-антагониста в большей степени подавляли рост изолята *H. annosum* НА-5-96. В свою очередь изоляты *H. annosum* в смешенной культуре достоверно не влияли на рост природных штаммов *P. gigantea* (табл. 2). Это, по-видимому, связано с тем, что гриб-антагонист выделяет экзометаболиты, скорее всего белковой природы, которые взаимодействуя с метаболитами корневой губки, обезвреживают их токсическое действие.

Таблица 2

Рост *P. gigantea* в моно- и смешанной культуре на сусло-агаровой среде до встречи противокультур

Штаммы *P. gigantea*	Скорость роста штаммов *P. gigantea*, мм/сут.			
	2 сутки	4 сутки	6 сутки	8 сутки
контроль				
Р-1-96	5,81 ± 0,09	6,91 ± 0,12	7,85 ± 0,15	7,93 ± 0,15
Р-2-97	4,35 ± 0,16	4,52 ± 0,19	6,42 ± 0,24	6,64 ± 0,19
Д-1-85	4,86 ± 0,18	5,91 ± 0,12	6,71 ± 0,18	6,18 ± 0,09
изолят *H. annosum* НА-3-95				
Р-1-96	5,84 ± 0,04	6,93 ± 0,12	7,96 ± 0,19	7,83 ± 0,14
Р-2-97	4,42 ± 0,17	4,65 ± 0,17	6,54 ± 0,12	6,71 ± 0,20
Д-1-85	4,90 ± 0,18	5,28 ± 0,12	6,81 ± 0,15	6,34 ± 0,14
изолят *H. annosum* НА-5-96				
Р-1-96	5,72 ± 0,09	6,81 ± 0,21	7,92 ± 0,15	7,89 ± 0,14
Р-2-97	4,43 ± 0,12	4,65 ± 0,18	6,36 ± 0,11	6,75 ± 0,20
Д-1-85	4,74 ± 0,17	6,00 ± 0,05	6,84 ± 0,19	6,29 ± 0,24

После встречи колоний базидиомицетов (на 9–10-е сутки) *H. annosum* прекращал рост, в то время как *P. gigantea* нарастал на него, вызывая локальное разрушение гиф патогена. По-видимому, при физическом контакте гиф *P. gigantea* с мицелием *H. annosum* усиливается секреция внеклеточных ферментов антагониста. Эти ферменты размягчают клеточную стенку фитопатогена, способствуя проникновению через нее токсических метаболитов, приводящих к гибели корневой губки.

Исследованные штаммы *P. gigantea* обладали хорошо выраженным хемотаксисом, т.е. они росли по направлению к гифам корневой губки, реагируя на метаболиты, выделяемые из их клеток под действием экзоферментов флебиопсиса, способных к разрушению клеточных стенок. Наблюдалось явно выраженное различие в скорости нарастания штаммов *P. gigantea* на мицелий разных изолятов *H. annosum* (рис. 1).

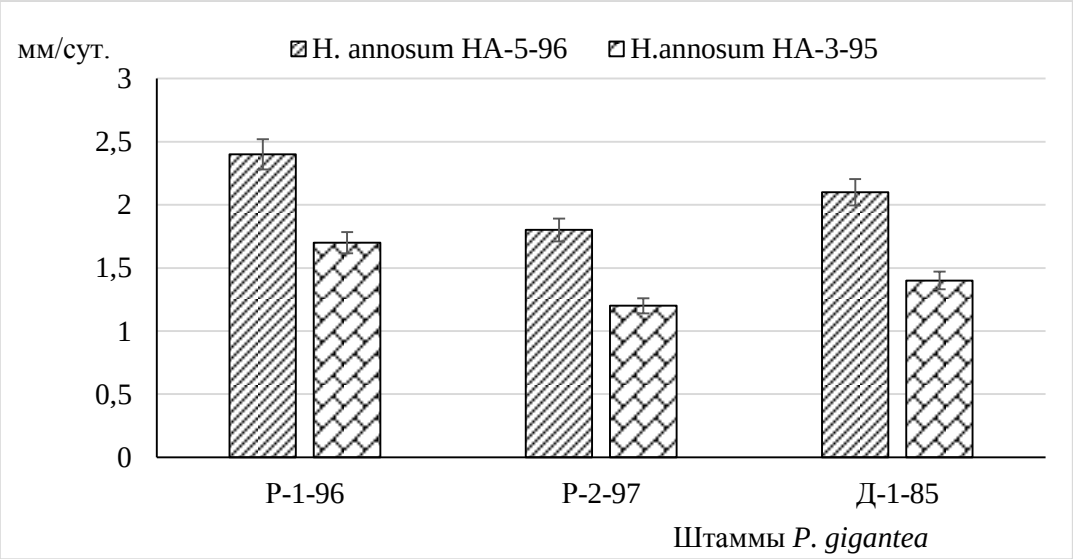

Рис. 1. Скорость нарастания штаммов *P. gigantea* на мицелий изолятов *H. annosum*

У *P. gigantea* были выявлены макроморфологические изменения гифальной системы после пересечения линии соприкосновения двух колоний базидиомицетов. Мицелий большинства штаммов антагониста становился более мощным, густым, наблюдалось образование упругих хрящевидных тяжей. Четко прослеживался концентрически-зональный характер нарастания *P. gigantea* на *H. annosum* с чередованием белых и пигментированных мицелиальных полос, расположенных параллельно друг другу. По поводу пигментации можно допустить следующее: учитывая относительно высокую активность фенолоксидаз, синтезируемых грибом *H. annosum* [3, 11, 20], темно-коричневый пигмент может представлять собой зону скопления продуктов окисления фенольных соединений (возможно, выделяемых *P. gigantea*). Обычно такие продукты имеют коричневую или бурую окраску.

На 19–20-е сутки роста в смешанной культуре большая часть мицелия изолятов патогена покрывалась мицелиальной пленкой антагониста. При перенесении инокулюма *H. annosum* на свежую питательную среду рост гриба не возобновлялся, что свидетельствует о прекращении жизнедеятельности *H. annosum*.

Следует отметить, что при оптимальной температуре для роста корневой губки скорость роста мицелия в монокультуре у штаммов *P. gigantea* была больше, чем у изолятов *H. annosum* (см. табл. 1, 2). Это позволяет грибу-антагонисту конкурировать с патогеном за субстрат питания.

Ксилотрофный гриб *P. gigantea* обладает большим арсеналом ферментов – целлюлаз, пектиназ, протеаз и оксидаз, участвующих в трансформации растительных компонентов [22, 24]. Этот гриб продуцирует множество вторичных метаболитов, относящихся к безазотистым органическим соединениям, главным образом органическим и жирным кислотам, терпеноидам, стероидам, фенилхинонам, кетидам и другим [24]. При изучении антагонистической активности штаммов *P. gigantea* на сусло-агаровой среде нами было высказано предположение, что антагонистическое действие исследуемого гриба по отношению к *H. annosum* осуществляется через метаболиты, синтезируемые *P. gigantea*. В литературных источниках также сообщается, что одним из факторов формирования взаимоотношений дереворазрушающих грибов являются специфические продукты метаболизма, выделяемые ими в субстрат. Их значение особенно велико в тех случаях, когда взаимоотношение между организмами, в частности между грибами, носит антагонистический характер [3, 11, 22]. Для проверки этой гипотезы нами было изучено влияние экзометаболитов штаммов *P. gigantea* на рост *H. annosum* на жидкой глюкозо-пептонной среде.

Результаты исследования, представленные в табл. 3, показали, что культуральные жидкости (КЖ), содержащие продукты жизнедеятельности штаммов *P. gigantea*, достоверно снижали накопление биомассы мицелия всех исследованных изолятов *H. annosum*. При этом 15- и 30-суточные КЖ штаммов антагониста в равной степени оказывали ингибирующее воздействие на корневую губку. Однако с увеличением концентрации экзометаболитов гриба-антагониста в питательной среде их ингибирующий эффект усиливался. Некоторые метаболиты, содержащиеся в КЖ штаммов *P. gigantea*, оказались термостабильными, так как кипяченые КЖ также угнетали рост изолятов *H. annosum*, но в меньшей мере по сравнению с некипячеными КЖ.

Экзометаболиты штамма *P. gigantea* Р-1-96 оказывали наибольшее угнетающее действие на рост патогена. В свою очередь изоляты *H. annosum* по-разному реагировали на действие метаболитов антагониста, содержащихся в КЖ. Изолят *H. annosum* НА-5-96 был более восприимчивым к токсическим продуктам жизнедеятельности антагониста, чем изолят НА-3-95. Следовательно, изоляты *H. annosum*, выделенные в чистую культуру из плодовых тел, произрастающих в тех же экологических условиях, что и *P. gigantea*, в большей степени подвержены влиянию КЖ штаммов антагониста, что, по-видимому, связано с отсутствием у Донецкой популяции патогена необходимых генетических предпосылок устойчивости к антагонистическому действию *P. gigantea*.

Цель следующего опыта заключалась в проверке предположения о том, что при контакте с мицелием патогена гриб-антагонист *P. gigantea* усиливает выделение экзометаболитов, ингибирующих рост *H. annosum*. Объектами исследования служили один штамм *P. gigantea* Р-1-96 с повышенной антагонистической активностью и два изолята *H. annosum* (НА-3-95 и НА-5-96), отличающихся по степени вирулентности.

Таблица 3

Влияние экзометаболитов штаммов *P. gigantea* на накопление биомассы мицелия (мг/100 мл) изолятов *H. annosum*

Изоляты *H. annosum*	Некипяченые КЖ			Кипяченые КЖ		
	Концентрация КЖ в питательном субстрате, %					
	5	15	30	5	15	30
контроль						
НА-3-95	644,8 ± 17,9					
НА-5-96	498,7 ± 18,2					
15-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Р-1-96						
НА-3-95	475,2±11,7	422,1±10,6	394,2±10,7	498,3±10,8	488,6±10,3	461,5±9,8
НА-5-96	298,6±9,8	264,8±8,3	258,7±11,8	362,5±11,7	321,5±9,8	306,8±10,2
30-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Р-1-96						
НА-3-95	481,3±10,5	428,3±11,6	390,8±9,7	496,2±11,6	482,3±11,7	469,6±10,2
НА-5-96	302,4±12,3	266,9±8,4	255,4±10,6	365,3±12,1	329,4±10,2	310,7±11,8
15-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Д-1-85						
НА-3-95	502,6±9,7	446,6±9,7	417,8±8,9	540,2±8,7	527,4±11,2	504,6±9,9
НА-5-96	323,8±10,7	302,3±8,2	291,3±12,1	398,4±12,3	364,7±10,5	325,6±10,7
30-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Д-1-85						
НА-3-95	510,4±11,8	440,8±9,6	421,3±6,9	542,4±9,6	524,3±10,6	510,5±9,4
НА-5-96	326,9±14,7	300,8±8,4	294,6±10,7	394,7±11,8	370,1±9,5	329,6±11,3
15-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Р-2-97						
НА-3-95	530,2±14,7	494,4±10,7	468,2±9,8	580,3±10,7	551,3±7,2	526,7±8,3
НА-5-96	376,3±12,6	331,6±8,5	303,1±8,4	426,4±11,6	405,2±11,5	384,6±9,1
30-суточная КЖ штамма *P. gigantea* Р-2-97						
НА-3-95	524,3±10,6	498,7±7,6	469,6±11,4	575,3±9,8	546,2±11,7	524,7±11,6
НА-5-96	378,2±9,7	325,3±11,7	301,5±10,5	428,5±7,1	403,6±12,8	387,6±10,9

В табл. 4 приведены средние арифметические значения накопления биомассы мицелия *H. annosum* на средах, содержащих КЖ после совместного и раздельного роста *P. gigantea* и *H. annosum* в поверхностной культуре.

Таблица 4

Влияние культуральной жидкости (30%-ной концентрации) *H. annosum* и *P. gigantea* на накопление биомассы мицелия гриба-патогена

Изоляты *H. annosum*	Варианты культур для получения культуральной жидкости			Контроль
	H. annosum	*P. gigantea*	*H. annosum* + *P. gigantea*	
	Масса 15-суточного мицелия *H. annosum*, мг/100 мл			
НА-3-95	618,8 ± 19,2	386,4 ± 12,4	286,6 ± 11,8	638,6 ± 15,9
НА-5-96	491,2 ± 12,8	242,6 ± 18,2	173,4 ± 14,9	485,2 ± 16,4

Анализ результатов исследования, представленных в табл. 4, показал, что рост изолятов патогена на средах с КЖ *H. annosum* находился на уровне контроля. КЖ *P. gigantea* вызывала достоверное ингибирование роста изолятов *H. annosum* НА-3-95 и НА-5-96 соответственно в 1,7 и 2,0 раза. Более значительное уменьшение накопления биомассы мицелия исследованных изолятов корневой губки происходило под действием КЖ, полученных после совместного выращивания *H. annosum* и *P. gigantea*. В данном варианте опыта достоверное ослабление роста патогена отмечено не только относительно контроля (в 2,2–2,8 раза), но и относительно вариантов с КЖ *P. gigantea* (в 1,3–1,4 раза).

Таким образом, антагонистическое действие исследованных штаммов *P. gigantea* предусматривает трофический рост их гиф в сторону *H. annosum*, присоединение к его гифам и разложение последних с помощью метаболитов, синтезируемых грибом-антагонистом в процессе жизнедеятельности. Активная секреция этих метаболитов наблюдается при непосредственном контакте гиф *H. annosum* и *P. gigantea*.

Выводы

Все исследованные штаммы гриба *P. gigantea* в смешанной культуре проявили антагонистическую активность по отношению к фитопатогенному грибу *H. annosum*. В процессе взаимодействия гриба-антагониста и патогена можно выделить три фазы: 1) первоначальное взаимодействие и узнавание гриба-патогена; 2) физическое и молекулярное взаимодействие с патогеном; 3) полная колонизация патогена. Наибольшая скорость роста мицелия и антагонистическая активность наблюдалась у штамма *P. gigantea* Р-1-96, который перспективен для создания биопрепарата против корневой губки.

Список литературы

1. *Авраменко Р. С.* Серологические исследования штаммов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. II. *H. annosum* березы повислой // Микол. и фитопатол. 1991. Т. 25, вып. 6. С. 524–528.

2. *Ахметов В. М.* Корневые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в нижнем Прикамье и меры по снижению их вредоносности (на примере Национального парка «Нижняя Кама») : Автореф. дис. … канд. с-х. наук : 06.01.11. Йошкар-Ола, 2007. 22 с.

3. *Бойко М. І.* Фізіолого-біохімічні особливості системи *Pinus sylvestris* L. – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. і перспективи практичного використання екзометаболітів деяких дероворуйнівних грибів : Автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.12 і 03.00.24. К., 1996. 51 с.

4. *Гусева О. Н.* Поражение корневой губкой чистых и смешанных культур сосны в условиях экологического стресса : Автореф. дис. … канд. с-х. наук : 06.01.07. Йошкар-Ола, 2011. 23 с.

5. *Демченко С. И., Мамчур А. А.* Исследование антагонистической активности некоторых базидиальных грибов по отношению к *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Сучасні проблеми фізіології та інтродукції рослин : Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. до 90-річчя від дня народження проф. О. Ф. Михайлова. Дніпропетровськ, 2005. С. 18.

6. *Краснопольская Л. М., Горбанюк М. С., Можина И. А., Муромцев Г. С.* Сравнительное изучение штаммов *Fusicoccum amygdali* Del. – продуцента регуляторов роста растений фузикоцина // Микол. и фитопатол. 1993. Т. 27, вып. 1. С. 46–50.

7. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 350 с.

8. *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.

9. Методы экспериментальной микологии : справ. / Под ред. В. И. Билай. К. : Наук. думка, 1982. 550 с.

10. *Мокрицкий В. А.* Изменчивость и особенности инфекционной биологии *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.24. К., 1992. 24 с.

11. *Негруцкий С. Ф.* Корневая губка. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 196 с.

12. *Псурцева Н. В., Мнухина А. Я.* Морфологическая, физиологическая и ферментативная вариабельность культур рода *Flammulina* P. Karst. // Микол. и фитопатол. 1998. Т. 32, вып. 1. С. 49–54.

13. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Кассиопея, 1999. 201 с.

14. *Романовская Т. В., Арашкова А. А., Тригубович А. М., Коломиец Э. И., Звягинцев В. Б., Волченкова Г. А., Савицкий А. В.* Скрининг изолятов *Phlebiopsis gigantea*, перспективных для создания биопрепарата против корневой губки // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. Минск : Беларуская навука, 2017. Т. 9. С. 92–103.

15. *Семенов С. М.* Лабораторные среды для актиномицетов и грибов : справ. М. : Агропромиздат, 1990. 240 с.

16. *Скрипка О. В.* Биологические особенности возбудителя коричнево-серой пятнистости стеблей подсолнечника // Микол. и фитопатол. 1996. Т. 30, вып. 1. С. 56–60.

17. *Сычев П. А.* Экофизиология высших грибов. Донецк : Кассиопея, 2000. 276 с.

18. *Полещук Ю. М.* Биологическая защита сосновых насаждений от корневой губки : обзорная информация. Минск, 1991. 34 с.

19. *Полещук Ю. М., Ковбаса Н. П.* Биологическая защита сосновых насаждений от корневой губки // Труды Белорусского государственного технологического университета. Сер. 1. Лесное хозяйство. 1993. Вып. 1. С. 27–32.

20. *Федоров Н. И.* Корневые гнили хвойных пород. М. : Лесная промышленность, 1984. 160 с.

21. *Харченко Н. А., Кузнецов И. В.* Пути и способы заражения корневых систем сосны обыкновенной корневой губкой // Проблемы и перспективы лесного комплекса : сб. науч. тр. Воронеж : ВГЛТА, 2005. С. 183–187.

22. *Asiegbu F., Daniel G., Johansson M.* Cellular interaction between the saprotroph *Phlebiopsis gigantea* and non-suberized roots of *Picea abies* // Mycological Research. 1996. Vol. 100, № 4. P. 409–417.

23. *Chaise T., Ultrich R.* Sexuality, distribution and dispersal of *Heterobasidion annosum* in pine plantations of Vermont // Mycologia. 1983. Vol. 75, № 5. P. 825–831.

24. *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.

Demchenko S. I. **The antagonistic activity of *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich natural strains to the phytopathogen of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.** – The results of the research allowed us to compare the antagonistic activity of *Phlebiopsis gigantea* natural strains to *Heterobasidion annosum*, which causes root rot of coniferous trees. The highest mycelium growth rate and antagonistic activity was observed for *P. gigantea* strain P-1-96, which is promising for creating a biological preparation against *H. annosum*. It was revealed that the antagonistic effect of *P. gigantea* to *H. annosum* is carried out through competitive trophic bonds and metabolites, the synthesis of which is enhanced by direct contact of the hyphae of the antagonistic fungus and the pathogen.

Key words: antagonistic fungus, pathogen, strains, metabolites, biological method, antagonistic activity, forest protection.

УДК 502.572 : 504.05

© **О. В. Фрунзе**

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ИОНАМИ СВИНЦА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: o.frunze@donnu.ru

Фрунзе О. В. **Сорбционная способность некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца. –** Исследовали сорбционную способность некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца с целью получения видов-гипераккумуляторов тяжелых металлов, которые можно рекомендовать для фиторемедиации почв техногенной среды. Проведенные исследования показали, что наибольшая сорбционная способность отмечена у проростков *Bromus arvensis* и *Agrostis vulgaris*. Наименьшую способность накапливать ионы тяжелых металлов показали проростки *Poa pratensis,* фактор переноса металла которых равен 0,55, поэтому данный вид газонной травы мы не можем рекомендовать для технологии фиторемедиации почв техногенного региона. У *B. arvensis* и *A. vulgaris* фактор переноса металла для свинца практически равен 1, что позволяет отнести данные виды растений к гипераккумуляторам тяжелых металлов и рекомендовать их для использования в технологии фиторемедиации почв, загрязненных ионами свинца.

Ключевые слова: свинец, газонные травы, фиторемедиация, сорбционная способность, фактор переноса металла.

Введение

В настоящее время вклад автотранспорта в загрязнение биосферы Донецкого региона считается доминирующим и составляет 72,7 % от общего объема загрязняющих веществ, поступающих в городскую среду [2]. Быстрый рост парка автомашин, наблюдаемый в последние годы, явился причиной резкого ухудшения экологической обстановки в Донецком регионе. Вырос уровень загрязнения свинцом городской среды и особенно почв, обладающих способностью к его сорбции и депонированию. Накоплению свинца в почвах благоприятствует также слабая подвижность большинства его соединений при высоких pH [6, 9]. К тому же биогеохимические аномалии свинца более статичны и долговечны, чем другие, так как почвы способны аккумулировать его на протяжении всего периода техногенного воздействия. Свинец относится к группе тяжелых металлов 1-го класса экологической опасности, способных вызывать у человека и животных различные токсикозы и канцерогенные наследственные мутации. Поэтому фиторемедиация почв, загрязненных ионами свинца является одной из ведущих технологий восстановления почв городов [5, 7].

Термин «фиторемедиация» применяют к группе технологий, которые используют растения для уменьшения, извлечения, сорбции или деактивации токсинов окружающей среды, в первую очередь антропогенного происхождения, с целью восстановления загрязненных участков до состояния их пригодности для частного или общественного использования. Концепция использования растений для восстановления загрязненной окружающей среды не нова. Более 300 лет назад растения предложили использовать в очистке сточных вод. Использование растений для восстановления окружающей среды назвали «зеленой рекультивацией», «ботанической биоремедиацией» и т.д. В сущности, фиторемедиация включает в себя способность человека усилить естественную инактивацию или восстановление загрязненных участков и, как следствие, представляет собой процесс, который занимает промежуточное положение между техническим и естественным восстановлением. Поскольку фиторемедиация подчиняется природным, синергетическим отношениям между растениями, микроорганизмами и окружающей средой, она не требует внедрения интенсивных технологических методов или геологических технологий. Вмешательство человека может только заключаться в создании соответствующих растительно-микроорганизменных сообществ в той или иной местности или в применении агрономических методов (например, обработка почвы и внесение удобрений) [1, 2].

© **Фрунзе О. В., 2023**

Данная технология привлекает к себе внимание как инновационная, экономически-выгодная, эстетическая для человеческого общества, по сравнению с альтернативными стратегиями восстановления, которые используют механические, геологические или химические методы для удаления или инактивации участков, загрязненных опасными отходами [3, 4].

Материал и методы исследования

При проведении эксперимента в качестве объектов исследования были использованы газонные травы: *Bromus arvensis* L., *Agrostis vulgaris* With., *Poa pratensis* L.

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

Таблица 1

Схема эксперимента сорбционной способности проростков в условиях загрязнения почвы ионами свинца

Вариант загрязнения	Концентрации загрязнителя
	$Pb(NO_3)_2$, мг/кг (в перерасчете на Pb^{2+})
1	0 (контроль)
2	16 (0,5 ПДК)
3	32 (1 ПДК)
4	48 (1,5 ПДК)
5	64 (2 ПДК)

В качестве загрязнителя использовался нитрат свинца по стехиометрическому отношению. Концентрации свинца составляли 0, 0,5 ПДК, 1 ПДК, 1,5 ПДК, 2 ПДК.

Семена растений проращивались согласно их биологическим особенностям. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, продолжительности светового дня 14 часов, температуре 20–22 °С и влажности почвы около 70 % полной влажности. В каждый сосуд вносилось по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм, в который предварительно вносился нитрат свинца согласно схеме эксперимента.

Содержание свинца в растительном материале определяли по методу атомно-абсорбционной спектроскопии по В. Прайсу на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн-3». Метод основан на кислотном вскрытии растительного сырья, распылении полученных растворов в пламя ацетилен-воздух или введении в графитовую печь спектрофотометра полученного раствора с последующей электротермической атомизацией [9]. Полученные данные обрабатывали статистически с помощью специально разработанных программ.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что способность растений накапливать в своих органах ионы свинца зависит как от концентрации металла, так и от видоспецифических особенностей растений. Так, в вариантах внесения в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК наблюдалось повышение содержания данного металла в корневой системе проростков *B. arvensis* на 34 %, по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве. При дальнейшем повышении концентрации поллютанта до 1 ПДК концентрация ионов свинца в корнях данных растений увеличивалась практически в 2 раза (рис. 1).

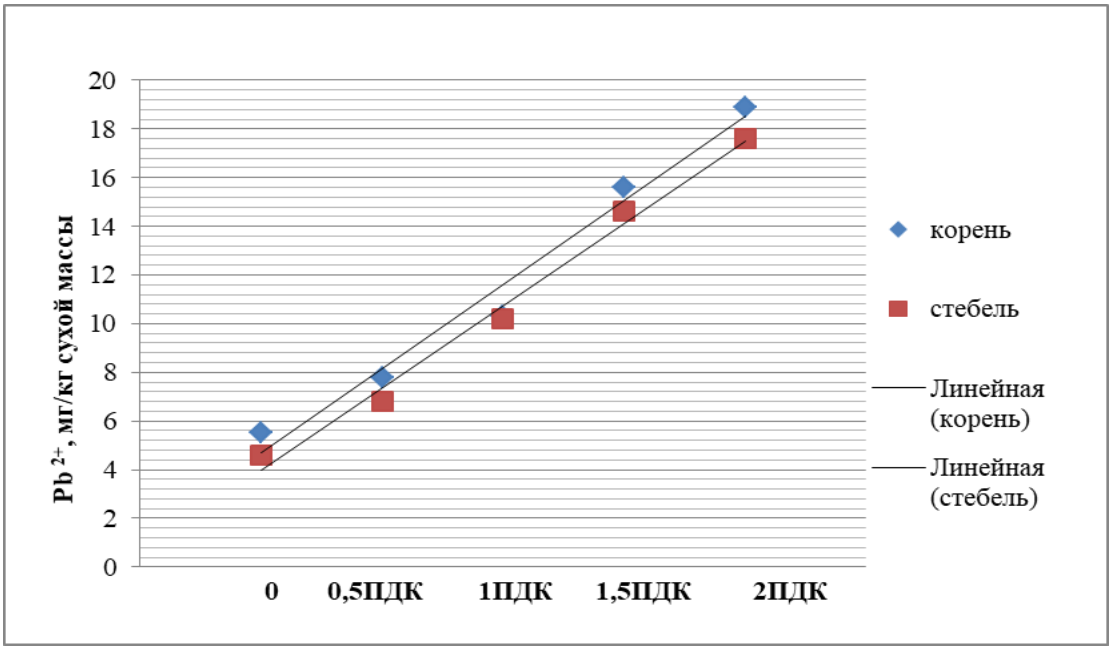

Рис. 1. Сорбция ионов свинца вегетативными органами проростков *Bromus arvensis* L.

В условиях внесения в почву ионов свинца в концентрации 1,5 ПДК, содержание токсиканта в корневой системе увеличилась на 165 %, а при дальнейшем увеличении концентрации до 2 ПДК, в корнях проростков она увеличилась более, чем в 3 раза. Обработка экспериментальных данных показала, что степень сорбции свинца корневой системой *B. arvensis* описывается уравнением Вагелера-Ленгмюра. На рис. 1 изображена линеаризованная зависимость содержания ионов свинца в корнях растений от содержания ионов свинца в почве. Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 3{,}46x + 1{,}24; \quad R^2 = 0{,}9763, \qquad (1)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

При внесении в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК прослеживалось увеличении концентрации данного металла в надземной части проростков *B. arvensis* на 52 % в сравнении с контролем. При дальнейшем увеличении концентрации свинца в почве до 1 ПДК, содержание токсиканта в стеблях растений увеличилось практически в два раза. Аналогичное увеличение концентрации ионов свинца в надземной части наблюдали и при увеличении концентрации токсиканта в почве до 1,5 ПДК и 2 ПДК, в условиях которого содержание металла в стеблях увеличилось в 4,6 раза в сравнении с растениями, выращенными на незагрязненной почве. На рис. 1 изображена линеаризованная зависимость содержания ионов свинца в стеблях растений от содержания ионов свинца в почве. Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 3{,}38x + 0{,}62; \quad R^2 = 0{,}9894, \qquad (2)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

В вариантах внесения в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК наблюдалось повышение содержания данного металла в корневой системе проростков *A. vulgaris* на 20 %, по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве (рис. 2). При дальнейшем повышении концентрации поллютанта до 1 ПДК также увеличивалась концентрация ионов свинца в корнях данных растений практически в 3 раза.

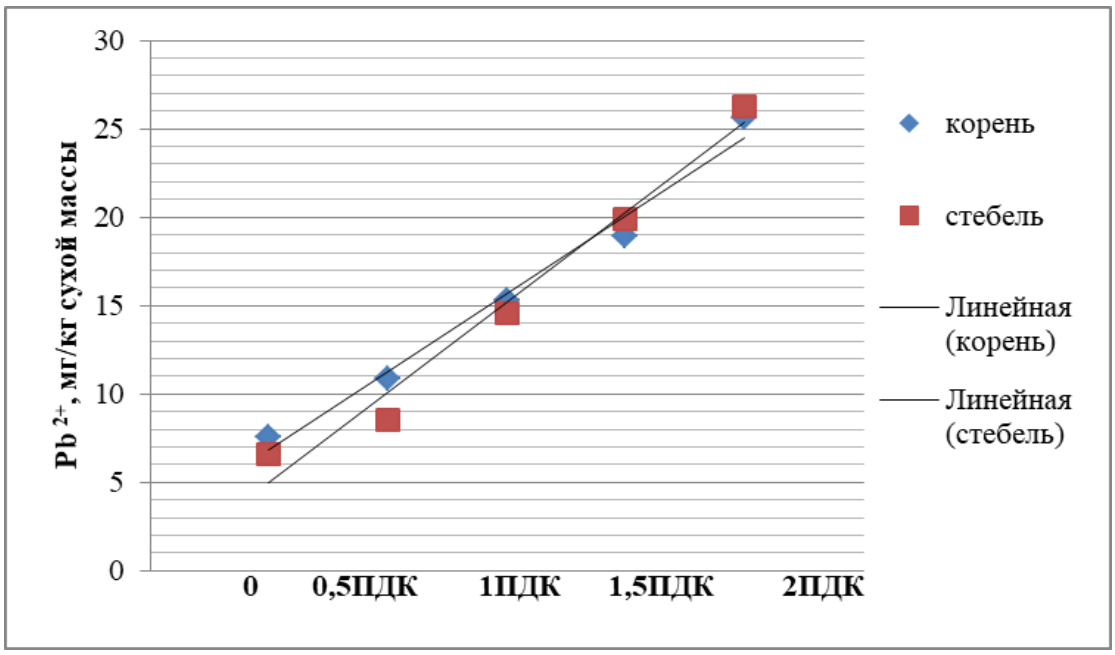

Рис. 2. Сорбция ионов свинца органами проростков *Agrostis vulgaris* With.

В условиях внесения ионов свинца в концентрации 1,5 ПДК, концентрация токсиканта в корневой системе увеличилась практически в 4 раза, а при дальнейшем увеличении свинца до 2 ПДК, его концентрация в корнях проростков увеличилась практически в 5 раз.

Обработка экспериментальных данных показала, что степень сорбции ионов свинца корневой системой *A. vulgaris* также описывается линеаризированной зависимостью Вагелера-Ленгмюра.

Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 4{,}4x + 2{,}46;\ R^2 = 0{,}9825 \qquad (3)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

При внесении в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК прослеживалось увеличении концентрации данного металла в надземной части проростков *A. vulgaris* на 45 % в сравнении с контролем. При дальнейшем увеличении концентрации свинца в почве до 1 ПДК, содержание токсиканта в стеблях растений увеличилось практически в три раза. Аналогичное увеличение концентрации ионов свинца в надземной части наблюдали и при увеличении концентрации токсиканта в почве до 1,5 ПДК и 2 ПДК, в условиях которого содержание металла в стеблях увеличилось в 4–6 раз в сравнении с растениями, выращенными на незагрязненной почве. На рис. 2 изображена линеаризованная зависимость содержания свинца в стеблях растений от содержания свинца в почве. Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 5{,}08x - 0{,}06;\ R^2 = 0{,}9756, \qquad (4)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

В вариантах внесения в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК наблюдалось повышение содержания данного металла в корневой системе проростков *P. pratensis* на 20,5 %, по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве. При дальнейшем повышении концентрации поллютанта до 1 ПДК также увеличивалась концентрация ионов свинца в корнях данных растений практически на 75 % (рис. 3).

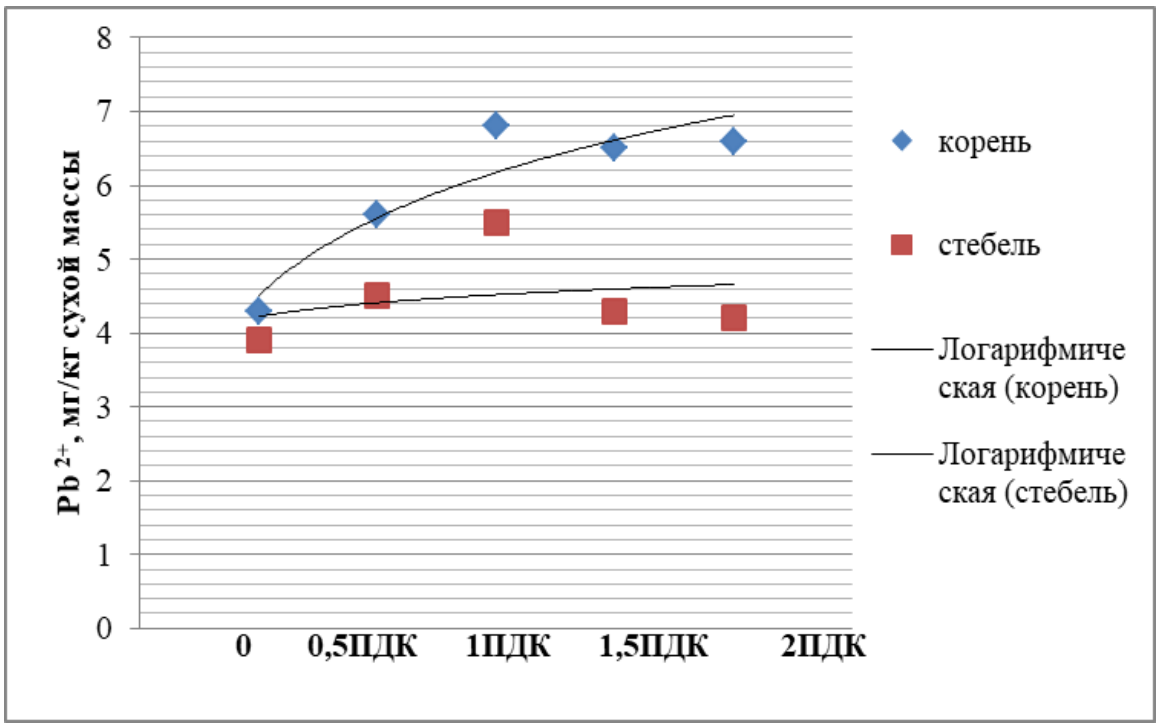

Рис. 3. Сорбция ионов свинца органами проростков *Poa pratensis* L.

Но в условиях внесения ионов свинца в концентрации 1,5 ПДК, концентрация токсиканта в корневой системе резко уменьшилась, а при дальнейшем увеличении свинца до 2 ПДК, его концентрация в корнях проростков также продолжала уменьшаться. Данный факт можно объяснить защитной реакцией растения на воздействие поллютанта. Обработка экспериментальных данных показала, что степень сорбции ионов свинца корневой системой *P. pratensis* описывается логарифмической зависимостью.

Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 1{,}5178\ln(x) + 4{,}5067;\ R^2 = 0{,}8671 \qquad (5)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

При внесении в почву ионов свинца в концентрации 0,5 ПДК прослеживалось увеличение концентрации данного металла в надземной части проростков *P. pratensis* на 21,3 % в сравнении с контролем. Но в условиях внесения ионов свинца в концентрации 1,5 ПДК, содержание токсиканта в надземной части проростков резко уменьшилось, а при дальнейшем увеличении концентрации ионов свинца до 2 ПДК в стеблях растений содержание токсиканта также продолжало уменьшаться. Степень сорбции свинца надземной частью проростков *P. pratensis* описывается логарифмической зависимостью.

Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 0{,}2688\ln(x) + 4{,}2226;\ R^2 = 0{,}0785, \qquad (6)$$

где R^2 – достоверность аппроксимации R^1.

Сорбция металлов зависит от видовой специфики растений, химической характеристики металлов и характеристики почвы [6, 8, 10].

Одним из показателей сорбционной способности растений является фактор переноса металла – это отношение концентрации ионов металла в органах растений к концентрации металла в почве, подверженной фиторемедиации. В табл. 2 представлены данные фактора переноса ионов свинца для изученных видов газонных трав.

Таблица 2

Фактор переноса тяжелых металлов растениями

Вид растения	Фактор переноса Pb
Bromus arvensis L.	0,98
Agrostis vulgaris With.	0,95
Poa pratensis L.	0,55

Исследования показали, что у *B. arvensis* и *A. vulgaris* фактор переноса металла для свинца практически равен 1, что говорит о высокой способности данных видов растений накапливать ионы тяжелых металлов в вегетативных органах. Наименьшую способность накапливать ионы тяжелых металлов показали проростки *P. pratensis,* у которых фактор переноса металла составил 0,55, что свидетельствует о низкой сорбционной способности данного вида газонной травы.

Технология фиторемедиации имеет ряд преимуществ, таких как высокая экономическая эффективность, экологичность, эстетичность, применима к широкому спектру тяжелых металлов. Но у этой технологии есть и ряд недостатков: 1) наличие комплекса нескольких типов тяжелых металлов и органических загрязнителей могут представлять сложность в накоплении; 2) климатические и гидрологические условия могут ограничить рост растений, используемых для рекультивации; 3) это длительный процесс, который может занять несколько лет, и он применим только к верхним слоям почвы; 4) накопленная растениями биомасса может превратиться в опасные отходы, для которых будет необходима надлежащая утилизация, поэтому необходимы дальнейшие исследования в повышении эффективности данной технологии.

Выводы

Наибольшая сорбционная способность накапливать ионы свинца отмечена у проростков *B. arvensis* и *A. vulgaris.* Наименьшую сорбционную способность показали проростки *P. pratensis,* фактор переноса металла которых равен 0,55, поэтому данный вид газонной травы мы не можем рекомендовать для технологии фиторемедиации почв техногенного региона.

Исследования показали, что у *B. arvensis* и *A. vulgaris* фактор переноса металла для свинца практически равен 1, что позволяет отнести данные растения к гипераккумуляторам тяжелых металлов и рекомендовать их для использования в технологии фиторемедиации почв, загрязненных ионами тяжелых металлов.

Список литературы

1. *Алемасова А. С., Сафонов А. И.* Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 5–13.

2. *Высоцкий С. П., Фрунзе О. В.* Фитореабилитация близлежащих к автомобильным трассам территорий // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета. 2019. Вып. № 2 (29). С. 59–65.

3. *Сафонов А. И.* Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естеств. науки. 2020. № 1. С. 96–100.

4. *Фрунзе О. В.* Фиторемедиация почв, загрязненных ионами тяжелых металлов, с помощью древесных и кустарниковых растений // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 92–98.

5. *Batayneh A. T.* Toxic (aluminum, beryllium, boron, chromium and zinc) in groundwater: Health risk assessment // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2012. Vol. 9. P. 153–162.

6. *Glick B. R.* Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the

environment // Biotechnology Advances. 2010. Vol. 21, N 5. P. 383–393.

7. *Grigoletto T. L. B.* Lead in drinking water from Ribeirão Preto (SP): chemical, physical factors and possible correlations with the contamination of children. São Paulo : University of São Paulo, 2011. 83 p.

8. *Junior A. M. D., Oliva M. A., Ferreira F. A.* Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Ouro Preto, Brasil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species // Ecological Indicators. 2012. Vol. 8, N 5. P. 454–461.

9. *Kramer U.* Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils // Current Opinion in Biotechnology. 2008. Vol. 16, N 2. P. 133–141.

10. *Pilon-Smits E., Pilon M.* Phytoremediation of metals using transgenic plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2014. Vol. 21, N 5. P. 439–456.

Frunze O. V. **Sorption capacity of some types of lawn grasses in conditions of controlled soil contamination with lead ions**. – The sorption capacity of some types of lawn grasses was studied under conditions of controlled soil contamination with lead ions in order to obtain types of heavy metal hyperaccumulators that can be recommended for phytoremediation of soils of technogenic environment. The conducted studies have shown that the greatest sorption capacity was noted in seedlings of *Bromus arvensis* and *Agrostis vulgaris*. *Poa pratensis* seedlings showed the least ability to accumulate heavy metal ions, the metal transfer factor of which is 0,55, therefore, we cannot recommend this type of lawn grass for the technology of phytoremediation of soils in a technogenic region. In *B. arvensis* and *A. vulgaris*, the metal transfer factor for lead is almost equal to 1, which makes it possible to attribute these plants to heavy metal hyperaccumulators and recommend them for use in phytoremediation technology of soils contaminated with heavy metal ions.

Key words: lead, lawn grasses, phytoremediation, sorption capacity, metal transfer factor.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИОЛОГИИ
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF PHYSIOLOGY

УДК 615.825.1

© **Е. А. Балакирева, Ю. А. Гришун**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ В КОРРЕКЦИИ НЕЙРОЦИРКУЛЯТОРНОЙ ДИСТОНИИ ГИПОТЕНЗИВНОГО ТИПА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: e.balakireva@donnu.ru, yu.grishun@donnu.ru

Балакирева Е. А., Гришун Ю. А. **Эффективность физкультурно-оздоровительных занятий в коррекции нейроциркуляторной дистонии гипотензивного типа.** – Исследовалась эффективность применения физкультурно-оздоровительной программы для лиц с нейроциркуляторной дистонией по гипотоническому типу. В работе представлены результаты применения предложенной программы для снижения проявлений нейроциркуляторной дистонии по гипотоническому типу у девушек 18–20 лет.

Ключевые слова: нейроциркуляторная дистония, функциональное состояние, сердечно-сосудистая система, гемодинамика, вегетативная нервная система, физкультурно-оздоровительная программа.

Введение

Нейроциркуляторная дистония (НЦД) – хроническая патология, которая относится к группе функционально-структурных заболеваний, с различными клиническими проявлениями, среди которых на первый план выходят нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы в комплексе с дыхательными и вегетативными расстройствами, при этом патологическое изменение тонуса сосудов, то есть дистония, проявляется комплексом функциональных изменений различных органов и систем организма [11].

Причинами данного состояния могут быть внутренние факторы, такие как наследственность, психическое и нервное перенапряжение и внешние – гиподинамия, гипокинезия, неблагоприятные экологические условия, в связи с чем данная патология стала встречаться все чаще и больше у лиц молодого и среднего возраста [2, 13].

В зависимости от типа реакции сердечно-сосудистой системы выделяют три варианта течения данного заболевания. Это кардиальный, гипо- и гипертензивный типы нейроциркуляторной дистонии.

Выходящие на первый план такие жалобы как, неприятные ощущения со стороны сердца в виде перебоев в его работе, иногда с чувством замирания либо остановки, характерны для кардиального типа НЦД.

При гипотензивном типе чаще всего наблюдается снижение систолического артериального давления ниже 100 мм рт. ст. с предобморочными состояниями, головокружением и урежением пульса.

Повышением систолического артериального давления до 140 мм рт. ст. и выше, тахикардией, повышенной утомляемостью характеризуется третий тип НЦД, протекающий по гипертензивному типу.

Кроме того, при всех трех типах встречаются такие проявления невроза, как общая слабость, быстрая утомляемость, нарушение сна [7, 11].

Для лиц, страдающих НЦД, как правило, характерна недостаточная физическая подготовка, в связи с этим возрастает роль физических упражнений, направленных на совершенствование систем саморегуляции организма и повышение его функциональных возможностей [7].

Анализ литературных источников подтверждает недостаточную изученность проблемы оздоровительного значения физических упражнений для лиц с нарушениями вегетативного статуса, в частности, нейроциркуляторной дистонии.

© **Балакирева Е. А., Гришун Ю. А., 2023**

Как показывает практика, большое значение в снижении проявлений симптомов дистонии имеет занятие лечебно-оздоровительной физической культурой [5, 8, 15].

Физическая культура является мощным фактором в формировании и повышении уровня здоровья, в том числе у людей молодого возраста. Мировой опыт показывает, что средства оздоровительной физической культуры и спорта обладают универсальной способностью решать проблемы повышения уровня здоровья. Занятия физической культурой и спортом являются приоритетным средством не только поддержания и укрепления здоровья, но и профилактики различных неинфекционных заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной и других систем организма [6, 11].

Стоит акцентировать внимание еще и на том, что использование физической активности и спорта в целях предупреждения заболеваемости требует незначительных дополнительных затрат.

За последнее время появился целый ряд работ, посвященных проблеме нейроциркуляторной дистонии, которые внесли большой вклад в развитие учения об этой патологии и стимулировали интерес к дальнейшим исследованиям. Тем не менее, многие вопросы нуждаются в углубленном, тщательном изучении. Так, недостаточно разработаны вопросы дифференцированного применения средств физической реабилитации в восстановительном лечении и профилактике НЦД.

Учитывая вышеизложенное, мы сочли целесообразным посвятить настоящую работу изучению проблемы применения физкультурно-оздоровительных средств для лиц с нейроциркуляторной дистонией по гипотоническому типу.

Цель работы – показать эффективность программы физкультурно-оздоровительных занятий для девушек 18–20 лет с нейроциркуляторной дистонией по гипотоническому типу.

Материал и методы исследования

В исследовании принимали участие 12 девушек в возрасте 18–20 лет, которые существенно не отличались по показателям массы тела и характеризовались примерно одинаковым уровнем функционального состояния организма, установленного по описанным ниже методикам. Основным показателем для формирования групп был диагноз «нейроциркуляторная дистония по гипотоническому типу», который содержался у них в медицинской карточке.

Для определения эффективности предложенной оздоровительной программы генеральная группа (n = 12) была разделена на две группы: контрольную (n = 6) и экспериментальную (n = 6). В контрольной подгруппе применялся следующий комплекс оздоровительных мероприятий: лечебная гимнастика, дозированная ходьба и лечебный массаж. В экспериментальной группе – лечебная гимнастика, дозированная ходьба, занятия на велотренажере, лечебный массаж и самомассаж в домашних условиях, выполнение дыхательных упражнений и аутогенная тренировка по методике К. Динейка [4]. Время реализации программы – 6 месяцев.

Дозированная ходьба осуществлялась в медленном и среднем темпе (медленный – 60–80 шагов в 1 минуту, средний – 90–100 шагов в 1 минуту). Продолжительность прогулок – в зависимости от самочувствия.

Упражнения на велотренажере выполнялись три раза в неделю, при этом скорость вращения педалей была 60–75 об./мин. (при оптимальном сердечном ритме до 130–140 уд./мин.).

Курс массажа – классический, по общепринятой схеме с воздействием на спину и нижние конечности [10]. Длительность сеанса – 15–20 минут. Курс – 15–20 сеансов, через день.

При выполнении лечебной гимнастики в занятия включались упражнения с набивными мячами (2 кг), упражнения с сопротивлением – с экспандерами. При выполнении скоростно-силовых упражнений – бег. При этом дозировка физической нагрузки была тренирующая.

Дыхательные упражнения можно было выполнять в любом положении – сидя или стоя. Предлагалось выполнять по 10 раз следующие упражнения: 1) брюшное дыхание, вдох

носом, грудь неподвижна, живот сильно поднят, выдох ртом; 2) грудное дыхание, вдох носом, поднимается только грудь, выдох ртом; 3) вдох по очереди одной ноздрей, другая зажата, выдох ртом; 4) полное дыхание. При вдохе по очереди двигаются грудь и живот; также по очереди производится выдох.

Для оценки эффективности оздоровительной программы нами были взяты следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), показатели пробы Генчи, Штанге, ортостатической и клиностатической проб, индекс Руфье и жизненный индекс (ЖИ) [1, 12].

Как видно из полученных результатов, в экспериментальной и контрольной группе девушек показатели функционального состояния до проведения физкультурно-оздоровительных мероприятий достоверно не отличались между собой (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных исследуемых показателей у девушек контрольной и экспериментальной групп при первичном обследовании

Показатели	Группы	
	Контрольная	Экспериментальная
Систолическое давление, мм рт. ст.	102,6±5,67	106,5±4,23
Диастолическое давление, мм рт. ст.	62,4±4,61	63,8±3,08
Частота сердечных сокращений, уд./мин.	81,7±2,49	79,1±2,42
Индекс Руфье	10,4±1,22	10,6±1,67
Жизненный индекс, мл/кг	47,2±1,45	48,6±1,80
Проба Штанге, с	28,3±1,23	29,3±1,67
Проба Генчи, с	18,5±1,52	19,7±1,35
Ортостатическая проба	25,7±1,42	23,3±1,56
Клиностатическая проба	13,4±2,68	17,6±3,53

Таким образом, обследование показало, что контрольная и экспериментальная подгруппы были однородны. Вместе с тем, исследование функционального состояния кардио-респираторной системы показало, что у девушек обеих подгрупп систолическое давление (102,6±5,67 и 106,5±4,23 мм рт. ст.) и диастолическое давление (62,4±4,61 и 63,8±3,08 мм рт. ст.) были низкими. Показатели ЖИ составляли соответственно 47,2±1,45 и 48,6±1,80 мл/кг, что оценивалось, как удовлетворительные. Показатели гипоксических проб Штанге (28,3±1,23 с и 29,3±1,67 с) и Генчи (18,5±1,52 с и 19,7±1,35 с) были снижены и по бальной шкале оценивались соответственно как «3» и «2» [15].

При анализе первичных показателей клиностатической пробы (25,7±1,42 и 23,3±1,56) и ортостатической пробы (13,4±2,68 и 17,6±3,53) отмечалось преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, как в основной, так и в контрольной подгруппе. У обследованных девушек вследствие синдрома НЦД были снижены показатели уровня физического здоровья (проба Руфье) (10,4±1,22 и 10,6±1,67 соответственно).

У обследуемых девушек значения ЧСС составляли 79–82 ударов в минуту, что при трактовке результатов соответствует качественной оценки «плохо» (а по балльной оценке – 2) [3].

Подобный эффект (низкие значения артериального давления при повышенных значениях пульса), по-видимому, носит компенсаторный характер, что обеспечивает нормальное обеспечение кислородом периферических органов и тканей при пониженном артериальном давлении.

Таким образом, можно констатировать, что у девушек в обеих сформированных группах были низкие функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Результаты наших исследований совпадают с данными, полученными из различных литературных источников [8, 9]. Так, ознакомившись с работами отечественных авторов, установлено, что такое состояние до начала реабилитационных мероприятий типично для лиц с нейроциркуляторной дистонией по гипотоническому типу.

Результаты и обсуждение

Оздоровительные программы в контрольной и экспериментальной группе оказались эффективными для нормализации СД (рис. 1, А). Повышение численных значений данного показателя составило 10–1 2% от исходных (р < 0,05) и в обеих подгруппах достигло возрастных норм. У девушек экспериментальной подгруппы на 14 % (р < 0,05) увеличилось ДАД относительно исходных значений. В контрольной подгруппе диастолическое давление достоверно не изменилось (рис. 1, Б).

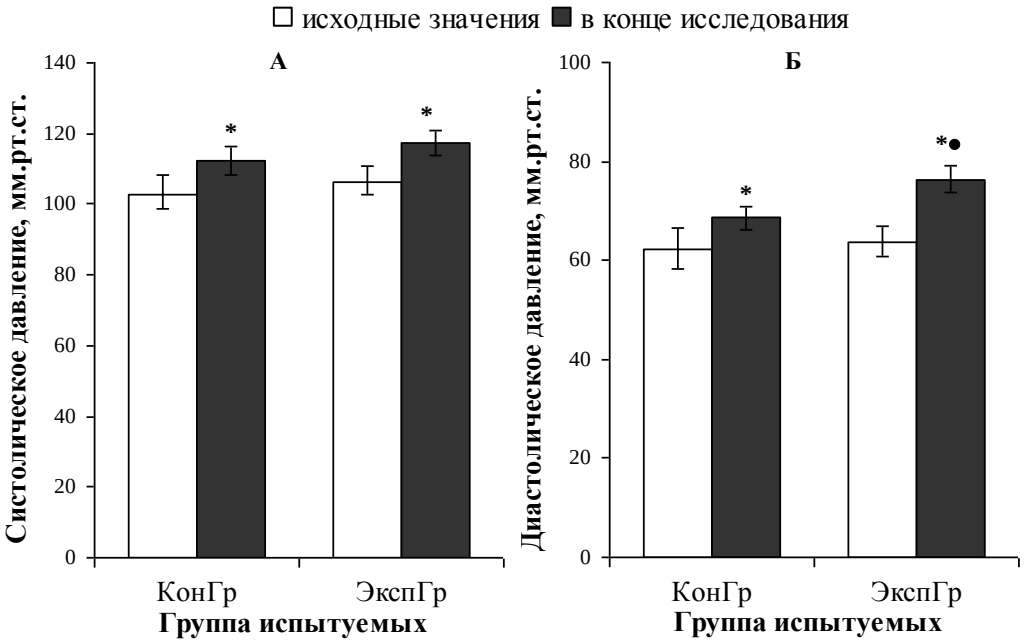

Рис. 1. Изменение показателя систолического (А) и диастолического (Б) давления после окончания эксперимента у испытуемых контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп

* – отличия достоверны (р < 0,05) при сравнении с исходными значениями показателя;

● – отличия достоверны (р < 0,05) при сравнении значений показателей в контрольной и экспериментальной подгруппах на момент окончания эксперимента

В обеих группах регистрировалось снижение ЧСС до 75 и 71 уд/мин. (р < 0,05), что соответствовало уровню «удовлетворительно» (при качественной оценке) и 3 (по бальной) (рис. 2).

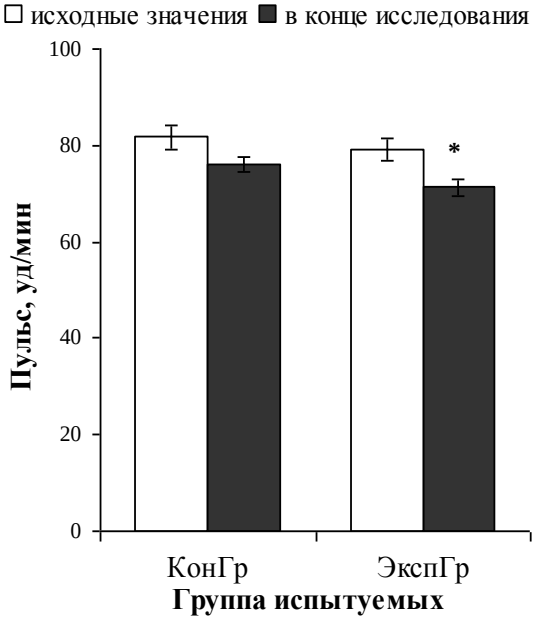

Рис. 2. Изменение показателя частоты сердечных сокращений после окончания эксперимента у испытуемых контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп

Примечания: см. рис. 1

При анализе результатов пробы Руфье было установлено, что численные значения индекса данной пробы сократились у девушек в обеих подгруппах (рис. 3). При этом, в контрольной подгруппе данный индекс составил 7,5±0,84 балла, что соответствовало среднему уровню физического здоровья и работоспособности миокарда, а в экспериментальной – хорошему (5,4±0,67 баллов).

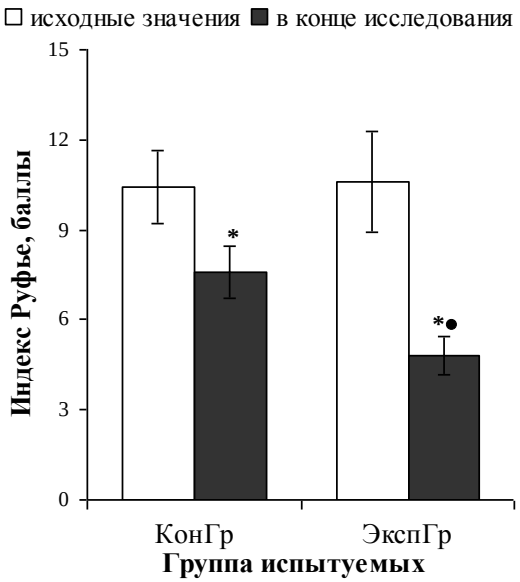

Рис. 3. Изменение индекса Руфье после окончания эксперимента у испытуемых контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп

Примечания: см. рис. 1

В проведенном исследовании выявлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение жизненного индекса – показатели функциональных возможностей аппарата внешнего дыхания (рис. 4).

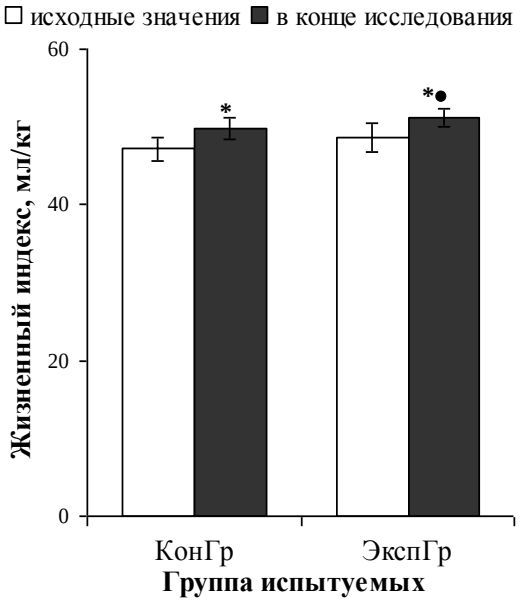

Рис. 4. Изменение показателя жизненного индекса после окончания эксперимента контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп

Примечания: см. рис. 1

В пробе Штанге время задержки дыхания возросло в 1,7 раза ($p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями, а в пробе Генчи – в 1,4 ($p < 0,05$) раза. У девушек контрольной подгруппы численные значения показателей увеличились в 1,2 раза ($p < 0,05$) в обеих пробах (рис. 5).

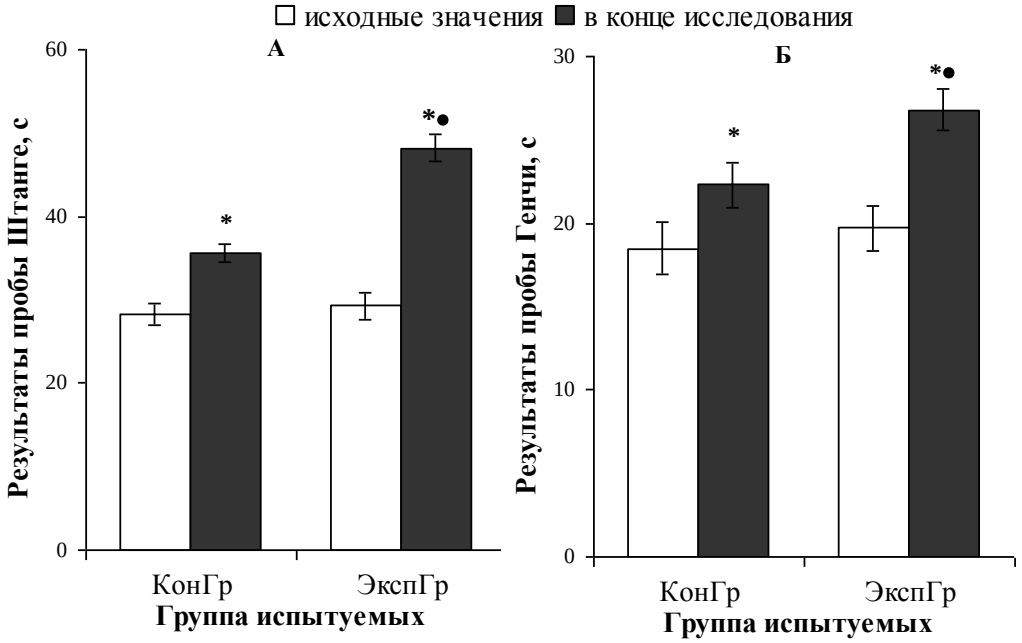

Рис. 5. Изменение показателей пробы Штанге (А) и Генчи (Б) после окончания эксперимента у испытуемых контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп
Примечания: см. рис. 1

Результаты ортостатической пробы свидетельствуют в пользу стабилизации влияний отделов вегетативной нервной системы на функционирование сердечно-сосудистой системы в экспериментальной подгруппе (рис. 6, А). Результаты клиностатической пробы показали, что у испытуемых экспериментальной подгруппы они приблизились к норме (рис. 6, Б).

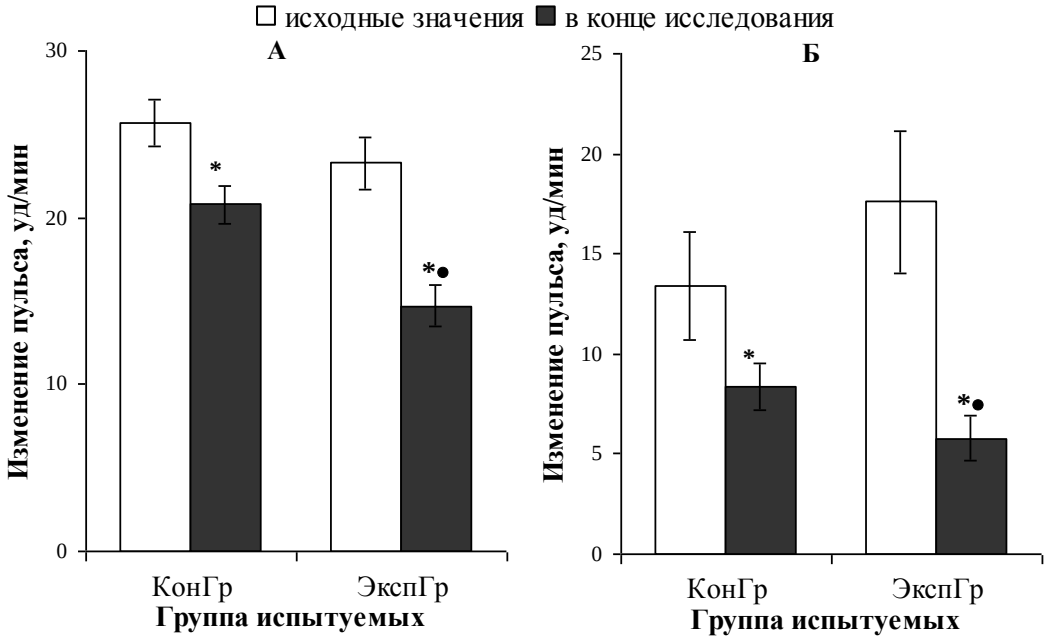

Рис. 6. Изменение показателей ортостатической (А) и клиностатической (Б) проб после окончания эксперимента у испытуемых контрольной (КонГр) и экспериментальной (ЭкспГр) групп
Примечания: см. рис. 1

Таким образом, анализ результатов позволил констатировать положительную динамику ряда показателей функциональных проб, которая присутствовала как в контрольной, так и в экспериментальной группах. При этом, значения ряда показателей в экспериментальной подгруппе характеризовались большим приростом, чем в контрольной.

Выводы

Физкультурно-оздоровительная программа для девушек 18–20 лет с НЦД по гипотоническому типу в экспериментальной группе привела к стабилизации ряда показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы и коррекции вегетативного состояния, что подтверждает существенное значение комплексного подхода в реабилитации данного контингента лиц.

Список литературы

1. *Ачкасов Е. Е., Руненко С. Д., Пузин С. Н.* Врачебный контроль в физической культуре. М. : Триада – Х, 2012. 130 с.

2. *Береславская Е. Б.* Вегетососудистая дистония. Современный взгляд на лечение и профилактику. СПб. : Весь, 2014. 156 с.

3. *Гилазиева С. Р., Никитенко О. Б.* Методики оценки здоровья и физического развития студентов : методические рекомендации. Оренбург : ОГУ, 2010. 40 с.

4. *Динейка К. В.* Движение, дыхание, психофизическая тренировка. Минск : Полымя, 1986. 144 с.

5. *Зароднюк Г. В., Ларионова М. Н.* Лечебная физкультура при вегетососудистой дистонии : программа и методические указания для самостоятельных занятий. СПб., 2019. 23 с.

6. *Зотов Д. Д., Исаков В. А.* Особенности гемодинамического обеспечения физической нагрузки у больных нейроциркуляторной дистонией // Педиатр. 2018. Т. 9, № 1. С. 49–53.

7. *Ивкина С. С.* Синдром вегетативной дисфункции : методические рекомендации. Гомель, 2004. 186 с.

8. *Котова Т. В., Аксакова-Кратман И. Ю., Гришан М. А.* Физиологические изменения в организме девушек с нейроциркуляторной дистонией, испытывающих разные варианты воздействия // Пульс. 2019. Т. 21, № 11. С. 82–87.

9. *Кушнир С. М., Антонова Л. К.* Вегетативная дисфункция и вегетативная дистония. Тверь, 2007. 214 с.

10. Лечебная физкультура при вегетососудистой дистонии : программа и методические указания для самостоятельных занятий / Сост. : Г. В. Зароднюк, М. Н. Ларионова. СПб. : Санкт-Петербургский горный ун-т, 2019. 23 с.

11. *Мелихов Ю. Ю.* К проблеме реабилитации нейроциркуляторной дистонии. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-reabilitatsii-neyrotsirkulyatornoy-distonii/viewer (дата обращения 22.03.2023 г.).

12. Методы контроля за функциональным состоянием организма студента : методические рекомендации / Сост. : В. Н. Лешко, Н. В. Карпеева. Рязань : Рязанский гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2006. 20 с.

13. *Покровская Н. А.* Вегетососудистая дистония. СПб. : Сова, 2010. 64 с.

14. *Сидоров Д. Г.* Методы самоконтроля для оценки физического состояния студентов : учеб.-метод. пос. Н. Новгород : ННГАСУ, 2023. 42 с.

15. *Соколов А. В., Ракита Д. Р., Свинцова С. Э.* Инновационные технологии в реабилитационном лечении больных с нейроциркуляторной дистонией // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2009. № 3. С. 135–141.

***Balakireva E. A., Grishun Yu. A.* The effectiveness of physical fitness in correction of neurocirculatory dystonia of hypotensive type. –** The effectiveness of the application of a physical culture and wellness program for people with neurocirculatory dystonia of the hypotonic type was investigated. The paper presents the results of the application of the proposed program to reduce the manifestations of neurocirculatory dystonia of the hypotonic type in girls aged 18–20 years.

Key words: neurocirculatory dystonia, functional state, cardiovascular system, hemodynamics, autonomic nervous system, physical fitness program.

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2023

№ 1–2

Учредитель: ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

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

Оригинал-макет: А. Д. Штирц

Адрес редакции:
Россия, 283050, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий государственный университет,
биологический факультет

Тел.: +7 (856) 302-09-95; +7 (949) 419-59-19
e-mail: eco-1999@mail.ru

Сайт журнала: http://donnu.ru/ecolog