

ISSN 2077-3366

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF DPR
DONETSK NATIONAL 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

2017

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 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 (<i>главный редактор</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Горецкий О. С. , проф., д-р биол. наук (<i>зам. главного редактора</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Алемасова А. С. , проф., д-р хим. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Бойко М. И. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Глухов А. З. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад» НИИ травматологии и ортопедии Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького
Калинкин О. Г. , проф., д-р мед. наук	ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Россия)
Мацюра А. В. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Остапко В. М. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Романенко В. А. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Сафонов А. И. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Труш В. В. , доц., канд. мед. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Штирц А. Д. , доц., канд. биол. наук (<i>отв. секретарь</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Ярошенко Н. Н. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, 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). 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:

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
Биологический факультет
Тел.: (062) 302-09-95; +38(050) 240-78-02
Сайт журнала: <http://donnu.ru/ecolog>

e-mail: eco-1999@mail.ru

*Печатается по решению Ученого совета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
протокол № 8 от 21.11.2017 г.*

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2017

Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 2017, № 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 National University
Goretsky O. S. (Associate Editor)	Donetsk National University
Alemasova A. S.	Donetsk National University
Boiko M. I.	Donetsk National University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Kalinkin O. G.	Research Institute of Traumatology and Orthopedy Donetsk National Medical University
Matsyura A. V.	Altai State University (Russia)
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
Romanenko V. A.	Donetsk National University
Safonov A. I.	Donetsk National University
Trush V. V.	Donetsk National University
Shtirts A. D. (Managing editor)	Donetsk National University
Yaroshenko N. N.	Donetsk National University

Journal is included in the List of scientific specialized editions of Biological sciences: 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 National University,
Schorsa str., 46/310, Donetsk, 283050.

Tel.: (062) 302-09-95

+38(050) 240-78-02

e-mail: eco-1999@mail.ru

Web-site of journal: <http://donnu.ru/ecolog>

*Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council
proc № 8 dated 21.11.2017*

© Donetsk National University, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сафонов А. И.</i> Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн	6
ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА	
<i>Ибатулина Ю. В.</i> Некоторые итоги исследования состояния интродукционных популяций <i>Anemone sylvestris</i> L. (Ranunculaceae) в условиях экспериментальной степи	13
<i>Мирненко Н. С.</i> Тератоморфы пыльцевых зёрен <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. селитебных территорий г. Донецка	26
<i>Мирненко Э. И.</i> Эмпирическая коррекция списков экологических групп водорослей фитопланктона прудов г. Донецка	32
<i>Штириц Ю. А.</i> Симметричные и асимметричные изменения как составляющие варьирования формы листовой пластинки <i>Populus nigra</i> L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината	41
ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА	
<i>Амолин А. В.</i> К изучению стадий гнездования ос-веспин (Hymenoptera: Vespidae, Vespinae) в урболандшафтах Донецкого края (на примере г. Донецка)	56
<i>Маслодудова Е. Н., Белоножка А. А.</i> Мошки окрестностей г. Красный Луч Луганской области (видовой состав, биология развития)	64
<i>Ярошенко Н. Н.</i> Сезонно-вертикальное распределение панцирных клещей и сопутствующих почвенных обитателей «Зуй-горы» Республиканского ландшафтного парка «Зуевский»	74
ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ	
<i>Демченко С. И., Дудка И. В., Швиндина Е. С.</i> Целлюлозо- и лигнолитическая активность штаммов гриба <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. при твердофазном культивировании	93
<i>Чайка А. В., Шершень Д. В.</i> Эффективность деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании	101
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ	
<i>Корниенко В. О., Тарабарова А. Г.</i> Влияние вибрации частотой 10-50 Гц на ростовые показатели кукурузы сахарной (<i>Zea mays</i> L.)	108
Правила для авторов	116

CONTENTS

<i>Safonov A. I.</i> Functional botany in Donbass: ecological monitoring, information resource technologies, phytodesign	6
--	---

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Ibatulina Yu. V.</i> Some research results on the condition of introduced populations of <i>Anemone sylvestris</i> L. (Ranunculaceae) in experimental steppe sites	13
<i>Mirnenko N. S.</i> Teratomorphs of pollen grains <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. of residential areas of Donetsk	26
<i>Mirnenko E. I.</i> The correction empirical evidence a list of environmental group's algae phytoplankton in ponds of Donetsk	32
<i>Shtirts Yu. A.</i> Symmetrical and asymmetrical changes as components of the variation of the leaf blade shape of the <i>Populus nigra</i> L. under the conditions of the overburden rock dumps of the Dokuchaevsk flux-dolomite plant	41

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Amolin A. V.</i> Studying of nesting stations Vespinae wasps (Hymenoptera, Vespidae, Vespinae) in urbollandscape Donetsk ridge (on the example of Donetsk)	56
<i>Maslodudova E. N., Belonozhko A. A.</i> Blackfly neighborhood cities Krasnyi Luch Luhansk region (specific list, biology of development)	64
<i>Yaroshenko N. N.</i> The season-vertical distribution of oribatid mites and related inhabitants of «Zui-mountains» of Republican landscape park «Zuevsky»	74

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Demchenko S. I., Dudka I. V., Shvindina K. S.</i> The cellulase and laccase activity of fungus <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. strains in a solid phase cultivation	93
<i>Chaika A. V., Shershen D. V.</i> The methyl orange dye destruction effectiveness by xylo-trophic fungi strains during submerged cultivation	101

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

<i>Korniyenko V. O., Tarabarova A. G.</i> The effect of vibration frequency of 10-50 Hz at growth rates of <i>Zea mays</i> L.	108
Rules for authors	116

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY**

УДК 58.001 : 581.6 : 34.35.51 : 34.35.15 : 34.29.01 : 34.35.33 : 34.29.25 : 574 (477)

© **А. И. Сафонов**

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БОТАНИКА В ДОНБАССЕ:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ФИТОДИЗАЙН**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru*

Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн. – Приведено обоснование выполнения научного проекта по решению важных проблем функциональной ботаники в Донбассе. Указано на необходимость проведения актуальных исследований в регионе по экологическому мониторингу, ресурсным информационным технологиям и фитодизайну. Определены направления научно-исследовательских работ студентов в рамках комплексных научных тем кафедры ботаники и экологии ДонНУ.

Ключевые слова: функциональная ботаника, экологический мониторинг, фитоиндикация, фитодизайн, Донбасс, Донецк.

В приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники Донецкой Народной Республики определены среди прочих и фундаментальные исследования в области наук о жизни и развития биотехнологий, а также технологии мониторинга состояния окружающей среды, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, изменений климата и чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В рамках такого планирования деятельности современных научно-образовательных систем до 2020 г., функционирования Донецкого научного центра и комитетов по научному развитию в Республике, профильные лаборатории, кафедры университетов, проблемные сектора и отделы исследовательских лабораторий формируют тематические направления и организуют деятельность своих структурных подразделений и каждого в отдельности исполнителя научно-прикладной или фундаментальной задачи таким образом, чтобы обеспечить реализацию государственного заказа на развитие научных разработок.

Кафедра ботаники и экологии Донецкого национального университета, основанная как кафедра ботаники ДонГУ в 1965 г., на протяжении всего периода своей деятельности осуществляла исследования по многоцелевому изучению фитокомпонентов Донбасса как неотъемлемой части развития общества и государства в целом. Любой из вопросов по изучению растений в Донбассе всегда имел основанием решение практических и фундаментальных задач, изучение механизмов, подходов и различных способов оптимизации, индикации – критериальной структурной диагностики и квантификации биотопов разного назначения и генезиса, мониторинга природных биогеохимических циклов и балансов, находящихся под прямым или косвенным антрополическим воздействием [3-7, 12-19, 22, 26-30].

Ретроспективный анализ позволяет констатировать, что по состоянию растений, окружающих человека, масштабности и функциональности их использования можно судить также о времени и цивилизационных традициях, об уровне развития общества, специфике быта и стратегической занятости местного населения [15, 16, 19, 22, 29].

Цель работы – дать обоснование и раскрыть содержание новой научно-исследовательской работы «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн».

Согласно тематическим кодам международной классификации указанная тематика относится к 01.06.CU, 01.06.GU, 01.05.JA, 01.06.WF. Выполнение темы осуществляется в два этапа: 1) определение методологической базы функциональной ботаники в промышленном регионе; 2) проведение экологического фитомониторинга, экспертизы, внедрение ресурсных технологий и фитодизайна в Донбассе.

Научная работа выполняется в рамках тематического планирования и возникающих запросов в регионе на актуальные ботанические исследования по экологическому мониторингу и процессам, его комплексу (наблюдение, оценка, прогноз и способы коррекции как управленческая составляющая), ресурсным технологиям (получение вещественного или информационного прироста к существующим состояниям) и фитодизайну (элементам и способам оценки, создания и корректировки существующих элементов зеленой ландшафтной архитектуры в регионе). В данной публикации рассматриваем ресурсные технологии в первую очередь как информационные и аналитические программы, которые доступны для получения данных в рамках работы научных лабораторий кафедры ботаники и экологии ДонНУ. Основанием такого планового мероприятия является тот факт, что растения являются компонентом, неразрывно связанным с историей формирования человеческих общностей (помимо вещественно-энергетических и экзистенциально-эстетических потребностей), рассматриваются и используются в качестве мощного информационного ресурса, востребованного в современной цивилизации. Фитомониторинг, региональная ботаническая индикация, накопление информации о сопряженных структурах как фундаментально научное и прикладное направление развития промышленной ботаники в таких условиях может выполнять интеграционную функцию в обеспечении контролирующих органов власти, администрирования и менеджмента региона необходимой, стратегически важной востребованной информацией. Такая интеграция заключается в функциональном объединении процессов наблюдения, постановки эксперимента, диагностики, экспертизы, оценки, прогноза и контроля качества среды.

Проект предусматривает проведение экологического мониторинга природных сред по растениям-индикаторам, изучение экотопов разных уровней антропогенной нагрузки и трансформации среды; оценивание качества воздуха по концентрации пыльцы аллергенных видов растений, создание регионального фенологического календаря цветения, зонирование территории, определение факторов опасности и риска, инвентаризацию сборов пыльцевого материала; оценивание состояния водоемов по анализу водорослей, альгологические исследования, установление сапробности водных сред, изучение процессов эвтрофикации водоемов, эколого-альгологическую оценку, фитотестирование; оценивание качества почвенной среды: природных, техногенных и агропромышленных комплексов; апробацию методов фитотестирования; изучение эстетической функции рекреационных территорий Донбасса, зон повышенной антропогенной нагрузки; оптимизацию среды с помощью растений; анализ стратегий выживания видов растений в нестабильных экологических условиях Донбасса.

Все этапы выполнения предлагаемого фитомониторинга основываются на использовании индикационных функций растительных организмов: диагностических критериях, индексах, параметрах, баллах и пр. То есть, в системе мониторинговых программ базой является проведение разноплановой фитоэкспертизы [12, 15, 17, 26-30].

Основные проблемы организации экологического мониторинга (что справедливо для территории современного состояния Донбасса) связаны с решением трех главных задач: создание сети пунктов наблюдения; возможность оперативного контроля объектов; выбор контролируемых параметров и показателей состояния объектов и индивидуальных аналитических параметров, необходимых и достаточных для адекватного описания состояния экосистемы [15, 23, 30].

Атрибутами проведения мониторинговых исследований (s.l. & s.st.) являются: шкалы, балльная оценка, диапазоны варьирования, количественные коэффициенты, в том числе и отклонения, атипичности, выражения специфики корреляции, картографическая

визуализация, оценочное районирование, алгоритмизированные выражения, модели в разных формах их существования и др., причем все эти способы реализации могут быть использованы как автономно, так и в комплексе обработки и интерпретации результатов и данных [8, 9, 12, 15-19, 22, 25-30].

Особенностью разрабатываемого фитомониторинга является ориентация на структурный анализ составляющих растительного организма (структурно-функциональная организация и диагностика на уровне клеток, тканей, комбинаторика систем органов и габитуальные особенности отдельных особей, структура сообществ различных степеней сложности), а также изучение репродуктивных характеристик, формирование семенного банка в эдафосреде, стратегий выживания и реализации генетической программы видов растений-индикаторов [12, 16, 27, 28, 30].

В Донецкой Народной Республике существует потребность подготовки специалистов из числа студентов биологического и экологического направлений по прикладным аспектам фитооптимизации, индикации, экологического многоцелевого и профильного мониторингов, экспертизы, фитоэргономики и др. Оптимизационные современные модели для интерьеров и территорий открытых форм воздействия промышленных объектов на среду, для поддержания существующих искусственно созданных растительных сообществ реализуются как в направлении их санирующей и средоочищающей функций, так и повышения степени эстетизма создаваемых конструкций с помощью растительных организмов [19].

Специализация кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета осуществляется в направлении теоретической подготовки и практического обучения студентов в рамках специализированных курсов: Интродукция растений, Промышленная ботаника, Основы композиции, Цветоводство и садово-парковый ландшафт, Фитодизайн интерьера, Декоративная дендрология, а также сопутствующих им дисциплин: Фитоиндикация и экологический мониторинг, Карантин и защита растений, Растительные ресурсы, Фиторазнообразие Донбасса, Фитоэргономика, Репродуктивные стратегии растений, Экологическая сеть Европы. Большинство профильных дисциплин студенты изучают, выполняют лабораторные работы, малый и большой практикумы, производственную, учебную, преддипломную исследовательского содержания практики проходят в ГУ «Донецкий ботанический сад» МОН ДНР, сотрудники которого также являются преподавателями кафедры ботаники и экологии ДонНУ.

Все предусмотренные стандартом образовательные задачи выпускника биологического факультета отражаются в занятости профессионального блока деятельности специалистов при работе с фитобиотой. В этой связи очень важна любая составляющая для полноценного развития общества: на каком уровне будет осуществляться образовательная деятельность в школах, образовательных организациях среднего, высшего профессионального образования, при подготовке кадров высшей квалификации – в аспирантуре и докторантуре. Большое значение для повышения мотивации студентов имеют Республиканские конкурсы научных работ «Экология, рациональное природопользование и техносферная безопасность», интегрированному комплексному научному направлению «Науки о жизни».

За последние годы в г. Донецке не только созданы, переориентированы, расширены, но и успешно поддерживаются территории рекреационного назначения: парки культуры и отдыха «Ленинского комсомола» с широким спектром функционального зонирования, «Славянской культуры и письменности», «Городок», «Кованых фигур», «Марабушта», «Победы», бульвар Пушкина, Центральный парк культуры и отдыха им. А. С. Щербакова, многочисленные скверы и проспекты. Проектирование и эксплуатация указанных объектов осуществляются при непосредственном участии выпускников кафедры ботаники и экологии ДонНУ. Анализируя полученные данные, а также признаки основных ботанико-архитектурных стилей рекреационных территорий г. Донецка, установлено, что в ЦПКиО им. А.С. Щербакова представлены следующие стили: регулярный, пейзажный, мавританский, постмодернизм, натургарден; искусственные растительные сообщества бульвара Пушкина содержат композиции в регулярном, пейзажном, кантри, модерн, хай-тек,

минимализм и натургарден стилях. Такое разнообразие подчеркивает успехи современных зеленых архитекторов города и создает повышенный декоративный эффект изученных рекреационных насаждений.

Доказательством широкого спектра тематических направлений научной деятельности выпускников биологического факультета является успешная защита дипломных и магистерских работ обозначенной тематики: «Перспективные кустарниковые виды рода *Spiraea* L. для ландшафтного фитодизайна в степной зоне», «Биологические особенности некоторых адвентивных древесных растений в рекреационных зонах г. Донецка», «Фитосанирующие свойства древесных растений в условиях современного города», «Изменчивость сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don.) в насаждении г. Торез», «Эколого-биологические аспекты жизнедеятельности видов рода *Populus* L. в условиях урболандшафта г. Донецка», «Оценка биологических свойств декоративных кустарников в рекреационном насаждении г. Донецка», «Биологические особенности суккулентных растений, используемых для создания миниатюрных композиций», «Ботанико-архитектурная стилизация рекреационных территорий г. Донецка, создание экскурсионной тропы для школьников», «Интродукционное исследование хозяйственно-полезных тропических и субтропических растений в коллекции ГУ «Донецкий ботанический сад», «Репродуктивная способность однолетних декоративных злаков в техногенных условиях Донбасса», «Пылефильтрующая эффективность дендропарковых насаждений г. Енакиево», «Индикационная эколого-ботаническая экспертиза на объектах промышленной собственности».

Планируется выполнить и защитить такие научно-исследовательские работы студентов: «Экологические особенности Cyanoprocarota (Cyanophyta) в прудах г. Донецка», «Аутэкологическая фитоиндикация в Донбассе (на примере *Cichorium intybus* L.)», «Оценка влияния гуминового комплекса на рост и развитие *Acer negundo* L., методика проведения исследовательской работы в школе», «Биологические особенности ядовитых растений природной флоры северо-восточного Причерноморья», «Морфометрические особенности лекарственных растений северо-восточного Причерноморья, применяемых в ангиологии», «Оценка успешности интродукции представителей семейства Rutaceae в оранжерейном комплексе ГУ «Донецкий ботанический сад», «Интродукционная устойчивость декоративных видов семейства Rosaceae Barnh. в условиях г. Донецка», «Постпроектная ботаническая экспертиза малых ландшафтных объектов в г. Донецке», «Суккулентные растения миниатюрных композиций, их биологические особенности и использование в учебном процессе», «Индикационная значимость карпологических структур рудералов в условиях городской среды», «Особенности строения и расположения механических тканей в стебле некоторых видов рода *Salvia* L.», «Мониторинговый скрининг в г. Донецке по критериям дендроиндикационной экспертизы», «Особенности развития фитопланктона в условиях «цветения» водоемов», «Охраняемые первоцветы Кировского района г. Донецка как объект для формирования воспитательно-нравственных ценностей школьников», «Экранирующая эффективность пылеосаждения рекреационных территорий г. Енакиево», «Ботанико-экологический мониторинг на предприятиях-загрязнителях; методика обучения технологии», «Эколого-эстетическая оценка рокариев и альпинариев г. Донецка; материалы для зеленого туризма», «Дендроиндикация рекреационных территорий г. Енакиево, экологические экскурсии в городе». «Адаптивная анатомо-морфологическая изменчивость шпината *Spinacia oleracea* L. в зависимости от условий освещения», «Бриоиндикация экотопов Донецко-Макеевской агломерации, образовательный региональный атлас мохообразных», «Биологические особенности тропических и субтропических лиановидных растений в коллекции ГУ «Донецкий ботанический сад», «Популяционный анализ некоторых лекарственных растений флоры северо-восточного Причерноморья, применяемых в гинекологии», «Экологическое шкалообразование в аутфитоиндикационном мониторинге Донбасса», «Гидробиологическая оценка состояния прудов г. Донецка, методика обучения альгоиндикации».

Таким образом, спектр направлений и охват научно-прикладных вопросов достаточно разнообразны, что позволяет выполнять тему сотрудниками кафедры, ГУ «Донецкий ботанический сад», а также студентами на специализации при подготовке своих квалификационных работ – дипломных и магистерских диссертаций.

Важно, что все направления кафедры ботаники и экологии реализуются в рамках комплексных научных тем с высоким процентом внедрения результатов научно-исследовательских работ студентов.

Комплексная тема № 1 «Флористические и популяционные исследования естественных и искусственных сообществ» (научный консультант – проф. В. М. Остапко), проблема – изучение и сохранение биоразнообразия. Комплексная тема № 2 «Эстетическая роль растений урбанизированных территорий» (научный консультант – проф. А. З. Глухов), проблема – фитооптимизация техногенного региона. Комплексная тема № 3 «Растения в техногенных условиях Донбасса» (научные консультанты – проф. А. З. Глухов, проф. В. М. Остапко), проблема – изучение устойчивости и адаптивных механизмов у растений в условиях промышленного региона.

При переходе на новые образовательные стандарты в соответствии с требованиями к сопряженности качества знаний в системе высшего профессионального образования с потребностями в обществе, современными научными тенденциями и запросами работодателей возникла насущная необходимость принципиальной переориентации теоретической дидактики и реорганизации информационного поля студентов. Подготовка новых учебных пособий [1, 2, 8-11, 20-25], которые в том числе посвящены 80-летию Донецкого национального университета, была сосредоточена на современных образовательных технологиях, внедренных на кафедре ботаники и экологии ДонНУ [14].

В процессе выполнения НИР планируется:

- детализировать принципы, концептуальные основы экологического мониторинга региона по фитосоставляющей части для экотопов разных уровней антропогенной нагрузки и трансформации среды, подходы фитодизайнерских разработок; знания о стратегиях выживания видов растений в нестабильных экологических условиях Донбасса;

- обосновать выбор методов и адекватных способов оценки среды (воздушной, водной, почвенных субстратов, техногенных территорий, трансформированных ландшафтов), территории для оптимизации среды по фитодизайнерской составляющей;

- разработаны и усовершенствовать критерии фитодиагностики качества природных сред по структурно-функциональным составляющим адаптации растений в нестабильных экологических условиях, критерии эстетической оценки территории;

- разработаны методологические приемы оценки, диагностики и экспертизы качества природных сред с использованием растений-индикаторов, оценочные шкалы дизайнерских комбинаций растительных структур.

Таким образом, можно констатировать, что на сегодня сохранены традиции Донбасса в организации не только экономико-промышленного успеха государства, но и поддержания уникальных конструкций зеленой архитектуры. Сохранение и развитие возможностей, традиционно сложившихся и новых образовательных технологий с использованием ресурсов Донецкого ботанического сада, является условием успешной подготовки специалистов с необходимым уровнем профессиональных компетенций. Регион обеспечивается квалифицированными кадрами, выполняя программы устойчивого сбалансированного развития территорий повышенного экологического риска.

Благодарности

Научные руководители и консультанты названных тем ВКР студентов: А. З. Глухов, В. М. Остапко, С. А. Приходько, А. И. Сафонов, О. А. Гридько, Т. В. Демьяненко, А. В. Николаева, Э. И. Мирненко, И. И. Стрельников, Н. С. Мирненко.

Список литературы

1. Биogeография : учебник / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 446 с.
2. Геоэкология : учебник (для бакалавров направления подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование) / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 463 с.
3. Захаренкова Н. С. Биоиндикационные особенности водорослей литорали Азовского моря / Н. С. Захаренкова. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2015. – 127 с.
4. Золотой А. Л. Фитоиндикация промышленных экотопов на примере *Reseda lutea* L. / А. Л. Золотой, А. И. Сазонов. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2016. – 83 с.
5. Левченкова А. В. Биоиндикационные особенности прудов Кировского района города Донецка. Использование результатов исследований в учебном процессе / А. В. Левченкова, Э. И. Мирненко, Н. С. Захаренкова. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2016. – 68 с.
6. Мирненко Э. И. Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке / Э. И. Мирненко. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2015. – 120 с.
7. Наумчук А. Э. Роль прудов-отстойников в формировании альгофлоры г. Грузская (альгофлора и экологическое состояние) / А. Э. Наумчук, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2017. – 138 с.
8. Практика : ботаническая и ландшафтно-экологическая : уч. пособие для бакалавров направлений подготовки 06.03.01 – Биология, 05.03.06 – Экология и природопользование / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 450 с.
9. Промышленная ботаника : науч.-метод. пособие по курсу (для студентов специальностей «Ботаника», «Биология», специализации «Фитодизайн и ландшафтная архитектура») / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2012. – 194 с.
10. Растениеводство : лабораторный практикум / Сост. А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 95 с.
11. Растениеводство : учебник / Сост. А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 403 с.
12. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе : проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. – С. 288-294.
13. Сафонов А. И. Фитоиндикационные эффекты повышенных концентраций углекислого газа / А. И. Сафонов. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2015. – 68 с.
14. Сафонов А. И. Роль российских научных школ в формировании образовательного информационного поля студентов биологического факультета ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : матер. Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 14-16.
15. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе / А. И. Сафонов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XI Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2017. – С. 4-7.
16. Сафонов А. И. Скрининг элементов диссеминации фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Матер. Междунар. конф., посвященной 90-летию со дня основания заповедника «Хомутовская степь». – Донецк : Изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2016. – С. 55-57.
17. Сафонов А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 18-24.

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

19. Сафонов А. И. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов, А. З. Глухов, С. А. Приходько, О. А. Гридько // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры : матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 73-76.

20. Сафонов А. И. Единая система практик путем сквозного программирования и своевременного информационно-инструкционного обеспечения студентов / А. И. Сафонов // Организация и проведение практики в соответствии с государственными образовательными стандартами : сб. докл. науч.-метод. сем. – Донецк : ГОУ ВПО ДонНТУ, 2017. – С. 20-23.

21. Современная экология и глобальные экологические проблемы / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 444 с.

22. Специализация на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2016. – 38 с.

23. Технологии фитоиндикации : метод. указания к практикуму / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 52 с.

24. Учебно-методическое пособие для подготовки к Республиканской олимпиаде по дисциплине «Экология» / А. И. Сафонов, И. И. Стрельников. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 220 с.

25. Экологический мониторинг : учебник (для бакалавров направления подготовки 05.03.06) / А. И. Сафонов. – Донецк : ДонНУ, 2017. – 469 с.

26. Safonov A. I. New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2008. – Vol. 8. – P. 91-96.

27. Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2013. – N 1 (13). – P. 52-59.

28. Safonov A. I. Initial screening of seed bank of phytoindicators of technogenic pressure on edaphotopes in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2010. – N 1 (10). – P. 92-96.

29. Safonov A. I. Approbation of ecosystem standardization criteria according to phytoindication component / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2012. – N 1 (12). – P. 108-114.

30. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // A science. Thought : Scientific journal. – 2016. – N 4. – P. 58-70.

Safonov A. I. Functional botany in Donbass: ecological monitoring, information resource technologies, phytodesign. – Implementation of the scientific project on the solution of important problems of functional botany in the Donbass has been grounded. It has been pointed out that it is necessary to conduct actual botanical studies in the region on environmental monitoring, resource information technologies and phytodesign. Directions of research work of students within the framework of complex scientific themes of the Department of Botany and Ecology of Donetsk National University have been determined.

Key words: functional botany, environmental monitoring, phytoindication, phytodesign, Donbass, Donetsk.

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

УДК 581.55 : 502.7(477.62)

© Ю.В. Ибатулина

**НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ИНТРОДУКЦИОННЫХ
ПОПУЛЯЦИЙ *ANEMONE SYLVESTRIS* L. (RANUNCULACEAE) В УСЛОВИЯХ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СТЕПИ**

ГУ «Донецкий ботанический сад»; 283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110

e-mail: j.ibatulina@yandex.ru

*Ибатулина Ю. В. Некоторые итоги исследования состояния интродукционных популяций *Anemone sylvestris* L. (Ranunculaceae) в условиях экспериментальной степи.* – Исследованы плотность, возрастной и виталитетный составы, пространственное размещение особей интродукционных популяций *Anemone sylvestris* L. в искусственных фитоценозах экспериментальной степи в условиях Донбасса. Наиболее благоприятные условия произрастания *A. sylvestris* сложились в злаково-разнотравном сообществе, которое на данном этапе развития можно отнести к лугово-степным. Анализ состояния популяций раритетного вида в целом указывает на то, что условия произрастания обеспечат длительное его сохранение в составе искусственных фитоценозов. *A. sylvestris* устойчив в культуре и перспективен для культивирования.

Ключевые слова: искусственный фитоценоз, степь, интродукционная популяция, плотность, возрастной состав, виталитетный состав, пространственное размещение.

Введение

Наличие во флористическом составе природных фитоценозов раритетных видов растений является показателем их слабой нарушенности. Сохранение генофонда редких и исчезающих видов, многие из которых часто первыми исчезают под воздействием антропогенных факторов, – одна из основных задач, стоящих перед ботаническими садами. В ее решении немаловажное значение принадлежит интродукции. Культивирование редких растений тесно связано с созданием специализированных коллекций и экспозиций, натуральных моделей растительных сообществ [18, 19]. Моделирование искусственных фитоценозов обеспечивает не только сохранение всего биоразнообразия фрагментов природной растительности, но и воспроизводство популяций раритетных видов растений в экологически адаптированной среде, приближенной к естественной [5, 9]. О состоянии фитоценозов говорят многолетние сведения о динамике плотности и базовых эколого-демографических показателей популяций (возрастной, виталитетный составы, пространственное размещение особей и др.) не только эдификаторов и доминантов, но и некоторых видов-спутников, в том числе редких. Популяционно-онтогенетические исследования позволяют оценить степень соответствия постоянно меняющихся эколого-фитоценологических условий произрастания требованиям видов раритетной фракции флоры и прогнозировать направление развития их популяций [11, 13, 22, 24].

Материал и методы исследования

Цель работы – определить состояние интродукционных популяций представителя местной флоры *Anemone sylvestris* L. в условиях экспериментальной степи, испытывающей влияние различных антропогенных факторов.

Объект исследования – интродукционные популяции *Anemone sylvestris* в искусственных фитоценозах в условиях Донбасса.

A. sylvestris произрастает по лесным опушкам, на каменистых степных склонах, в луговых степях, разреженных сосновых и дубовых лесах. Охранный статус – редкий. Популяции вида немногочисленные, сокращающиеся. Причины раритетности – вырубка лесов, рекреация, сбор населением в букеты. Охраняется на территории природного заповедника «Меловая флора», Национального природного парка «Святые Горы»,

заказника общегосударственного значения «Великоанадольський»; Республиканского ландшафтного парка «Зуевский», заказников местного значения «Пристенское», «Леонтьево-Байрацкое», памятников природы местного значения «Сухая балка», «Марына гора». Выращивают в ГУ «Донецкий ботанический сад» с 1978 г. [33].

Согласно классификации С. Н. Зиман относится к форме «ветреница лесная», секция «короткокорневищные», группа «кистекокорневые», подкласс «полурозеточные», класс «поликарпики», тип «травянистые растения» [14]. Корнеотпрысковый травянистый многолетник 15-50 см выс. Корневище короткое, корневая система мочковатая. Стебель прямостоячий, покрытый мягкими белыми волосками. Прикорневых листьев 2-6 шт., черешки длинные, листовые пластинки пальчато-рассеченные, густоопушенные. Стеблевых листа три, в мутовке, пластинка пальчато-рассеченная, кончики заострены. Цветки одиночные, 3,5-7,0 см в диаметре. Околоцветник простой, листочки в количестве 5 (6) шт., эллиптические или обратнойцеподобные, белые (или извне слегка фиолетовые). Плоды – многочисленные, густо беловойлочноопушенные орешки до 3 мм дл. Цв.: IV – V; может быть повторное цветение в VII – VIII. Пл.: VI [26, 30-33].

В большом жизненном цикле *A. sylvestris* отчетливо выделяются три онтогенетических периода – латентный, виргинильный и генеративный. Сенильный период у этого вида в целом не выражен, что является следствием постоянного обновления подземных органов и значительного вегетативного потенциала растений [3, 17, 23, 25]. Согласно данным, полученным С. Н. Зиман, у ювенильных особей корневище восходящее, короткое и тонкое (дл. 3-5 мм, диаметр 2-3 мм). Есть пучок извитых, густо обветвленных боковыми корешками придаточных корней (диаметр около 1 мм). Побег одиночный розеточный, его центр находится на глубине около 2 см. С возрастом корневище несколько утолщается и удлиняется (у взрослых особей его диаметр составляет 3-4 мм, дл. 15-20 мм), а базальная часть приобретает почти горизонтальное положение. Но одревеснения корневища не происходит, не прослеживается ветвление, придаточные корни остаются извитыми и тонкими. Новый надземный побег развивается на смену старому, в основном, после его плодоношения, а вегетативное размножение корневыми отпрысками на тонких приповерхностных недолговечных корнях бывает интенсивно только у молодых растений. В условиях Донбасса вегетация длительная, цветение во второй половине мая на протяжении двух недель. Листья осенней генерации появляются в середине сентября, отмирают в конце октября, и зимняя пауза в вегетации длится до середины апреля. Высота почек возобновления в октябре 5-7 мм, в марте – 18-20 мм. В степных фитоценозах Донбасса *A. sylvestris* рассеянно встречается на некоторых участках как ассектатор 2-3-го рангов [14, 33]. Изучение экологии видов из рода *Anemone* L. показало, что ведущим экологическим фактором, ограничивающим их развитие и распространение, является водный режим почвы [2, 3, 10, 25].

Изучение возрастной структуры осуществляли по общепринятым методикам [12, 28, 29]. Виталитетную структуру изучали по методике Ю. А. Злобина. По качеству популяции подразделяли на три основных типа: процветающие – $Q = \frac{(a + b)}{2} > c$, равновесные – $Q = \frac{(a + b)}{2} = c$, депрессивные – $Q = \frac{(a + b)}{2} < c$, где Q – индекс качества популяции; «a», «b», «c», – соответствующие частоты особей высшего, среднего и низшего классов. Все оценки качества особей были сопряжены с конкретным возрастным состоянием. Для выявления ключевого признака применён факторный анализ [15]. Виталитетное состояние определяли по высоте особей, как одному из информативных признаков, измерение которого не приводит к уничтожению или повреждению растений. Для установления типа пространственного размещения особей в пространстве использовали отношение дисперсии к среднему: $\frac{\sigma^2}{\bar{m}}$, где σ^2 – дисперсия, \bar{m} – средняя. Если показатель около единицы, то исследуемое распределение – случайное, если больше – контагиозное,

меньше – регулярное [8]. Среднюю плотность определяли как число особей или счетных единиц на 1 м². В качестве счётной единицы использовали как особь, образовавшуюся при семенном размножении, так и парциальный куст (парцелла) [12].

Исследования интродукционных популяций *A. sylvestris* проводили в 2006-2016 гг. в условиях экспериментальной степи, которая максимально приближена к природным степным фитоценозам [5, 19, 24] на базе ГУ «Донецкий ботанический сад», который расположен в границах степной зоны центральной части Донецкой возвышенности, в условиях умеренно континентального климата с осенними ранними заморозками, бесснежными или малоснежными зимами с оттепелями, с засушливо-суховейными явлениями. Почвы – обыкновенный мощный средневещелоченный чернозем на лессовидном суглинке. Экспериментальные степные участки – результат создания натуральных моделей, представляющих растительный покров региона. Для их создания привлечены аборигенные виды, имеющие различные генезис в составе флоры, экологическую природу, жизненные формы, фитосозологические категории. Аборигенная флора степей Донбасса (в границах Донецкой и Луганской областей) представлена более чем 350 видами сосудистых растений. Первый экспериментальный участок (0,04 га) заложен пересадкой 360 дернин размером 30х30 см в 1968 г. Растительные сообщества второго участка (0,07 га) создавались с 1972 г. на базе питомника размножения степного разнотравья (посев 1968 г.) и видов рода *Stipa* L. (посев 1971 г.) комбинированным способом: высадка дернин, отдельных особей, подсев семян. Основой для третьего участка послужил питомник размножения степных видов растений (0,5 га), с 2002 г. оставлен для самозарастания – на данном этапе развития формируется разнотравно-злаковый фитоценоз луговой степи.

При сохранении флористического и фитоценотического разнообразия степи режим абсолютной заповедности малоперспективен, что подтверждается рядом исследований [4, 21, 27]. Одним из условий стабильного существования интродукционных популяций видов, особенно раритетных, в составе искусственных сообществ является максимальное следование условиям бессрочного функционирования экосистем, включая отчуждение надземной фитомассы, накопление которой чревато преобразованием исходной модели степного ценоза в другие типы растительности [5].

Результаты и обсуждение

При формировании существующих искусственных растительных сообществ в некоторой степени были воспроизведены антропогенные факторы, которые участвуют в развитии естественной степной растительности в настоящем: определенное влияние оказывали периодическое скашивание и уборка пожнивных остатков, в том числе и весной, стихийные пожары. Но, скашивание не является особенно эффективной мерой, к тому же оно чуждо степным экосистемам в отличие от выпаса и палов. Отрицательным результатом при укосе без учета периодов массового цветения является обеднение видового состава ценозов за счет выпадения видов, размножающихся только семенным путем. Также при сенокосении почва обедняется и питательными веществами, подобный эффект вызывает и неконтролируемый чрезмерный выпас. Степень этих изменений зависит от видовой принадлежности, степени отчуждения надземной массы и длительности действия повреждающего фактора [16]. Как показали наши исследования, ежегодное скашивание только замедляет скорость трансформации фитоценозов в сообщества другого типа [24]. Поэтому проблема поиска эффективных методов регулирования развития степных фитоценозов остаётся открытой.

Воздействие огня на растительность степей оценивается по литературным данным неоднозначно. Положительное влияние связано с уничтожением сухих остатков растений, увеличением в почве зольных элементов; отрицательное – в повреждении или уничтожении семян и растений огнем, в изменении условий их существования, связанном с изреживанием травостоя и оголением почвы, смещении прохождения растениями фенофаз, снижении биоразнообразия, внедрении в растительное сообщество сорных видов растений [1, 17]. В

ходе исследований влияния различных факторов на растительный покров экспериментальной степи нами не было выявлено отрицательных последствий, которые перечислены выше. Такое расхождение в оценке состояния степей после пожаров преимущественно связано с тем, что оно определяется их периодичностью, сезоном и длительностью пожара. Последнее во многом зависит от количества мортмассы, которая накапливается в сообществе. Чем толще слой подстилки, тем сильнее может повреждаться растение, вплоть до выгорания подземных органов и результат воздействия на фитоценоз может быть катастрофическим [4, 6, 7, 20]. После воздействия пирогенного фактора на фитоценозы экспериментальной степи наблюдали скорее отрастание надземной части растений, чем восстановление растительных сообществ (постпирогенная сукцессия), которая связана с перестройкой их организации. Результат выжигания определен и тем, что палы в условиях Донбасса проводятся в конце марта или начале апреля в зависимости от того когда сойдет снежный покров и сухая растительная масса просохнет в достаточной степени. В этот период почва содержит все еще большие количества влаги, а также часты атмосферные осадки, что способствует быстрому отрастанию растений. Положительное влияние пирогенного фактора на развитие популяций эдификаторов и многих видов-спутников в искусственных фитоценозах позволяет его рекомендовать для дальнейших исследований при разработке комплекса мероприятий регулирования развития степных экосистем.

Режим природопользования на первом экспериментальном степном участке – ежегодный укос с дополнительной уборкой растительных остатков в ранневесенний период, на втором – ежегодный укос с ранневесенним выжиганием (1 раз в 2 года), на третьем – режим содержания трех видов (начиная с 2003 г.): ежегодный укос с дополнительной уборкой растительных остатков весной; ежегодный ранневесенний пал (конец марта или начало апреля); режим, подобный абсолютному заповеданию (режим невмешательства).

Онтогенетические спектры исследованных фрагментов (одна популяция подвержена воздействию 3-х видов режимов природопользования) интродукционной популяции вида на третьем участке с 2006 г. остаются неполночленными, правосторонними с пиком на молодых или зрелых генеративных особях (рис. 1). Ядро популяции составляют особи прегенеративных, молодого и зрелого генеративного состояний. На субдоминирующие позиции выходят растения старой генеративной фракции. Генеративность (процент генеративных особей) популяционных фрагментов *A. sylvestris* в разнотравно-злаковом сообществе составляет 60,39-76,22%. Высокий процент генеративных особей, свидетельствует о том, что популяция занимает прочное положение в развивающемся фитоценозе, поскольку основная роль отведена растениям, которые в основном ответственны за функцию семенного возобновления. Это связано с тем, что с одной стороны, растения этого вида не задерживаются на ранних стадиях онтогенетического развития и с тем, что генеративный период развития является продолжительным. Тем не менее отмечена и достаточно заметная доля особей прегенеративного периода, что является следствием способности растений к активному вегетативному размножению, в результате которого популяция пополняется омоложенным потомством, а не только растениями того же возрастного состояния, что и материнское. Неполночленность выражается в отсутствии особей постгенеративных групп, которое определяется завершением растениями жизненного цикла в более ранних возрастных состояниях. Во фрагменте популяции на ежегодно выжигаемой полосе отмечена самая низкая плотность особей *A. sylvestris* – $7,15 \pm 2,5$ особей/м², что обусловлено влиянием пирогенного фактора (в большей степени играет роль снижение увлажненности местообитания – сдерживается интенсивность размножения и расселения растений, чем их гибель: отмечено уничтожение только малой части молодых особей и небольшое повреждение более взрослых в результате того, что выжигание проводится раньше начала активного отрастания надземной части весной). Самая высокая плотность зафиксирована на полосах с режимом невмешательства и ежегодным сенокосением – $11,95 \pm 2,7$ и $12,75 \pm 3,6$ особей/м², что, вероятно, обусловлено лучшими условиями увлажнения и меньшим обилием длиннокорневищных лугово-степных

злаков. Последнее способствует снижению конкурентного воздействия на *A. sylvestris* и позволяет особям расселяться по участку. В этих же популяционных фрагментах в онтогенетическом составе отмечено наибольшее преобладание молодых вегетативных и молодых генеративных особей. Ежегодное фиксирование подроста свидетельствует о том, что процессы самоподдержания интродукционной популяции в разнотравно-злаковом сообществе на третьем участке осуществляются регулярно без нарушения цикличности, что говорит о ее устойчивом положении, большем соответствии условий произрастания требованиям *A. sylvestris*.

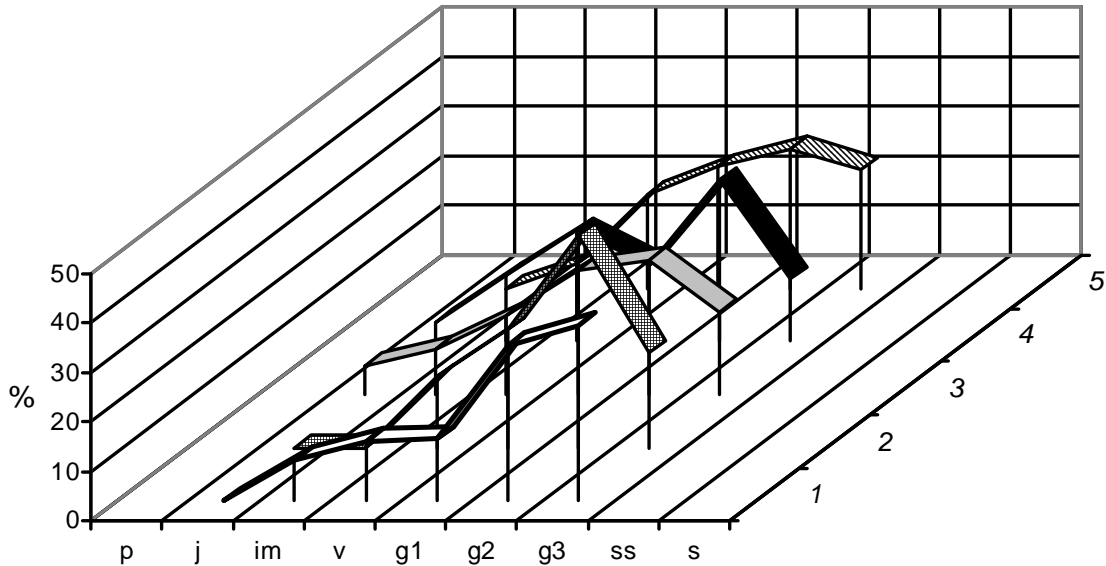


Рис. 1. Возрастной состав интродукционных популяций *A. sylvestris* в искусственных степных фитоценозах:

- 1 – Festucetum (valesiacaе) stiposum (lessingianaе) (первый экспериментальный участок, ежегодный укос, уборка пожнивных остатков), 2 – Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе) (второй экспериментальный участок, ежегодный укос, ранневесенние палы 1 раз в 2 года), 3 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с абсолютно заповедным режимом), 4 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодным сенокошением, уборкой пожнивных участков), 5 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодными ранневесенними палами)

В интродукционных популяциях в ассоциациях первого (Festucetum (valesiacaе) stiposum (lessingianaе), Festucetum (valesiacaе) bromopsiosum (ripariaе)) и второго (Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе)) экспериментальных участков отмеченная наименьшая плотность $4,5 \pm 1,3$, $3,8 \pm 1,1$ и $2,9 \pm 0,9$ особей/м². Онтогенетические спектры неполночленных нормальных зрелых или стареющих популяций – одновершинные правосторонние (см. рис. 1). Слабая представленность вида в ассоциациях на первом участке связана с большей ксерофитностью условий, а ведущим экологическим фактором, ограничивающим развитие и распространение особей, является именно водный режим почвы. Низкая плотность, существенная неполночленность возрастного состава популяций вида отмечены в фитоценозе второго участка (Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе)), которое, как и разнотравно-злаковое сообщество характеризуются существенной степенью мезофитизации растительного покрова. Это свидетельствует об изменении гидрологического режима (повышение увлажненности), что должно было бы обеспечить возможность для активизации размножения особей *A. sylvestris*. В этом случае ограничение расселения особей по территории, возможно, в большей степени связано с тем, что доминирование принадлежит длиннокорневищным злакам, с которыми *A. sylvestris* не выдерживает конкуренции. В фитоценозе, относящемуся к ассоциации Festucetum (valesiacaе) elytrigosum (repentis), сложились эколого-фитоценотические условия произрастания, приближенные к условиям третьего участка: на полосах с режимами

ежегодного сенокосения и невмешательства. Это обусловлено тем, что, не смотря на то, что и в этом фитоценозе также осуществляются процессы мезофитизации растительного покрова, вегетативно подвижные длиннокорневищные лугово-степные и луговые виды растений (преимущественно злаков) еще не достигли своего обилия, при котором бы оказывали сильное угнетающее воздействие на популяцию *A. sylvestris*. Их влияние сказалось на величине плотности особей, которая составляет $7,8 \pm 2,3$ особей/м². Огонь в данном случае в меньшей степени влияет на развитие популяции, поскольку особи мало повреждаются, так как начинают вегетировать позже проведения пала и находятся под защитой дерновин степных злаков, которые здесь представлены в большем обилии, чем в *Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliae)*. Эколого-демографическая структура популяции здесь подобна структуре фрагментов интродукционной популяции *A. sylvestris* в разнотравно-злаковом сообществе на третьем участке (режимы ежегодного сенокосения и невмешательства).

Степень воздействия на среду того или иного вида можно отразить с помощью возрастности популяций, которые могут быть расположены в ряд по возрастному уровню. Характер изменения индекса возрастности (Δ) (табл. 1) можно использовать при оценке степени влияния популяций на среду.

Таблица 1

Популяционные характеристики интродукционных популяций *A. sylvestris* в искусственных степных фитоценозах

Ассоциация	Δ	ω	I _{генер}	I _{возобнов}	I _{стар}	I _{замещ}
<i>Festucetum (valesiacaе) stuposum (lessingianaе)</i> (первый экспериментальный участок, ежегодный укос, уборка пожнивных остатков)	0,47	0,76	79,17	20,83	35,42	26,32
<i>Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliae)</i> (второй экспериментальный участок, ежегодный укос, ранневесенние палы 1 раз в 2 года)	0,43	0,83	85,71	14,29	19,05	16,67
Разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с абсолютно заповедным режимом)	0,35	0,69	69,04	30,96	16,74	44,85
Разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодным сенокосением, уборкой пожнивных участков)	0,33	0,67	60,39	39,61	12,55	65,58
Разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодными ранневесенними палами)	0,40	0,75	76,22	23,78	23,78	31,19

Легко видеть, что если значения индекса низкие, то популяции представлены преимущественно молодыми особями и, следовательно, их воздействие на среду будет невелико. Влияние популяций будет также низким, если их возрастность будет велика, так как они представлены в основном стареющими, ослабленными особями. Оптимальным является вариант, если значение индекса возрастности приближается к 0,5: преобладают наиболее жизнедеятельные особи генеративного молодого и средневозрастного возрастных состояний – воздействие вида будет наибольшим. Степень воздействия популяций снижается в большей степени в результате влияния эколого-фитоценологических условий, отклоняющихся от требований вида, чем антропогенных (ассоциации на первом и втором

экспериментальных участках). Осуществляется снижение плотности особей, уменьшение их размеров, связанное с переходом на более низкие уровни жизненности, – трудно предполагать, что растения, находящиеся в данных фитоценозах в явно подавленном состоянии, могут играть существенную роль в растительных сообществах. С помощью индекса возрастности популяций можно отразить и скорость развития. Незначительные изменения индекса возрастности в течение периода наблюдений (с 2009 г.) является свидетельством того, что развитие осуществляется довольно медленными темпами и процессы старения популяций чередуются с процессами омоложения, которые сопровождаются поступлением в состав популяций омоложенного потомства. Это является свидетельством того, что эколого-демографическая структура популяций испытывает преимущественно небольшие флуктуации: популяции являются дефинитивными, саморегулирующимися системами.

Приведена оценка состояния исследованных популяций *A. sylvestris* согласно классификации «дельта – омега». Оценка возрастности (Δ) и эффективности (ω) показала, что популяции *A. sylvestris* являются зреющими и зрелыми (рис. 2). Для популяции, произрастающей в разнотравно-злаковом сообществе (третий участок) – это является показателем ее устойчивости, преобладания генеративных особей, в частности молодых и средневозрастных. Что касается популяций на первом и втором участках, то, несмотря на подобные значения этого показателя, следует говорить об относительной устойчивости. В результате меньшего разнообразия возрастного состава, они занимают менее прочное положение в фитоценозах. Отсутствие более молодой части возрастного спектра популяций и невысокая численность снижает эффективность использования видом жизненного пространства и степень воздействия на него. Несмотря на то, что индекс эффективности демонстрирует высокий уровень нагрузки особей в изучаемых популяциях на энергетические ресурсы среды, популяции в основном составляют малочисленные угнетенные (низкий жизненный уровень) зрелые или стареющие генеративные растения. Здесь наличие максимума на особях генеративного периода обусловлено, с одной стороны, наибольшей продолжительностью этого периода онтогенеза, с другой – его замедлением при ухудшении условий существования. Отсутствие особей прегенеративного периода и одновременно максимум в онтогенетическом спектре на особях генеративного периода свидетельствует о неблагоприятной фитоценотической обстановке для этого вида, которая препятствуют семенному и вегетативному размножению. Отсутствие особей постгенеративного периода свидетельствует о значительном преобладании процессов отмирания над процессами новообразования.

Динамику развития исследованных интродукционных популяций *A. sylvestris* отражает и количественная оценка возобновляемости, старения, генеративности, возрастности. В случае с популяционными фрагментами в разнотравно-злаковом сообществе невысокие показатели индекса восстановления (меньше 40%) свидетельствуют не о том, что популяция не способна к самоподдержанию. Это скорее говорит о том, что в ней поддерживается динамическое равновесие: молодые растения быстро проходят начальные состояния онтогенеза и пополняют группы генеративных растений. Отмирающие особи быстро замещаются молодыми, особенно возникшими в результате вегетативного размножения. В составе этих популяционных фрагментов ежегодно отмечается подрост, плотность поддерживается на постоянном достаточно высоком уровне. Индекс генеративности существенен, что говорит о преобладании в возрастном составе генеративной фракции, активно осуществляющей процессы размножения. Поддержание генеративности на достаточно высоком уровне, при наличии у вида способности к активному вегетативному размножению, связано и со значительной элиминацией проростков в связи с колебаниями экологических условий произрастания и плотным задернением участков. Преобладание процессов возобновления получило отражения в показателях соответствующих индексов: индекс восстановления преобладает над значениями индекса старения. На первом и втором участках индекс генеративности для популяций очень высок, что обусловлено абсолютным

доминированием генеративных растений. Но, в период исследования, это не способствовало упрочнению положения вида в данных сообществах, поскольку выполнение функции возобновления как семенным, так и вегетативным путем, здесь сильно заторможена (малая численность популяций в целом, так и особей ранних онтогенетических состояний, неполночленность левосторонней части возрастного спектра). Показатели индекса восстановления невысоки или практически равны значениям индекса замещения. Это свидетельствует о том, что интенсивность пополнения молодыми особями низкая и подрост может заместить и восстановить незначительную часть генеративной фракции популяции. Преобладание процессов старения над процессами омоложения, накопление зрелых или стареющих генеративных особей отражает индекс старения, значения которого превышают индекс возобновления. Полночленность или неполночленность возрастного состава также отражается на интегральных показателях. Так, например, выпадение прегенеративной фракции в популяции (от p до im) вызвало существенное снижение показателя индекса восстановления (второй участок).

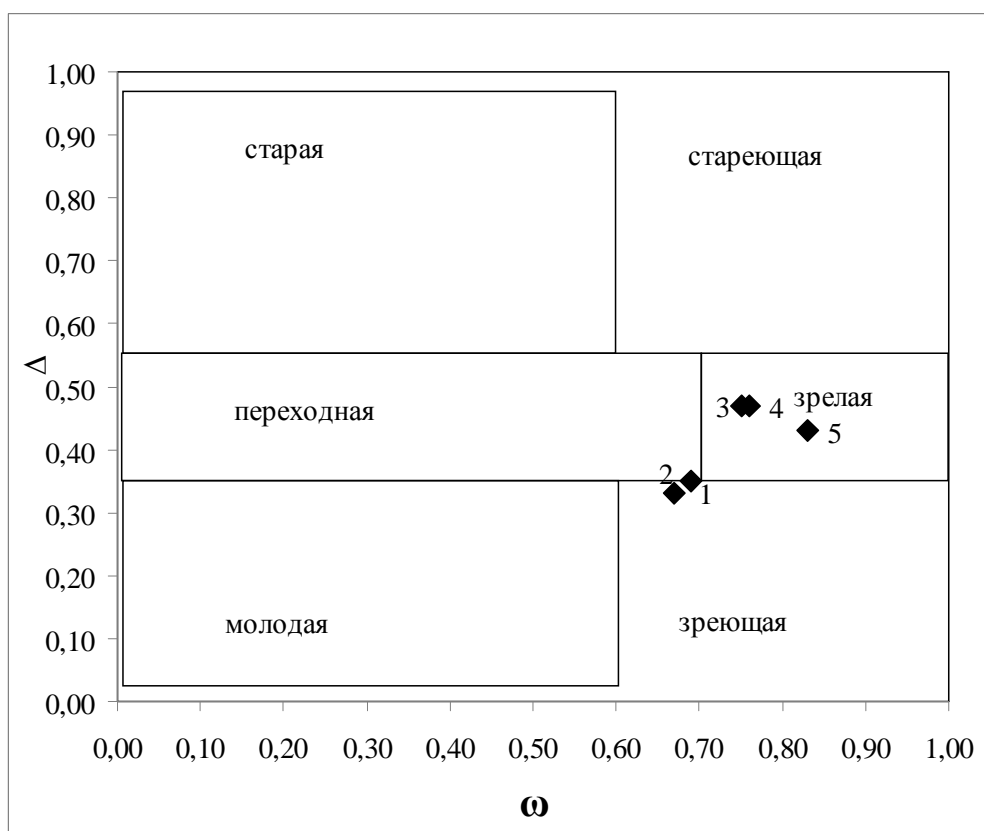


Рис. 2. Типы нормальных интродукционных популяций *A. sylvestris* в искусственных степных фитоценозах:

1 – *Festucetum (valesiacaе) stiposum (lessingianaе)* (первый экспериментальный участок, ежегодный укос, уборка пожнивных остатков), 2 – *Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе)* (второй экспериментальный участок, ежегодный укос, ранневесенние палы 1 раз в 2 года), 3 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с абсолютно заповедным режимом), 4 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодным сенокошением, уборкой пожнивных остатков), 5 – разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодными ранневесенними палами)

Важной составляющей популяционной структуры является виталитет – характеристика жизненного состояния особей растений. Соотношение в ценотической популяции особей разного жизненного уровня дает оценку уровню жизнеспособности популяции в конкретных условиях местообитания (в табл. 2 приведены данные по состоянию популяций в 2017 г. в период массового цветения растений). Чем благоприятнее экологический режим для

популяции, тем выше доля в них особей высокого виталитетного уровня [15]. Исследованные популяции относятся к депрессивным (см. табл. 2), которые характеризуются преобладанием в них особей третьего, низшего класса, так называемой «группы резерва», обеспечивающей устойчивость популяций и контроль за размерами экологической ниши [15]. Это касается и наиболее устойчивых популяционных фрагментов с высокой плотностью в разнотравно-злаковом сообществе на третьем участке. Увеличение плотности особей в популяциях часто отражается на их биометрических показателях и продуктивности. Увеличивается задернение, а морфометрические показатели растений загущенных популяций гораздо ниже, что отражает ухудшение их жизненного состояния. Это явление можно рассматривать как механизм регуляции и стабилизации на популяционном уровне: сокращение минимального фитогенного поля особей, связанное с увеличением плотности растений, способствует сохранению большего количества особей вследствие снижения степени их развития, следовательно, уменьшению конкуренции между ними.

Таблица 2

Виталитетный состав интродукционных популяций *A. sylvestris* в искусственных степных фитоценозах

Ассоциация	Виталитетные классы			Q	Тип популяции
	c	b	a		
Festucetum (valesiacaе) stiposum (lessingianaе) (первый экспериментальный участок, ежегодный укос, уборка пожнивных остатков)	0,440	0,200	0,360	0,280 < c	депрессивная
Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе) (второй экспериментальный участок, ежегодный укос, ранневесенние палы 1 раз в 2 года)	0,520	0,280	0,200	0,400 < c	депрессивная
разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с абсолютно заповедным режимом)	0,360	0,320	0,320	0,320 < c	депрессивная
разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодным сенокошением, уборкой пожнивных участков)	0,400	0,320	0,280	0,360 < c	депрессивная
разнотравно-злаковое сообщество (третий экспериментальный участок – полоса с ежегодными ранневесенними палами)	0,440	0,280	0,240	0,260 < c	депрессивная

На жизненный уровень популяционного фрагмента на ежегодно выжигаемой полосе в большей степени оказывает влияние пирогенный фактор, повышающий ксерофитность условий существования, ограничивающий размножение и расселение особей по территории.

Интродукционные популяции в фитоценозах первого и второго участков также относятся к депрессивным. Если в первом случае на жизненность популяции влияют недостаточное увлажнение почвы, преобладание типичных степных видов растений, то в сообществе Festucetum (valesiacaе) viciosum (tenuifoliaе) с наиболее мезофитизированным растительным покровом, в большей степени на особи *A. sylvestris* оказывают сильное ценогическое угнетение высокорослые вегетативноподвижные длиннокорневищные злаки.

Здесь доминирование уже принадлежит лугово-степным и луговым видам злакам *Elytrigia intermedia*, *Elytrigia repens* и др.

Тем не менее, тот факт, что популяции являются депрессивными, ещё не говорит о том, что они деградируют и стоят на грани исчезновения из состава фитоценозов. Виталитетный состав популяций весьма подвижен, а угнетённые особи при малейших благоприятных условиях стремятся улучшить своё положение [15], однако интенсивное влияние со стороны эдификаторов лугово-степных и степных фитоценозов, плотное задернение, не оставляющее свободного пространства для появления и закрепления подроста, ослабляет ценотическую роль вида.

Отмечено групповое размещение особей *A. sylvestris* в пространстве. Преимущественно формируются небольшие четко очерченные агрегации, между которыми встречаются одиночные, часто генеративные, растения, что впоследствии в результате размножения может привести к смыканию пятен и образованию более крупных скоплений. Промежутки между скоплениями составляют от 10 до 30 см. На полосе с проведением ежегодного пала отмечена наименьшая плотность популяционного фрагмента – число скоплений уменьшилось почти вдвое. Как было отмечено ранее, ведущим экологическим фактором, ограничивающим развитие и распространение видов из рода *Anemone*, является водный режим почвы, особенно лимитирующий численность и развитие особей молодых онтогенетических состояний: несколько меняется гидрологический режим в сторону ксерофитизации условий произрастаний, которая характерна для типичных степных сообществ. На этой площадке доминирующие длиннокорневищные злаки и бобовые, по сравнению с плотнодерновинными злаками, образуют не такое плотное задернение, и слой из сухих растительных остатков быстрее и почти полностью выгорает. В результате уничтожения ветоши здесь оголяется почва, по сравнению с участками с ежегодным укосом и невмешательством. У плотнодерновинных злаков образуется плотная дерновинная «подушка» из сухих остатков, которая защищает само растение и поверхность почвы от иссушения: огонь поверхностный, быстрый, часто не затрагивающий нижние части растений, также местами наблюдается неполное уничтожение мормассы (второй экспериментальный участок: здесь к доминирующим длиннокорневищным злакам в значительном обилии присоединяются и плотнодерновинные эдификаторы степных фитоценозов). После пала, в целом, отмечено отрастание наземной части у подавляющего количества особей *A. sylvestris* и их цветение. В наименьшей степени после кратковременных палов повреждаются взрослые особи. Этому способствует как общая мезоморфность надземных органов, так и достаточно глубокое расположение почек возобновления в почве (до 5 см). Высокая обводненность тканей позволяет растениям *A. sylvestris* выдерживать высокие температуры при недлительном воздействии пирогенного фактора [3, 17]. Отдельные особи переживали неблагоприятное его воздействие в стадии вынужденного покоя и впоследствии перешли в квазисенильное состояние. Имитация сенильности возникает в неблагоприятных эколого-фитоценотических условиях. Растения в таком состоянии могут длительно находиться на предельно низком уровне жизнестойкости, при этом уменьшаются затраты пластических веществ [15, 28]. Агрегированное размещение растений обусловлено и неоднородностью экотопа, характером размножения и слабым приживанием подроста внутри скопления: в центре скопления чаще всего более возрастные особи, плотность которых обычно ниже, чем на периферии, что обусловлено элиминацией старых особей и гибелью растений при возрастающей внутривидовой конкуренции (данные совпадают с аналогичными исследованиями [17]). За счет вегетативного размножения возраст особей уменьшается центробежно, и по краям скопления зафиксированы преимущественно растения ранних онтогенетических состояний. Впоследствии возможно изменение конфигурации агрегаций (клонов), что обусловлено характером роста корневищ и конкуренцией с другими видами. Окружающие растения могут препятствовать росту корневищ, изменять его направление, например, сильное задернение фитоценоза задерживает скорость разрастания клона, что отмечено в сообществах на первом и втором участках.

Выводы

Вид *A. sylvestris* устойчив в культуре и перспективен для культивирования и размножения в ботанических садах и питомниках. Наиболее благоприятные условия произрастания *A. sylvestris* сложились в формирующемся злаково-разнотравном сообществе, которое на данном этапе развития можно отнести к лугово-степному; наихудшие – в фитоценозах на первом и втором экспериментальных участках. В первом случае (ежегодный укос), сообщество отличается наименьшей мезофитизацией растительного покрова. Здесь преобладают типичные ксерофитные и мезоксерофитные степные растения, в том числе ценозообразователи степных сообществ из родов *Festuca* L., *Stipa* L., что связано с большей ксерофитностью среды обитания, обусловленной меньшим увлажнением почвы, ограничивающим расселение корневищных ксерофитных и мезофитных лугово-степных видов, в том числе и модельного. Во втором, абсолютное доминирование принадлежит длиннокорневищным вегетативно подвижным видам, которые подавляют развитие популяции *A. sylvestris*.

Список литературы

1. Абдулина К. Х. Влияние пирогенного фактора на надземную фитомассу степей Башкирского Зауралья / К. Х. Абдулина, У.Б. Юнусбаев // Экологический сборник. Труды молодых ученых Поволжья. – Тольятти, 2007. – С. 9-13.
2. Антонова Л. А. Некоторые особенности антропоэкологии ветреницы алтайской (*Anemone altaica* Fisch.) / Л. А. Антонова // Учение записки Пермского ун-та. – Пермь, 1970. – № 206. – С. 65-69.
3. Барыкина Р. П. Биоморфологический анализ видов рода *Anemone* L. флоры бывшего СССР в ходе онтогенеза / Р. П. Барыкина, Н. Ф. Потапова // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1994. – Т. 99, вып. 5. – С. 124-136.
4. Боровик Л. П. Проблема режима сохранения степи в заповедниках : пример Стрельцовской степи / Л. П. Боровик, Е. Н. Боровик // Степной бюллетень. – 2006. – № 20. – С. 29-33.
5. Горбунов Ю. Н. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (рекомендации для ботанических садов) / Ю. Н. Горбунов, Д. С. Дзыбов, З. Е. Кузьмин, И. А. Смирнов. – Тула : Гриф и К, 2008. – 56 с.
6. Гавриленко В. С. Абсолютно заповедный режим и пожары в степных заповедниках: непривычное решение / В. С. Гавриленко // Степной бюллетень. – 2007. – № 23–24. – С. 25-26.
7. Гавриленко В. С. Вплив степових пожеж на стан фіто- та зооценозів біосферного заповідника «Асканія-Нова» / В. С. Гавриленко, Н. Ю. Дрогобич, І. К. Поліщук // Заповідні степи України. Стан та перспективи їх збереження : матер. міжнарод. наук. конф. – Армянськ: ПП Андреев О. В., 2007. – С. 20-23.
8. Гиляров А. М. Популяционная экология / А. М. Гиляров. – М. : Изд-во Москов. гос. ун-та, 1990. – 191 с.
9. Глухов О. З. Національне надбання України. Наукові об'єкти Донецького ботанічного саду НАН України / О. З. Глухов, С. А. Приходько, В. М. Остапко и др. – Донецьк, 2013. – 36 с.
10. Дробашко М. С. К биологии ветреницы лесной / М. С. Дробашко // О Вы, которых ожидает отечество ... : сб. науч. тр. молод. учен., асп., соискателей и студ. СГПУ. – Самара: СГПУ, 2007. – Вып. 8. – С. 319-320.
11. Емельянов И. Г. Популяция как объект экологического мониторинга / И. Г. Емельянов, Л. В. Емельянова, В. Н. Песков // Заповідні степи України. Стан та перспективи їх збереження : матер. міжнарод. наук. конф. – Армянськ: ПП Андреев О. В., 2007. – С. 49-51.
12. Жукова Л. А. Программа и методические подходы к популяционному мониторингу растений / Л. А. Жукова, Л. Б. Заугольнова, В. Г. Мичурин и др. // Биол. науки. – 1989. – № 12. – С. 65-75.

13. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола, 1995. – 224 с.
14. Зиман С. Н. Жизненные формы и биология степных растений Донбасса / С. Н. Зиман. – К. : Наук. думка, 1976. – 191 с.
15. Злобин Ю. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография / Ю. А. Злобин, В. Г. Скляр, А. А. Клименко. – Сумы : Университетская книга, 2013. – 439 с.
16. Ильина В. Н. Повторное отрастание копеечников при выпасе и палах // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Четвертые Люблищевские чтения) / В. Н. Ильина. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2005. – С. 95-98.
17. Ильина В. Н. Некоторые результаты исследований ценопопуляций *Anemone sylvestris* L. (Ranunculaceae) в Самарском Заволжье / В. Н. Ильина // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18, № 4. – С. 159-170.
18. Кондратюк Е. Н. Редкие, эндемичные и реликтовые растения юго-востока Украины в природе и культуре / Е. Н. Кондратюк, В. М. Остапко. – К. : Наук. думка, 1990. – 152 с.
19. Кондратюк Е. Н. Ковыльные степи Донбасса / Е. Н. Кондратюк, Т. Т. Чуприна. – К. : Наук. думка, 1992. – 172 с.
20. Кандалова Г. Т. Влияние степных пожаров на настоящие и луговые степи заповедника «Хакасский» / Г. Т. Кандалова // Степной бюллетень. – 2007. – № 23–24. – С. 19-24.
21. Осичнюк В. В. Зміни рослинного покриву степу / В. В. Осичнюк // Рослинність УРСР. Степи, кам'яністі відслонення, піски. – К. : Наук. думка, 1973. – С. 249-315.
22. Остапко В. М. Интродукционная популяция как объект исследования / В. М. Остапко, А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1994. – Вып. 22. – С. 9-14.
23. Папонова И. Т. Некоторые вопросы клональной изменчивости ветреницы алтайской в Центральной части западного Предуралья / И. Т. Папонова // Онтогенез травянистых поликарпических растений : сб. науч. тр. – Свердловск : УрГУ, 1986. – С. 107-112.
24. Приходько С. А. Эколого-демографическая структура природных и интродукционных ценопопуляций как индикатор состояния степных фитоценозов / С. А. Приходько, Ю. В. Ибагулина, В. М. Остапко. – Донецк, 2013. – 309 с.
25. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – М. –Л., 1950. – Вып. 6. – С. 77-204.
26. Стародубцев В. Н. Ветреницы : систематика и эволюция / В. Н. Стародубцев. – Л. : Наука, 1990. – 200 с.
27. Ткаченко В. С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику / В. С. Ткаченко. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
28. Уранов А. А. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений / А. А. Уранов, О. В. Смирнова // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1969. – Т. 74, вып. 1. – С. 119-134.
29. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7-34.
30. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелев. – СПб. : Мир и семья; Изд-во СПХФА, 2001. – Т. X. – 670 с.
31. Флора СССР / Глав. ред. В. Л. Комаров. – Л. : Изд-во АН СССР, 1937. – Т. VII. – 792 с.
32. Флора УРСР / Під ред. М. В. Клокова, О. Д. Вісюліна. – К. : Вид-во АН УРСР, 1953. – Т. V. – 530 с.
33. Червона книга Донецької області : рослинний світ (рослини, що підлягають охороні в Донецькій області) / За ред. В. М. Остапко. – Донецьк : Вид-во «Новая печать», 2010. – 432 с.

Ibatulina Yu. V. Some research results on the condition of introduced populations of *Anemone sylvestris* L. (Ranunculaceae) in experimental steppe sites. – Our study focused on the density, age and vitality structures, individual spacing of introduced populations of *Anemone sylvestris* L. found in artificial plant cenoses of experimental steppe sites. The most favorable growing conditions for *A. sylvestris* have been formed within the motley grass-grasses plant community which can be referred to as meadow-steppe one at its present stage. The analysis of this rarity species populations' condition on the whole indicates that these growing conditions are likely to provide its long presence within the artificial phytocenoses. *A. sylvestris* is stable in the course of cultivation and has good growing prospects.

Key words: artificial phytocenosis, steppe, introduced population, density, age structure, vitality structure, spacing.

УДК 581.5 : 638.138 (477.60)

© Н. С. Мирненко

**ТЕРАТОМОРФЫ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЁРЕН *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.
СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ДОНЕЦКА**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: natalya_zaharenkova@mail.ru

Мирненко Н. С. Тераформы пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. селитебных территорий г. Донецка. – Проведен первичный мониторинг состояния пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. в экотопах г. Донецка. Во всех образцах выявлены как нормальные, так и тераформные палиноструктуры, определено содержание пыльцы, имеющей полноценное строение.

Ключевые слова: тераформы, пыльцевое зерно, *Ambrosia artemisiifolia* L., экологический мониторинг, г. Донецк.

Введение

В окружающей человека атмосфере постоянно циркулирует огромное количество частиц разного происхождения. Эти частицы можно квалифицировать по происхождению, размерам и форме, по эффекту, который они вызывают, оседая на поверхности. Среди частиц биологического происхождения наиболее распространенными являются пыльца, споры растений и другие элементы диссеминации.

В условиях экологического неблагополучия растения продуцируют большее количество тераформных (уродливых) и стерильных пыльцевых зёрен, чем в благоприятных условиях. При этом, чем хуже экологическая обстановка, тем обычно выше процент содержания патологически развитой пыльцы, что можно использовать в качестве критерия для оценки качества современной окружающей среды. Реконструкции палеоэкологических условий также можно осуществлять с помощью изучения пыльцы, но уже не современной, а извлеченной из древних отложений. На рубежах различных палеоклиматических периодов, под влиянием неблагоприятных факторов различной этиологии (радиации, вулканической деятельности, повышенной солнечной активности и т. д.) появляется большое количество уродливых палиноморф [3, 4].

Применение полученных данных является одним из методов при проведении комплексной оценки качества окружающей среды, экологического мониторинга, ретроспективного анализа состояния экосистем.

Для индикации качества окружающей среды и экологического мониторинга была исследована пыльца вида *Ambrosia artemisiifolia* L. (амброзия полыннолистная) в селитебных экотопах г. Донецка.

A. artemisiifolia L. является одним из агрессивных адвентивных элементов флоры, относится к категории карантинных сорняков [11]. Этот вид занимает территории с различной антропогенной нагрузкой: техногенные экотопы, где почти не встречается конкуренции со стороны местных видов, а также экотопы с незначительным антропогенным влиянием. Благодаря признакам инвазивности (ветроопыление, высокая семенная продуктивность, короткий ювенильный период и высокая толерантность ко всем формам антропогенной трансформации среды), а также отсутствию естественных врагов *A. artemisiifolia* успешно расширяет свой ареал, занимая новые территории, поэтому занесена в перечень адвентивных видов с высокой инвазионной способностью и широкой экологической амплитудой. Безусловным является то, что *A. artemisiifolia* представляет серьезную угрозу как природным и антропогенным сообществам, так и человеку, затрудняя уборку урожая и вызывая многочисленные аллергические реакции в период цветения, поэтому этот вид требует постоянного мониторинга.

У всех видов под влиянием промышленных эмиссий изменяются размеры и форма пыльцевых зёрен, количество, очертания и форма апертур, их размеры и расположение относительно друг друга. Главное, изменяются самые стабильные структуры пыльцевых

зерен – скульптура поверхности спородермы, а также количество и толщина ее слоев. Максимальное количество (до 100%) патологически развитых и стерильных пыльцевых зерен у всех исследованных растений выявлено в районах экологического неблагополучия, то есть, подверженных наиболее значительному влиянию промышленных загрязнений [3, 4].

Цель работы – описание морфологического состояния пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. в селитебных экотопах г. Донецка.

Материал и методика исследования

Установлено [5, 13], что распределение пыльцевых зерен в воздухе регулируется температурой, осадками, одновременно контролирует продукцию пыльцы и поступления ее в воздух, а также направлением и скоростью передвижения воздушных масс, которые определяют ареал распространения пыльцевых зерен. Сбор пыльцевого материала на различных участках проводили при одинаковых внешних, в частности погодных условиях, но обращали внимание на то, что популяции *A. artemisiifolia* на разных участках занимают экотопы с разным уровнем антропогенной нагрузки. В указанном блоке исследований палинологический материал собирали в первые декады месяцев с июня по сентябрь в центральных районах г. Донецка. Сбор осадочного материала проводили на липких лентах в соответствии с методиками [2, 6, 7, 11, 13, 16, 17].

Объекты анализа подвергали микрокопированию в условиях окрашивания метиленовым синим. Светооптическое изучение проведено на микроскопе Primo Star (Carl Zeiss) с соблюдением правил микрокопирования (при увеличении 40x10 и 90x10). Базовые точки сбора осадочного материала – перекрестки автодорог г. Донецка: 1) пересечение ул. Артема и пр-та Труда; 2) пересечение ул. Челюскинцев и пр-та Ватутина; 3) пересечение ул. Университетской и пр-та Мира; 4) пересечение ул. Щорса и пр-та Ватутина; 5) пересечение ул. Университетской и пр-та Гурова.

Результаты и обсуждение

В норме пыльцевые зерна *A. artemisiifolia* сферические, трехборозднопоровые, немного приплюснутые с полюсов; очертание полюсов округлотрёхлопастное, с экватора – широко эллиптический; полярная ось длиной 19,4-21,1 мкм, экваториальный диаметр – 20,0-22,4 мкм (рис. 1).

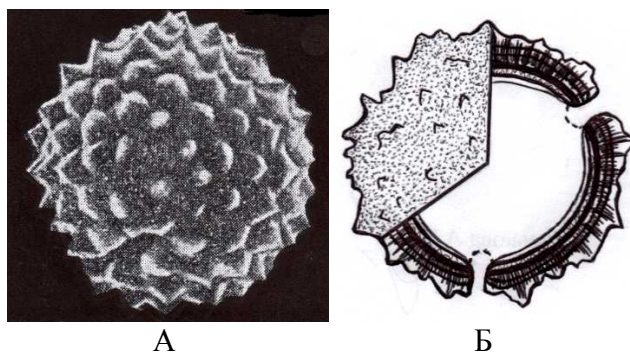


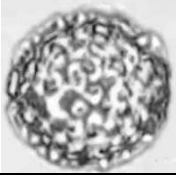
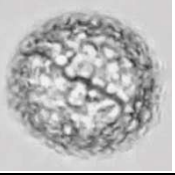
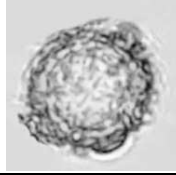
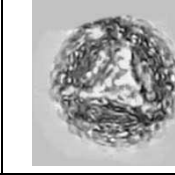
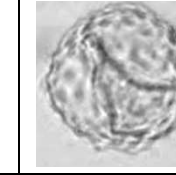
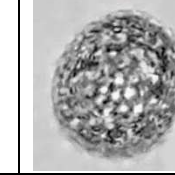
Рис. 1. Структура пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. по В. А. Адо [1] и Г. Эрдтману [13]:
А – внешний вид, Б – схема строения

Борозды пыльцевых зерен короткие, неглубокие, меридиональные, заостренные к полюсам, 10,2 мкм длиной и 1,9 мкм в ширину [7]. Поры экваториальные, округлой формы, расположенные в центре каждой борозды, диаметр поры (2,2 мкм) превышает ширину борозды. Экзина толстая с четко выраженной шиповатой структурой, шипы равномерно густо распределены по поверхности экзины [13]. Борозды имеют вид углубления с щелеподобной порой внутри.

Во всех образцах выявлены как нормальные, так и тератоморфные палиноструктуры (табл. 1-5). Содержание нормально развитой пыльцы варьирует в диапазонах от 65,3 до 87,3%. Аномальные пыльцевые зерна отличаются от нормальных размерами, формой, количеством апертур, борозд, изменением оболочки. При палиноморфологическом анализе описано 10 тератоморф пыльцы.

Таблица 1

**Соотношение тератоморф пыльцевых зерен *A. artemisiifolia*
в мониторинговой точке № 1**

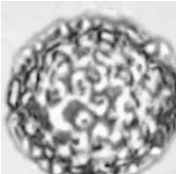
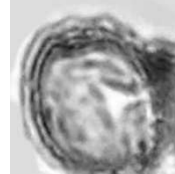
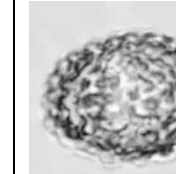
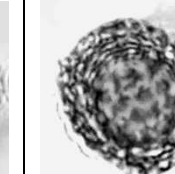
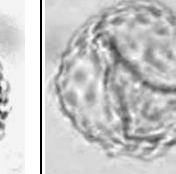
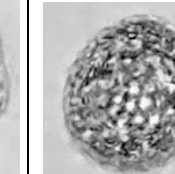
					
1	2	3	4	5	6
5,6%	7,4%	10,7%	28,6%	5,3%	42,4%

Примечание. 1 – нормальный вид пыльцевых зёрен; 2 – безапертурное пыльцевое зерно с центральной бороздой округлой формы; 3 – пыльцевое зерно с неравномерно утолщенной оболочкой (двуапертурная); 4 – пыльцевое зерно с гиперразвитыми апертурами, имеет трехлопастную форму; 5 – безапертурное пыльцевое зерно с двумя бороздами, хорошо выраженный тетраидный рубец; 6 – безапертурное пыльцевое зерно с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров.

Палинологический анализ проб в мониторинговой точке № 1 (пересечение ул. Артема и пр-та Труда) показал, что у *A. artemisiifolia* наиболее часто встречается безапертурная форма пыльцевого зерна с паталогически разросшейся оболочкой. На втором месте по встречаемости – пыльцевые зёрна с гиперразвитыми апертурами, имеют трехлопастную форму, остальные типы тератоморф выражены незначительно. Единичный терат для данной точки – безапертурные пыльцевые зерна с двумя бороздами.

Таблица 2

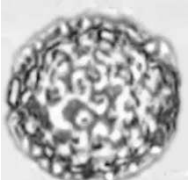
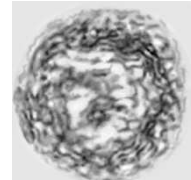
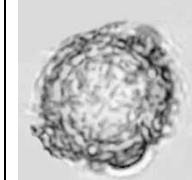
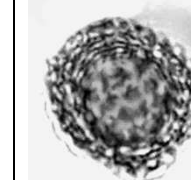
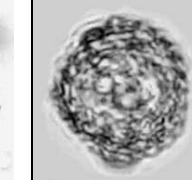
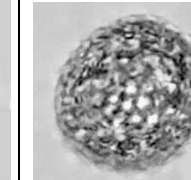
**Соотношение тератоморф пыльцевых зерен *A. artemisiifolia*
в мониторинговой точке № 2**

					
1	2	3	4	5	6
13,6%	30,6%	3,04%	26,4%	12,9%	13,1%

Примечание. 1 – нормальный вид пыльцевого зерна; 2 – безапертурное пыльцевое зерно, гладкое, эллипсоидной формы; 3 – безапертурное пыльцевое зерно, бобовидной или эллипсоидной формы; 4 – безапертурное пыльцевое зерно, имеет разросшуюся оболочку; 5 – безапертурное пыльцевое зерно, с двумя бороздами, хорошо выраженный тетраидный рубец; 6 – безапертурное пыльцевое зерно, с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров.

Палинологический анализ проб в мониторинговой точке № 2 (пересечение ул. Челюскинцев и пр-та Ватутина) показал, что у *A. artemisiifolia* наиболее часто встречается безапертурная форма пыльцевых зерен с нарушением естественной формы, несимметричные, гладкие, эллипсоидные. На втором месте по встречаемости – безапертурные пыльцевые зерна с разросшейся оболочкой, остальные типы тератоморф выражены незначительно. Единичные тераты для данной точки – безапертурная пыльца бобовидной или эллипсоидной формы.

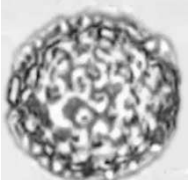
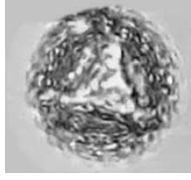
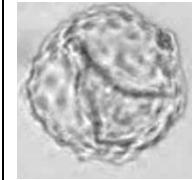
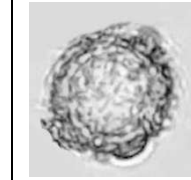
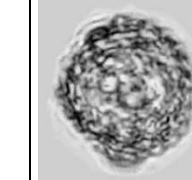
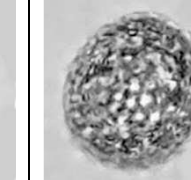
**Соотношение тератоморф пыльцевых зерен *A. artemisiifolia*
в мониторинговой точке № 3**

					
1	2	3	4	5	6
9,9%	28%	25,8%	11,8%	8,1%	16,4%

Примечание. 1 – нормальный вид пыльцевого зерна; 2 – безапертурное пыльцевое зерно с односторонне увеличенным количеством жилок; 3 – неравномерно утолщенная оболочка (дваапертурное пыльцевое зерно); 4 – безапертурное пыльцевое зерно, имеет разросшуюся оболочку; 5 – дваапертурное неравномерное разрастание оболочки; 6 – безапертурное пыльцевое зерно с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров.

Палинологический анализ проб в мониторинговой точке № 3 (пересечение ул. Университетской и пр-та Мира) показал следующее: у *A. artemisiifolia* наиболее часто встречаются безапертурные пыльцевые зерна с односторонне увеличенным количеством жилок и дваапертурная форма пыльцы с неравномерным разрастанием оболочки (см. табл. 3, рис. 2, 3). Также часто встречаются пыльцевые зерна гипертрофных размеров с патологически развитой оболочкой. Остальные типы тератоморф выражены незначительно.

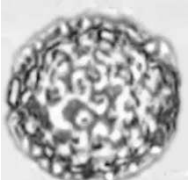
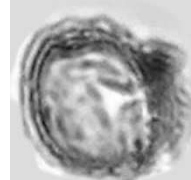
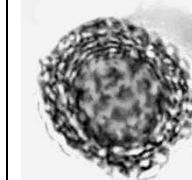
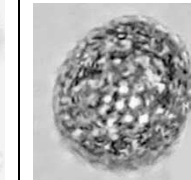
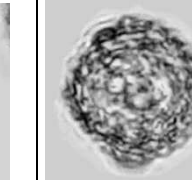
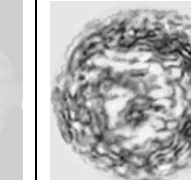
**Соотношение тератоморф пыльцевых зерен *A. artemisiifolia*
в мониторинговой точке № 4**

					
1	2	3	4	5	6
10%	24,4%	20,7%	5,6%	9,3%	30%

Примечание. 1 – нормальный вид пыльцевого зерна; 2 – пыльцевое зерно трехлопастной формы с гиперразвитыми аперттурами; 3 – безапертурное пыльцевое зерно с двумя бороздами, хорошо выраженный тетраидный рубец; 4 – неравномерно утолщенная оболочка (дваапертурное); 5 – дваапертурное пыльцевое зерно с неравномерным разрастанием оболочки; 6 – безапертурное пыльцевое зерно с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров.

Палинологический анализ пробы в мониторинговой точке № 4 (пересечение ул. Щорса и пр-та Ватутина) показал, что у *A. artemisiifolia* наиболее часто встречаются безапертурные пыльцевые зерна с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров. На втором месте по встречаемости пыльцевые зерна с гиперразвитыми аперттурами трехлопастной формы и безапертурные пыльцевые зерна с выраженным тетраэдральным рубцом. Остальные типы тератоморф выражены незначительно.

**Соотношение тератоморф пыльцевых зерен *A. artemisiifolia*
в мониторинговой точке № 5**

					
1	2	3	4	5	6
16,4%	20,9%	18,2%	8,7%	19,6%	16,2%

Примечание. 1 – нормальный вид пыльцевого зерна; 2 – безапертурное пыльцевое зерно, гладкое, эллипсоидной формы; 3 – безапертурное пыльцевое зерно с разросшейся оболочкой; 4 – безапертурное пыльцевое зерно с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров; 5 – двапертурное пыльцевое зерно с неравномерно разросшейся оболочкой; 6 – безапертурное пыльцевое зерно с односторонне увеличенным количеством жилок.

Палинологический анализ проб в мониторинговой точке № 5 (пересечение ул. Университетской и пр-та Гурова) показал, что у *A. artemisiifolia* наиболее часто встречается безапертурная форма пыльцевых зерен с нарушением естественного строения пыльцевого зерна, несимметричные, гладкие, эллипсоидные. На втором месте по встречаемости – безапертурные пыльцевые зерна с патологически развитой оболочкой и двапертурные пыльцевые зерна с неравномерным разрастанием оболочки. Остальные типы тератоморф выражены незначительно.

Выводы

Проведенные исследования показали наличие морфологической изменчивости, проявляющиеся в тератологических изменениях пыльцевых зёрен *A. artemisiifolia* в различных урбанизированных зонах г. Донецка. Всего было идентифицировано 10 вариантов тератоморф пыльцевых зерен. Наиболее часто встречающееся тератное строение имеет безапертурную форму с патологически развитой оболочкой, гипертрофных размеров, которая наблюдается во всех исследуемых точках, преобладает в точках № 1 и 4. Среднее содержание тератоморфной пыльцы в пробах варьирует по площадкам города. Максимальное количество пыльцевых зерен с нарушениями развития по отношению к нормальным выявлено в точке № 1 (пересечение ул. Артема и пр-та Труда) – 31,3%, что указывает на наиболее неблагоприятные условия среды.

Список литературы

1. Адо В. А. Алергія / В. А. Адо, Л. А. Горячина, Д. Н. Маяницкий. – Новосибирск : Наука, 1981. – 113 с.
2. Глухов А. З. Состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. при загрязнении почв тяжелыми металлами / А. З. Глухов, И. Н. Остапко, А. И. Сафонов // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 84-87.
3. Василевская Н. В. Тератоморфизм пыльцы *Syringa josikaea* Jacq. при интродукции на урбанизированных территориях Российской Арктики / Н. В. Василевская, Д. А. Морозова // Уч. зап. Петрозаводского гос. ун-та. – 2016. – № 8 (161). – С. 7-14.
4. Дзюба О. Ф. Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палиопалинологических спектрах и некоторые проблемы палиностратиграфии / О. Ф. Дзюба // Нефтегазовая геология. Теория и практика / Под ред. О. М. Прищепа. – СПб., 2007. – Т. 2. – С. 5-22.
5. Елькина Н. А. Состав и динамика пыльцевого спектра воздушной среды г. Петрозаводска : Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. А. Елькина. – СПб., 2008. – 24 с.

6. *Именитова А. С.* Анализ таксономического состава и динамики аэропалинологического спектра Северо-Востока Русской равнины / А. С. Именитова, С. А. Пупышева, И. А. Жуйкова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 871-875.
7. *Куприянова Л. А.* Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР / Л. А. Куприянова, Л. А. Алёшина. – Л. : Наука, 1978. – 184 с.
8. *Осмонбаева К. Б.* Экологические аспекты проблемы поллинозов : Автореф. дис. ... канд. биол. наук / К. Б. Осмонбаева. – Бишкек, 2006. – 26 с.
9. Палинология : уч. пос. / Р. Г. Курманов, А. Р. Ишбирдин. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2012. – 92 с.
10. Принципы и методы аэропалинологических исследований / Н. Р. Мейер-Меликян, Е. Э. Северова, Г. П. Гапочка и др. – М., 1999. – 48 с.
11. *Сафонов А. И.* Эколого-палинологический анализ некоторых аллергенов городской среды / А. И. Сафонов, П. С. Беломеря // Проблемы экологии. – Донецк : ДонНТУ, 2007. – № 1-2. – С. 79-85.
12. *Сафонов А. И.* Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1-2. – С. 66-72.
13. *Сафонов А. И.* Палинологический мониторинг урбанизированной среды / А. И. Сафонов, А. П. Харьковца // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. работ. – Донецк : ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 74-83.
14. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / Под ред. Т. Б. Батыгиной. – СПб. : Мир и семья, 1994. – Т. 1. Генеративные органы цветка. – 320 с.; Т. 2. Семя. – 823 с.; Т. 3. Системы репродукции. – 640 с.
15. *Эрдтман Г.* Морфология пыльцы и систематика растений. Введение в палинологию: в 2-х т. Покрытосеменные. – М. : Изд-во Иностран. лит-ры, 1956. – Т. 1. – 486 с.
16. *Kiurski J. S.* Multivariate statistical interpretation of fountain solutions as indicator of environmental pollution / J. S. Kiurski // Journal of environmental indicators. – 2012. – Vol. 7. – P. 11-19.
17. *Safonov A. I.* Initial screening of seed bank of phytoindicators of technogenic pressure on edaphotopes in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2010. – Vol. 10, № 1. – P. 92-96.

Mirnenko N. S. Teratomorphs of pollen grains *Ambrosia artemisiifolia* L. of residential areas of Donetsk. – Primary monitoring of the state of the pollen grains in the ecotopes of Donetsk. In all samples, both normal and teratomorphic palinostructures were detected, and the pollen content having complete a structure was determined.

Key words: teratomorphs, pollen grain, *Ambrosia artemisiifolia* L., environmental monitoring, Donetsk.

УДК 574.21 (447.60)

© Э. И. Мирненко

ЭМПИРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ СПИСКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ВОДОРΟΣЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДОВ Г. ДОНЕЦКА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eduard_mirnenko@list.ru

Мирненко Э. И. Эмпирическая коррекция списков экологических групп водорослей фитопланктона прудов г. Донецка. – Проведен анализ экологических характеристик прудов г. Донецка: определение приуроченности к местообитанию, температурной приуроченности, реофильности, групп индикаторов по Ватанабе, галобности, групп индикаторов ацидификации и географической приуроченности. При анализе экологических групп использована система, предложенная С. С. Бариновой.

Ключевые слова: г. Донецк, альгофлора, индикатор, экологические условия, пруды.

Введение

Водоросли фитопланктона – первое звено трофической цепи, определяющее развитие почти всех организмов, обитающих в воде, поэтому они являются информативными индикаторами условий среды обитания. Индикационные аспекты анализа экологических характеристик водорослей наиболее проработаны по сравнению с другими группами организмов [1, 3, 4].

Биоиндикационные методы, основанные на изучении видового состава сообществ водорослей, дают наиболее точную оценку для всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте [2, 8, 11]. Динамично изменяющиеся условия водной среды обуславливают изменение состава и обилия водных организмов, причем изменение в развитии и доминировании сообществ водорослей может произойти за несколько часов.

Однако не все данные экологического анализа видов существующих шкал являются полными и окончательными, отражающими валентность видов по отношению различным экологическим факторам. Например, используемая нами в работе шкала индикаторов С. С. Бариновой [1, 3], не содержит данных относительно экологической принадлежности видов различных отделов водорослей. Поэтому, в работе сделана попытка обобщения первичных данных об экологических особенностях водорослей разных отделов к тем экологическим условиям, в которых они были найдены.

Цель работы – опытным путем уточнить отношение элементов альгофлоры фитопланктона прудов г. Донецка к группам разных экологических условий и режимов, выделить их индикационное значение.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования были пробы фитопланктона, которые отбирали в г. Донецке в 2015-2017 гг. в Первом и Втором городских прудах, Ветковских прудах № 1 и № 2, в прудах Донецкого ботанического сада № 3-6.

Сбор фитопланктона осуществляли двумя общепринятыми методами [5, 6, 7]. При достаточном развитии фитопланктона из исследуемого водоема (толщи воды) отбирали по 2-10 дм³ воды с последующим концентрированием.

Сгущение проб фитопланктона осуществляли фильтрованием и центрифугированием. Изучение качественного состава фитопланктона проводили в препаратах раздавленной капли с помощью светового микроскопа Primo Star (Carl Zeiss) с соблюдением правил микроскопирования. При изучении видового состава водорослей измеряли также их размеры, являющиеся важными диагностическими признаками. Для измерения микроскопических объектов (практически все виды водорослей фитопланктона) применяли окуляр-микрометр с измерительной линейкой [6, 7].

При составлении систематического списка использовали классификационные схемы, принятые в специализированной литературе [9, 10, 12, 13].

Экологический анализ видов включал определение приуроченности к местообитанию, температурной приуроченности, реофильности, групп индикаторов по Ватанабе, галобности, групп индикаторов ацидификации и географической приуроченности [8].

При анализе экологических групп использовали систему, предложенную С. С. Бариновой [1, 3]. Применяли следующие основные классификационные единицы:

Приуроченность к местообитанию (M):

B – бентосный в широком смысле, связанный с субстратом;

S – почвенный, наземные субстраты;

pb – фикобионт (лишайники);

P-B – планктонно-бентосный;

P – планктонный;

Ep – эпифит;

R – ископаемый, донные отложения.

Температурная приуроченность (T):

warm – 20-35, 18-27, 18-38, 20-40, 20-38, 20-37 – теплолюбивый;

cool – холодолюбивый;

temp – 10-35, 15, 15-37, 15-35, 20-30, 10-40, 10-35, 17-27, 15-30, 20-27, 18-27, 16-30, 16-29, 16-27, 15-32, 15-31, 15-30, 10-40, 10-30, 0-28, 0-30 – умеренный и/или индифферентный;

eterm – эвритермный.

Реофильность (P):

st – стоячий;

str – текучий;

st-str – стояче-текучий и/или индифферент;

aer – аэрофил;

geoph – реофил;

eoxibt – эвриоксибионт;

Группа индикаторов по Ватанабе (D):

sx – сапроксен;

sp – сапрофил;

es – эврисапроб.

Галобность (C):

ph – полигалоб;

mh – мезогалоб;

oh – олигогалоб;

i – олигогалоб-индифферент;

hl – олигогалоб-галофил;

hb – олигогалоб-галофоб;

euhl – эвригалинный.

Группы индикаторов ацидификации (A).

ind – индифферент и/или нейтрофил;

alf – алкалофил;

alb – алкалобионт;

acf – ацидофил.

Географическая приуроченность (Geo) – царства – с прописной буквы, области – со строчной (сюда же включены экологические группы альпийских и аркто-альпийских видов):

Pt – палеотропический;

Nt – неотропический;

Na – голарктический;

Au – австралийский;

Nn – голантарктический;

su – суданский;
 sz – судано-замбезийский;
 sa – сахаро-аравийский;
 E – условно эндемичный;
 mt – средиземноморский;
 mg – мадагаскарский;
 cb – циркумбореальный;
 it – ирано-туранский;
 k – космополит;
 b – бореальный;
 a – альпийский;
 a-a – аркто-альпийский.

Результаты и обсуждение

По приуроченности к местообитанию выделено 5 экологических групп: планктонные, бентосные, планктонно-бентосные, эпифитные и почвенные, среди которых доминантами были планктонно-бентосные виды, составляющие 39,2% всей альгофлоры. Планктонные виды составляют 27,2 %. Третьими по представленности являются представители бентосных групп, в сумме составляющие 20,8%.

Данные количества видов по приуроченности к местообитанию на уровне отделов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество видов по приуроченности к местообитанию на уровне отделов

Отдел	Планктонные (P)	Планктонно-бентосные (P-B)	Бентосные (B)	Эпифитные (Ep)	Не определено
Суанопrocaryota	13	14	3	-	1
Euglenophyta	4	4	1	-	-
Bacillariophyta	2	8	20	-	3
Chlorophyta	14	23	1	1	10
Dinophyta	1	-	-	-	-
Xantophyta	-	-	1	-	-
Всего	34	49	26	1 (1)	14

Экологический тип по приуроченности к местообитанию в литературе [1] не установлен для 14 видов, что составляет 11,2% от флоры. По нашим данным большинство таких видов мы относим к планктонным, т.к. пробы для исследований были отобраны исключительно планктонные.

По приуроченности к местообитанию в отделе Суанопrocaryota количество планктонных видов составило 42,0%, бентосных – 9,6% планктонно-бентосных – 45,1%. Для остальных 3,2% видов приуроченность к местообитанию не определена, но для исследуемых прудов мы рекомендуем отнести их к планктону.

В отделе Euglenophyta количество планктонных видов составило 44,4%, планктонно-бентосных – 44,4%, бентосных – 11,1%.

В отделе Bacillariophyta количество планктонных видов составило 6,06%, бентосных – 24,2%, планктонно-бентосных – 60,6%. Для 9,09% видов местообитание не определено, их мы рекомендуем отнести их к планктону.

В отделе Chlorophyta количество планктонных видов составило 28,5%, бентосных – 2,04%, планктонно-бентосных – 46,9%, эпифитных – 2,04%. Для 20,4% видов местообитание не определено, но мы рекомендуем отнести их к планктону.

Был найден один представитель отдела Xantophyta, который относится к бентосу, и один представитель отдела Dinophyta, относящийся к планктону.

По температурной приуроченности выделено 4 экологические группы: теплолюбивые, холодолюбивые, эвритермные и индифферентные. Доминантами были эвритермные виды, составляющие 6,4% от общего количества представителей альгофлоры. Экологический тип в литературе [1] неизвестен для 111 видов, что составляет 88,0% от флоры. По нашим данным большинство таких видов мы относим к теплолюбивым.

Данные количества видов по температурной приуроченности на уровне отделов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количество видов по температурной приуроченности на уровне отделов

Отдел	Теплолюбивые (warm)	Холодолюбивые (cool)	Индифферентные (temp)	Эвритермные (etern)	Не определено
Cyanoprocaryota	1	1	-	1	28
Euglenophyta	-	-	-	6	3
Bacillariophyta	-	-	4	1	29
Chlorophyta	-	-	-	-	49
Dinophyta	-	-	-	-	1
Xantophyta	-	-	-	-	1
Всего	1	1	5	8	111

По температурной приуроченности в отделе Cyanoprocaryota количество теплолюбивых видов составило 3,22%, холодолюбивых – 3,22%, эвритермных – 3,22%; для остальных 90,32% видов экологический тип в литературе не установлен.

В отделе Euglenophyta количество эвритермных видов составило 66,7%, для остальных 33,3% экологический тип не установлен.

В отделе Bacillariophyta количество представителей умеренных видов – 11,8%, эвритермных – 2,9%, для остальных 85,2% тип не определен.

В отделах Chlorophyta, Dinophyta и Xantophyta по температурной приуроченности 100% видов не определено. Представителей этих отделов рекомендуем отнести в группу теплолюбивых видов.

По реофильности было выделено 3 экологические группы: стоячие, текущие и стояче-текущие, среди которых доминантами были виды, приуроченные к стояче-текущим водам, составляющие 37,6% всей альгофлоры. Экологический тип по реофильности не был установлен ранее для 66 видов, что составляет 52,8% от флоры. Данные виды рекомендуем отнести к стоячим водам, что обуславливается их наличием в изученных нами прудах.

Данные количества видов-индикаторов реофильности на уровне отделов приведены в табл. 3.

По реофильности в отделе Cyanoprocarvota количество видов, обитающих в стоячих водах составило 9,6%, в стояче-текучих – 19,3%, для 71,0% реофильность не определена.

В отделе Euglenophyta количество видов, обитающих в стоячих водах составило 11,1%, в стояче-текучих – 77,8%, для 11,1% реофильность не определена.

Таблица 3

Количество видов-индикаторов условий реофильности на уровне отделов

Отдел	Стоячие (st)	Текучие (str)	Стояче-текучие (st-str)	Не определено
Cyanoprocarvota	3	-	6	22
Euglenophyta	1	-	7	1
Bacillariophyta	3	2	11	18
Chlorophyta	3	-	22	24
Dinophyta	-	-	1	-
Xantophyta	-	-	-	1
Всего	10	2	47	66

В отделе Bacillariophyta количество видов, обитающих в стоячих водах составило 8,8%, в текущих – 5,9%, в стояче-текучих – 32,4%. Для 52,9% реофильность не определена, рекомендуется отнести их в группу видов, приуроченных к стоячим водам.

В отделе Chlorophyta количество видов, обитающих в стоячих водах составило 6,1%, в стояче-текучих – 44,9%. Для 49,0% экологический тип не установлен, их также рекомендуется отнести в группу видов, приуроченных к стоячим водам.

В отделе Dinophyta найден один представитель, который относится стояче-текучим водам, и составляет 100%.

В отделе Xantophyta также найден один представитель, экологический тип которого не определен, и составляет 100%.

По галобности было выделено 6 экологических групп: полигалобы, мезогалобы, индифференты, олигогалобы, галофилы и галофобы, среди которых доминантами были индифференты, составляющие 38,4% всей альгофлоры.

Экологический тип по галобности в литературе [1] не известен для 50 видов, что составляет 40% от флоры, рекомендуем отнести их в группу индифферентов, т. к. все виды были обнаружены в пресных водах.

Данные количества видов по галобности на уровне отделов приведены в табл. 4.

По галобности в отделе Cyanoprocarvota количество индифферентных видов составило 35,5%, галофилов – 29,03%. Для 35,5% галобность не определена, рекомендуем отнести их в группу индифферентов.

В отделе Euglenophyta количество мезогалобов – 44,4%, индифферентов – 11,1%. Экологический не определен для 44,4%, рекомендуем отнести их в группу индифферентов.

В отделе Bacillariophyta количество видов мезогалобов – 5,9%, галофилов – 14,7%, галофобов – 22,98%, индифферентных – 67,6%. Для 8,82% видов галобность в данном отделе не определена.

В отделе Chlorophyta количество галлофилов составило 4,08%, галофобов – 4,08%, индифферентных – 26,5%. Для 63,27% видов галобность не определена, рекомендуем отнести их в группу индифферентов.

Представитель отдела Dinophyta относится к олигогалобам.

Экологический тип представителя отдела Xantophyta не определен, рекомендуем отнести его к индифферентам.

Количество видов по галобности на уровне отделов

Отдел	Полигалобы (ph)	Мезогалобы (mh)	Индифференты (i)	Галофилы (hl)	Галофобы (hb)	Олигогалобы (oh)	Не определено
Cyanoprocarvota	-	-	11	9	-	-	11
Euglenophyta	-	4	1	-	-	-	4
Bacillariophyta	-	2	23	5	1	-	3
Chlorophyta	-	-	13	2	2	1	31
Dinophyta	-	-	-	-	-	1	-
Xantophyta	-	-	-	-	-	-	1
Всего	-	6	48	16	3	2	50

По группам индикаторам ацидификации выделено 4 экологических группы: нейтрофилы, алкалофилы, алкалобионты и ацидофилы, среди которых доминантами являлись нейтрофилы с процентом участия равным 13,6.

Данные количества видов по группам индикаторам ацидификации на уровне отделов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Количество видов по группам индикаторам ацидификации на уровне отделов

Отдел	Нейтрофилы (ind)	Алкалофилы (alf)	Алкалобионты (alb)	Ацидофилы (acf)	Не определено
Cyanoprocarvota	2	2	-	-	27
Euglenophyta	5	-	-	1	3
Bacillariophyta	8	15	1	-	10
Chlorophyta	2	-	-	-	47
Dinophyta	-	-	-	-	1
Xantophyta	-	-	-	-	1
Всего	17	17	1	1	89

По группе индикаторов ацидификации в отделе Cyanoprocarvota количество индифферентных видов составило 6,45%, алкалофилов – 6,45%, для 87,1% группа не установлена, рекомендуем отнести их в группу нейтрофилов, т. к. по отношению к рН эти виды предпочитают нейтральную среду.

В отделе Euglenophyta количество нейтрофилов составило 55,6%, ацидофилов – 11,1%. Экологический тип не установлен для 33,3% видов.

В отделе Bacillariophyta количество индифферентных видов составило 23,5%, алкалофилов – 44,1%, алкалобионт – 2,94%. Для 29,46% группа не установлена, рекомендуем отнести их в группу нейтрофилов.

В отделе Chlorophyta количество индифферентных видов составило 4,08%, для 95,91% группы индикаторов не определены, рекомендуем отнести их в группу нейтрофилов.

Экологический тип представителей отделов Euglenophyta и Xantophyta в литературе не известен. Рекомендуем отнести их в группу нейтрофилов.

Группа индикаторов по Ватанабе представлена исключительно для диатомовых водорослей. Количество видов по группе индикаторов Ватанабе приведено на рис. 1.

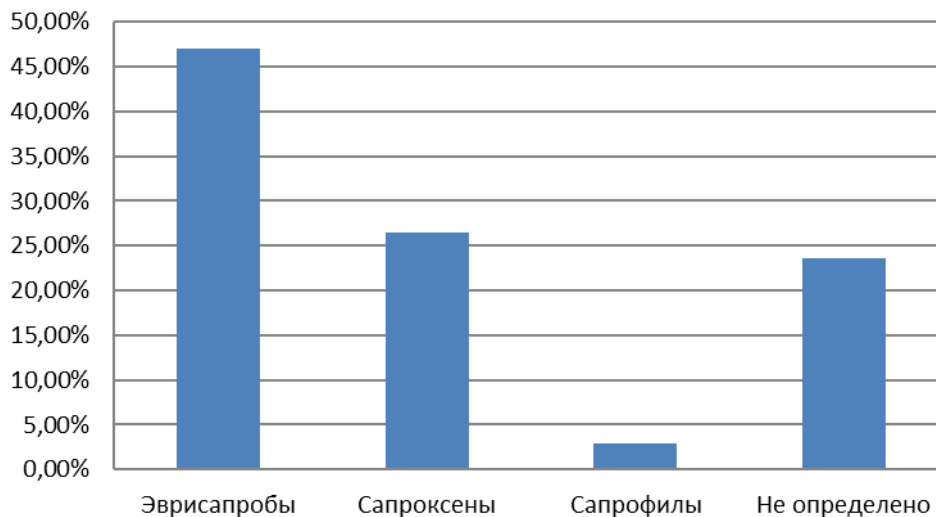


Рис. 1. Процентное соотношение видов в отделе Bacillariophyta по группам индикаторам Ватанабе

По группе индикаторов Ватанабе выделено 3 экологических группы: эврисапробы, сапроксены и сапрофилы, среди которых доминантами были эврисапробные виды, составляющие 47,05% от общего количества диатомовых водорослей прудов г. Донецка.

Экологический тип не установлен для 8 видов составляющих 23,52%.

По группе индикаторов Ватанабе в отделе Bacillariophyta количество видов сапроксенов составило 26,47%, сапрофилов – 2,94%.

По географической приуроченности выделено 5 экологических групп: голарктические, космополитные, бореальные, альпийские и палеотропические, среди которых доминантами были космополитные виды составляющие 67,2% от всей альгофлоры. Данные количества видов по географической приуроченности на уровне отделов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Количество видов по географической приуроченности на уровне отделов

Отдел	Голарктические (Ha)	Космополитные (k)	Бореальные (b)	Аркто-альпийский (a-a)	Не определено
Суанопсариота	6	20	3	1	1
Euglenophyta	3	4	-	-	2
Bacillariophyta	-	27	2	-	5
Chlorophyta	8	31	-	-	10
Dinophyta	-	1	-	-	-
Xantophyta	-	1	-	-	-
Всего	17	84	5	1	18

Экологический тип по географической приуроченности в литературе [3] не известен для 18 видов, что составляет 14,4% от флоры. Рекомендовать данные виды к какой-либо группе мы не можем, т. к. это требует дополнительных исследований.

По географической приуроченности в отделе *Suaporogaryota* количество голарктических видов составило 19,4%, космополитов – 64,5%, бореальных – 9,7%, арктоальпийских – 3,2%. Для 3,2% видов царства в литературе не определены.

В отделе *Euglenophyta* количество голарктических видов – 33,3%, космополитных – 44,4%. Экологический тип не установлен для 22,2% от всей альгофлоры.

В отделе *Vacillariophyta* количество космополитов составило 79,4%, бореальных – 5,9%, для 14,7% царства не установлены.

В отделе *Chlorophyta* количество голарктических видов 16,3%, космополитов – 63,3%. Для 20,4% видов географическая приуроченность не установлена.

Экологический тип представителей отделов *Euglenophyta* и *Xantophyta* в литературе [1] относят к космополитам.

Выводы

По данным экологического анализа установлено, что в прудах г. Донецка по приуроченности к местообитанию преобладают планктонно-бентосные виды; по температурной приуроченности большинство видов являются эвритермными; по реофильности водоросли приурочены к стояче-текучим водам. Группа индикаторов по Ватанабе представлена в большинстве эврисапробами. По галобности преобладают индифференты и галофилы. Группы индикаторов ацидификации в большинстве представлены индифферентными видами. По географической приуроченности большее количество представителей относятся к космополитам.

Для представителей альгофлоры, экологические условия которых не определены, мы рекомендуем отнести к тем, в которых они были найдены. А именно: по приуроченности к местообитанию – планктонные виды; по температурной приуроченности – теплолюбивые; по реофильности – водоросли приурочены к стоячим водам прудов; по галобности – индифференты, т. к. найдены в пресных водах; группы индикаторов ацидификации – нейтрофилы, т. к. рН прудов варьирует от 6,0 до 6,5.

Рекомендовать группы индикаторов по Ватанабе и географическую приуроченность мы не можем, т. к. это требует дополнительных исследований.

Список литературы

1. *Барина С. С.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды // С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
2. *Вайнерт Э.* Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Э. Вайнерт. – М. : Мир, 1988. – 350 с.
3. *Захаренкова Н. С.* Биоиндикационные особенности водорослей литорали Азовского моря / Н. С. Захаренкова. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 127 с.
4. *Игошкина И. Ю.* Оценка экологического состояния водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) по показателям развития фитопланктона : Дис. ... канд. биол. наук / И. Ю. Игошкина. – Омск, 2014. – 161 с.
5. *Климюк В. Н.* Температурная приуроченность водорослей планктона озер РЛП «Славянский курорт» / В. Н. Климюк, Н. М. Лялюк // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 214-217.
6. *Маркушин А. В.* Биологический анализ качества вод / А. В. Маркушин // Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1974. – 60 с.
7. *Мирненко Э. И.* Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке / Э. И. Мирненко. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 93 с.

8. Наумчук А. Э. Роль прудов-отстойников в формировании альгофлоры р. Грузская (альгофлора и экологическое состояние) / А. Э. Наумчук, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко. – Saarbrücken : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2017. – 138 с.

9. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. – 2000. – № 4. – 309 с.

10. Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк. – К. : Вища шк., 1984. – С. 61-64.

11. Чеснокова С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пос. Ч. 2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2008. – 92 с.

12. Algae of Ukraine : diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocarota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta / Eds. P. M. Tsarenko, S. P. Vasser, Eviatar Nevo. – Ruggell : A.R.G. Gantner Verlag, 2006. – 713 p.

13. Algae of Ukraine : diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta / Eds. P. M. Tsarenko, S. P. Vasser, Eviatar Nevo. – Ruggell : A.R.G. Gantner Verlag, 2009. – 413 p.

Mirnenko E. I. The correction empirical evidence a list of environmental group's algae phytoplankton in ponds of Donetsk. – The analysis of the environmental characteristics of ponds the city of Donetsk. The environmental analysis included determination of the confinement to habitat, temperature preferences, reffect, groups of indicators according to Watanabe, globest, groups of indicators of acidification and geographical positions. In the analysis of ecological groups used the system proposed by S. S. Barinova.

Key words: Donetsk, algal flora, indicator, environmental conditions, ponds.

© Ю. А. Штирц

**СИММЕТРИЧНЫЕ И АСИММЕТРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЕ
ВАРЬИРОВАНИЯ ФОРМЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POPULUS NIGRA* L.
В УСЛОВИЯХ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД
ДОКУЧАЕВСКОГО ФЛЮСО-ДОЛОМИТНОГО КОМБИНАТА**

ГУ «Донецкий ботанический сад»

283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: strelkova@i.ua

Штирц Ю. А. Симметричные и асимметричные изменения как составляющие варьирования формы листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината. – Вариабельность листовой пластинки *P. nigra* в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината определяется симметричными и асимметричными изменениями её формы, что подтверждается статистически значимыми морфогометрическими индексами. Варьирование положения подавляющей части анализируемых билатерально-симметричных меток определяется в большей степени симметричными изменениями формы листовой пластинки, чем асимметричными. Симметричные изменения затрагивают среднюю и нижнюю части листовой пластинки *P. nigra* в большей мере, чем её верхушку. Максимальные изменения, связанные с флуктуирующей асимметрией, локализованы на верхушке листовой пластинки. Наибольшая степень изменчивости, связанная с направленной асимметрией, приходится на верхушку и среднюю треть листовой пластинки.

Ключевые слова: *Populus nigra*, листовая пластинка, морфогометрические индексы, флуктуирующая асимметрия, направленная асимметрия.

Введение

Растения, произрастающие на техногенных территориях, испытывают на себе постоянное влияние неблагоприятных факторов. В этих условиях их важным свойством становится способность сохранять устойчивость и адаптироваться через изменение строения и функций к изменяющимся параметрам среды, что дает им возможность выживать при нарастающем антропогенном экологическом стрессе [29]. Листья являются наиболее чувствительными к изменениям окружающей среды органами растений, под влиянием различных факторов в них происходят морфологические изменения [11, 18, 26, 29, 46, 58]. По мнению многих авторов, изменение морфологии листьев одного и того же вида связано именно со сменой условий его произрастания [6-8, 10, 12, 14, 16, 17, 21, 22, 25, 31, 34-40, 44, 54, 64]. Внешние факторы, воздействуя на развивающиеся листья, оказывают существенное влияние на становление особенностей их окончательной структуры и формы [21, 45, 53]. Определение влияния условий произрастания растений на форму их листьев крайне трудно поддаётся непосредственному экспериментальному исследованию, но может быть учтено косвенным путём, посредством сбора материала в различных биотопах [17].

Populus nigra L. встречается в разнообразных биотопах, включая техногенные экосистемы различных типов, что даёт возможность исследовать морфологическую изменчивость его листовой пластинки в зависимости от влияния тех или иных экологических факторов.

Данный вид проявляет высокую степень устойчивости в условиях города [27]. Следует отметить также существенную роль *P. nigra* как эдификатора сообществ в городских экосистемах [41], поэтому исследование различных аспектов его морфологической изменчивости как проявления адаптации является актуальным.

Целью исследований являлась оценка симметричных и асимметричных изменений как составляющих варьирования формы листовой пластинки *P. nigra* в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Методика исследования

Сбор листьев осуществляли в летние периоды 2011-2013 гг. с нижней части кроны древесных растений зрелой стадии генеративного периода. Определение возрастного состояния деревьев проводили по системе О. В. Смирновой и др. [19]. Ввиду того, что данный вид обладает высокой склонностью к гибридизации с близкородственными видами, выбирали экземпляры растений с четко выраженными морфологическими признаками, подтверждающими видовую принадлежность. Местами сбора листьев являлись ряд отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Почвами, наиболее пригодными для видов рода *Populus*, считаются почвы с pH, равным 6-7 [32]. Экотопы отвалов Докучаевского флюсо-доломитного комбината характеризуются щелочной реакцией субстрата [13].

Листовые пластинки были отсканированы при помощи сканера Epson Perfection V33. Листовую пластинку при сканировании размещали таким образом, чтобы большая часть средней жилки располагалась вертикально. Оценка асимметрии листовых пластинок проводилась методом прокрустового анализа, являющегося аналогом двухфакторного дисперсионного анализа (образец \times сторона), с использованием программы SAGE (Symmetry and Asymmetry in Geometric Data) Version 1.21, специально разработанной для определения видов асимметрии морфогеометрическим методом. Проведена оценка асимметрии с учётом двух её видов: направленной и флуктуирующей. Под флуктуирующей асимметрией понимают незначительные и случайные (ненаправленные) отклонения от строгой симметрии биообъектов [49, 60]. Её уровень оказывается минимальным лишь при оптимальных условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях [30]. Ряд авторов [5, 20, 43, 52, 55-57] предлагают считать определение флуктуирующей асимметрии одним из морфологических методов оценки состояния и динамики биосистем, а сам показатель флуктуирующей асимметрии – индексом стабильности развития организма. Направленная асимметрия отличается от флуктуирующей тем, что значение признака на одной из сторон в среднем больше, чем на другой [15, 49, 56, 57]. Данный тип асимметрии в значительной степени детерминируется генотипически [30], что, по мнению J. H. Graham et al. [47], делает эту форму асимметрии бесполезной для изучения нестабильности развития. Флуктуирующая асимметрия позволяет определить нарушения развития, происходящие на основе одного и того же генотипа [62]. Вместе с тем, вопрос о целесообразности использования проявлений флуктуирующей асимметрии для оценки стабильности развития растений и биоиндикации состояния окружающей среды является дискуссионным и требует детальных разработок. Ряд исследователей ставят под сомнение достаточную степень информативности данного показателя [9, 28, 33, 42, 48, 61, 63, 65].

Методологический подход к выполнению исследований асимметрии морфогеометрическим методом детально описан в статьях С. Р. Klingenberg [49], С. Р. Klingenberg et al. [50], С. Р. Klingenberg, G. S. McIntyre [51], Y. Savriama, С. Р. Klingenberg [59], С. Г. Баранова [1-3], С. Г. Баранова, Н. Е. Бурдаковой [4].

Предварительно на оцифрованных изображениях с помощью компьютерной программы TPSDig 2.10 нанесены 38 меток по часовой стрелке. Первая метка была нанесена в месте прикрепления черешка, двадцатая – на верхушке листовой пластинки. Остальные метки (2-19, 21-38) были расположены по краю листовой пластинки таким образом, что образованные отрезки 2-38, 3-37, 4-36, 5-35, ..., 19-21 оказались параллельными и расположенными на равном расстоянии от соседних отрезков. При такой расстановке метки 1 и 20 оказываются непарными и определяют расположение оси симметрии, преимущественно совпадающей со средней жилкой листовой пластинки. Остальные метки (2-19 и 21-38) являются парными билатерально-симметричными точками. Для более точного нанесения меток оцифрованные изображения визуальнo совмещали с «сеткой» при помощи программы Vitrite 1.1.1.

Создавалось два экземпляра оцифрованного изображения каждой листовой пластинки, что является необходимым условием работы программы SAGE и позволяет оценить степень ошибки измерений.

Расположение меток на оцифрованном изображении листовой пластинки *P. nigra* отражено на рис. 1.

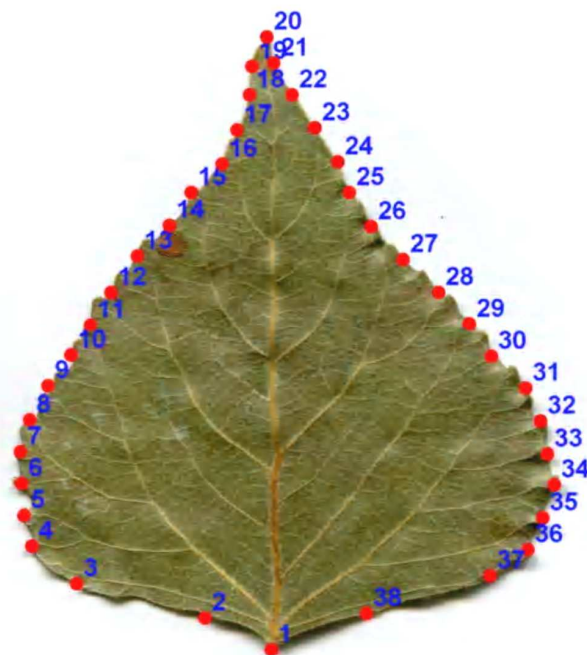


Рис. 1. Расположение меток (1-38) на оцифрованном изображении листовой пластинки *Populus nigra* L.

Морфogeометрический метод предполагает трансформацию формы листовой пластинки и дальнейший статистический анализ с использованием данных Евклидова пространства в двухмерной системе координат. Суть данного метода заключается в использовании различий координат левых и правых гомологичных структур [4]. Одним из составляющих данного подхода является метод прокрустова выравнивания. При использовании этого метода сначала выстраивается зеркальное отображение каждой половины относительно оси симметрии, затем на основе метода наименьших квадратов – симметричная фигура. Морфogeометрические индексы асимметрии рассчитываются на основании прокрустовых остатков – величин отклонения координат выбранных билатерально-симметричных точек исходного образца от симметричной усреднённой конфигурации (консенсуса) [1, 2, 4, 50]. Построение усреднённой конфигурации производится с использованием метода наименьших квадратов таким образом, чтобы её суммарные отличия от всех экземпляров в выборке были минимальны с учётом положения всех меток [23, 24].

Одно из преимуществ описываемого метода состоит в большом количестве степеней свободы, что связано с суммированием квадратов отклонений всех координат меток от соответствующих координат меток консенсуса вместо единственной суммы квадратов отклонений переменных от средней, используемой при проведении традиционного двухфакторного дисперсионного анализа [51]. Критерий Фишера, чувствительный к числу степеней свободы, повышает значимость уровня вероятности при проверке нулевой гипотезы [4].

Индекс флуктуирующей асимметрии оценивается по величине среднего квадрата взаимодействия факторов «образец» и «сторона», вычисляемой со степенями свободы $df = (n - 1) \times (2k + L - 2)$, где n – число образцов в выборке, k – количество пар билатерально-симметричных меток, L – количество меток на оси симметрии. Направленной асимметрии соответствует значение среднего квадрата фактора «сторона» с числом степеней свободы $df = (2k + L - 2)$. Средний квадрат фактора «образец» отражает индивидуальную

изменчивость, число степеней свободы вычисляется, как и в случае флуктуирующей асимметрии, по формуле $df = (n - 1) \times (2k + L - 2)$. Ошибка измерения включает погрешность изображения и нанесения меток. Число степеней свободы ошибки измерения составляет $df = (r - 1) \times n \times [2 \times (2k + L) - 4]$, где r – количество повторных измерений [2, 50]. Для более точных значений показателей флуктуирующей асимметрии, направленной асимметрии, индивидуальной изменчивости из значений средних квадратов соответствующих факторов следует вычитать значения ошибки измерения. Применительно к интерпретации результатов прокрустова дисперсионного анализа вариабельности листовой пластинки под индивидуальной изменчивостью следует понимать симметричные изменения её формы.

При постановке прокрустова дисперсионного анализа использовался пермутационный тест с числом итераций 1000.

Чтобы проследить визуально локализацию симметричных и асимметричных изменений листовой пластинки, с использованием программы SAGE проведен анализ составляющих изменчивости листовой пластинки методом главных компонент с воспроизведением тонких деформационных пластин в двухмерном пространстве.

По мнению С. Г. Баранова [2], прокрустов анализ является мощным инструментом в феногенетическом анализе популяций древесных растений.

Результаты и обсуждение

Визуализация прокрустова совмещения меток исходных образцов и их зеркальных отражений отражена на рис. 2.

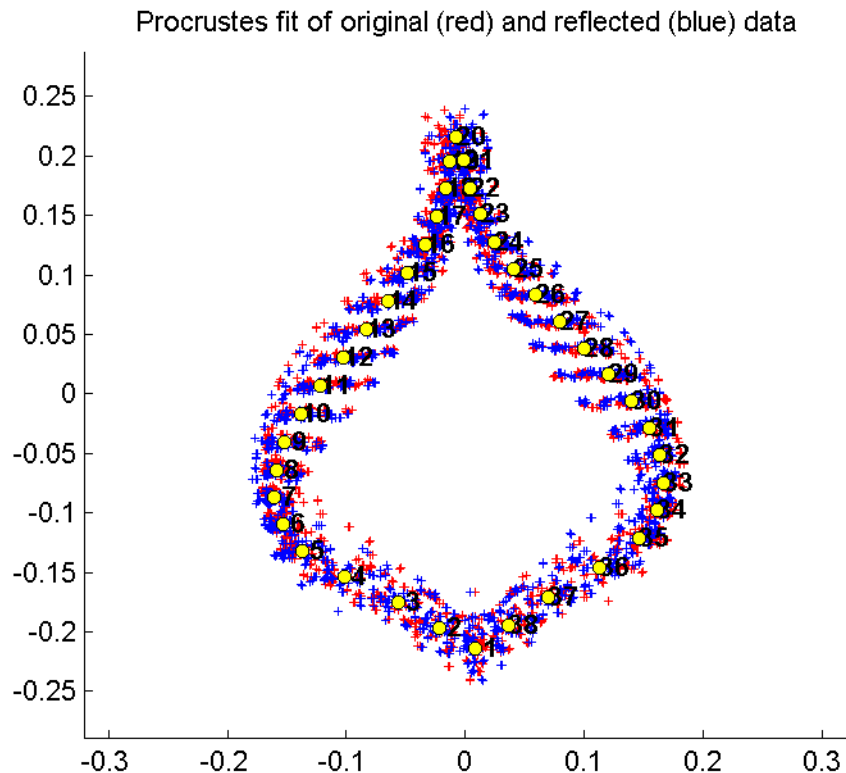


Рис. 2. Визуализация прокрустова совмещения меток исходных образцов листовой пластинки и их зеркальных отражений:

прозрачные точки – точки консенсуса листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината; «+» – обозначение исходных и отражённых меток

Результаты прокрустова дисперсионного анализа составляющих изменчивости листовой пластинки *P. nigra* в условиях отвалов вскрышных пород отражены в табл. 1.

**Результаты прокрустова дисперсионного анализа составляющих изменчивости
листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород
Докучаевского флюсо-доломитного комбината**

Источник вариации	SS	dF	MS	F	p
Образец	4,9564548	3564	0,00139070	8,0503	0,000001
Сторона	0,0204152	36	0,00056709	3,2826	0,000539
Образец × сторона	0,6157164	3564	0,00017276	204,6959	0,000001
Ошибка	0,0060489	7200	0,00000084	–	–

Примечание. SS – сумма квадратов, dF – число степеней свободы, MS – средний квадрат, F – значение критерия Фишера, p – уровень значимости.

Согласно данным табл. 1, значения морфogeометрических индексов флуктуирующей и направленной асимметрии листовой пластинки *P. nigra* и её симметричных изменений статистически значимы для анализируемой выборки.

Составляющие варьирования положения каждой в отдельности из анализируемых меток листовой пластинки *P. nigra* в условиях отвалов вскрышных пород отражены в табл. 2.

**Составляющие варьирования положения анализируемых меток листовой пластинки
Populus nigra L. в условиях отвалов вскрышных пород
Докучаевского флюсо-доломитного комбината**

Номер метки	Образец	Сторона	Образец × сторона	Ошибка
1	$1,5716 \times 10^{-6}$	$0,0000 \times 10^{-6}$	$7,2837 \times 10^{-6}$	$0,0181 \times 10^{-6}$
2	$8,0013 \times 10^{-6}$	$0,0000 \times 10^{-6}$	$3,5853 \times 10^{-6}$	$0,0217 \times 10^{-6}$
3	$16,0100 \times 10^{-6}$	$0,0000 \times 10^{-6}$	$2,3651 \times 10^{-6}$	$0,0225 \times 10^{-6}$
4	$12,7526 \times 10^{-6}$	$0,0214 \times 10^{-6}$	$4,7180 \times 10^{-6}$	$0,0151 \times 10^{-6}$
5	$9,6329 \times 10^{-6}$	$0,0740 \times 10^{-6}$	$3,1857 \times 10^{-6}$	$0,0213 \times 10^{-6}$
6	$4,9710 \times 10^{-6}$	$0,3173 \times 10^{-6}$	$1,4308 \times 10^{-6}$	$0,0233 \times 10^{-6}$
7	$2,2573 \times 10^{-6}$	$0,5324 \times 10^{-6}$	$1,2340 \times 10^{-6}$	$0,0168 \times 10^{-6}$
8	$1,9588 \times 10^{-6}$	$0,5072 \times 10^{-6}$	$1,5056 \times 10^{-6}$	$0,0198 \times 10^{-6}$
9	$4,6153 \times 10^{-6}$	$0,4644 \times 10^{-6}$	$1,5031 \times 10^{-6}$	$0,0194 \times 10^{-6}$
10	$8,6498 \times 10^{-6}$	$0,3963 \times 10^{-6}$	$1,5676 \times 10^{-6}$	$0,0187 \times 10^{-6}$
11	$12,8995 \times 10^{-6}$	$0,1317 \times 10^{-6}$	$1,6177 \times 10^{-6}$	$0,0159 \times 10^{-6}$
12	$15,7206 \times 10^{-6}$	$0,0835 \times 10^{-6}$	$0,9264 \times 10^{-6}$	$0,0215 \times 10^{-6}$
13	$16,0047 \times 10^{-6}$	$0,0424 \times 10^{-6}$	$1,1443 \times 10^{-6}$	$0,0182 \times 10^{-6}$
14	$12,8985 \times 10^{-6}$	$0,0365 \times 10^{-6}$	$0,9796 \times 10^{-6}$	$0,0197 \times 10^{-6}$
15	$9,3650 \times 10^{-6}$	$0,1349 \times 10^{-6}$	$0,9689 \times 10^{-6}$	$0,0208 \times 10^{-6}$
16	$5,9915 \times 10^{-6}$	$0,1303 \times 10^{-6}$	$1,4591 \times 10^{-6}$	$0,0149 \times 10^{-6}$
17	$3,9804 \times 10^{-6}$	$0,0929 \times 10^{-6}$	$1,2416 \times 10^{-6}$	$0,0207 \times 10^{-6}$
18	$3,1266 \times 10^{-6}$	$0,0190 \times 10^{-6}$	$1,7812 \times 10^{-6}$	$0,0146 \times 10^{-6}$
19	$2,7363 \times 10^{-6}$	$0,1197 \times 10^{-6}$	$3,2887 \times 10^{-6}$	$0,0139 \times 10^{-6}$
20	$0,0000 \times 10^{-6}$	$0,8126 \times 10^{-6}$	$9,6670 \times 10^{-6}$	$0,0202 \times 10^{-6}$
21	$2,7363 \times 10^{-6}$	$0,1197 \times 10^{-6}$	$3,2887 \times 10^{-6}$	$0,0139 \times 10^{-6}$
22	$3,1266 \times 10^{-6}$	$0,0190 \times 10^{-6}$	$1,7812 \times 10^{-6}$	$0,0146 \times 10^{-6}$
23	$3,9804 \times 10^{-6}$	$0,0929 \times 10^{-6}$	$1,2416 \times 10^{-6}$	$0,0207 \times 10^{-6}$

Номер метки	Образец	Сторона	Образец × сторона	Ошибка
24	$5,9915 \times 10^{-6}$	$0,1303 \times 10^{-6}$	$1,4591 \times 10^{-6}$	$0,0149 \times 10^{-6}$
25	$9,3650 \times 10^{-6}$	$0,1349 \times 10^{-6}$	$0,9689 \times 10^{-6}$	$0,0208 \times 10^{-6}$
26	$12,8985 \times 10^{-6}$	$0,0365 \times 10^{-6}$	$0,9796 \times 10^{-6}$	$0,0197 \times 10^{-6}$
27	$16,0047 \times 10^{-6}$	$0,0424 \times 10^{-6}$	$1,1443 \times 10^{-6}$	$0,0182 \times 10^{-6}$
28	$15,7206 \times 10^{-6}$	$0,0835 \times 10^{-6}$	$0,9264 \times 10^{-6}$	$0,0215 \times 10^{-6}$
29	$12,8995 \times 10^{-6}$	$0,1317 \times 10^{-6}$	$1,6177 \times 10^{-6}$	$0,0159 \times 10^{-6}$
30	$8,6498 \times 10^{-6}$	$0,3963 \times 10^{-6}$	$1,5676 \times 10^{-6}$	$0,0187 \times 10^{-6}$
31	$4,6153 \times 10^{-6}$	$0,4644 \times 10^{-6}$	$1,5031 \times 10^{-6}$	$0,0194 \times 10^{-6}$
32	$1,9588 \times 10^{-6}$	$0,5072 \times 10^{-6}$	$1,5056 \times 10^{-6}$	$0,0198 \times 10^{-6}$
33	$2,2573 \times 10^{-6}$	$0,5324 \times 10^{-6}$	$1,2340 \times 10^{-6}$	$0,0168 \times 10^{-6}$
34	$4,9710 \times 10^{-6}$	$0,3173 \times 10^{-6}$	$1,4308 \times 10^{-6}$	$0,0233 \times 10^{-6}$
35	$9,6329 \times 10^{-6}$	$0,0740 \times 10^{-6}$	$3,1857 \times 10^{-6}$	$0,0213 \times 10^{-6}$
36	$12,7526 \times 10^{-6}$	$0,0214 \times 10^{-6}$	$4,7180 \times 10^{-6}$	$0,0151 \times 10^{-6}$
37	$16,0100 \times 10^{-6}$	$0,0000 \times 10^{-6}$	$2,3651 \times 10^{-6}$	$0,0225 \times 10^{-6}$
38	$8,0013 \times 10^{-6}$	$0,0000 \times 10^{-6}$	$3,5853 \times 10^{-6}$	$0,0217 \times 10^{-6}$

В вариабельность положения большинства анализируемых меток листовой пластинки *P. nigra* симметричные изменения вносят больший вклад, чем асимметричные (см. табл. 2). Исключением из числа парных билатерально-симметричных меток являются метки 19 и 21, соответствующие верхушке листовой пластинки (см. рис. 1): суммарный вклад двух видов асимметрии превышает симметричные изменения. Вклад составляющих варьирования положения непарных меток относительно оси симметрии усреднённой конфигурации несколько иной. Вариабельность положения метки 1, соответствующей месту прикрепления черешка, определяется флуктуирующей асимметрией и, в меньшей степени, симметричными изменениями; метки 20, соответствующей точке окончания верхушки листовой пластинки, – асимметричными изменениями: флуктуирующей асимметрией в большей мере, чем направленной.

Следует отметить, что согласно методическим подходам, изложенным в работе С. Р. Klingenberg, G. S. McIntyre [51], данные табл. 2 не могут быть интерпретированы как вклад отдельных меток в общую вариацию.

Симметричные изменения листовой пластинки *P. nigra* могут быть описаны двадцатью главными компонентами ковариационной матрицы. Первая компонента описывает 63,63% изменения формы, вторая – 25,51%. Суммарно первая и вторая компоненты отражают 89,14% симметричных изменений формы листовой пластинки. Вклад каждой из остальных 18 компонент не превышает 10,00%.

Визуализация локализации симметричных изменений листовой пластинки *P. nigra* в условиях отвалов вскрышных пород, полученная в результате проведения анализа главных компонент с воспроизведением тонких деформационных пластин в двухмерном пространстве, отражена на рис. 3 и 4.

По первой компоненте ковариационной матрицы (см. рис. 3) максимальная степень симметричных изменений приходится на метки средней части, по второй – на метки нижней трети листовой пластинки *P. nigra* (см. рис. 4).

Изменчивость, связанная с проявлением флуктуирующей асимметрии, также может быть описана двадцатью главными компонентами ковариационной матрицы. Первая компонента описывает 43,88% изменения формы, вторая – 16,99%, третья – 13,27%, четвёртая – 11,97%. Суммарно первые четыре компонента описывают 86,11% изменения формы листовой пластинки, связанного с проявлением флуктуирующей асимметрии. Вклад каждой из остальных 16 компонент не превышает 10,00%.

Визуализация локализации флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *P. nigra* отражена на рис. 5-8.

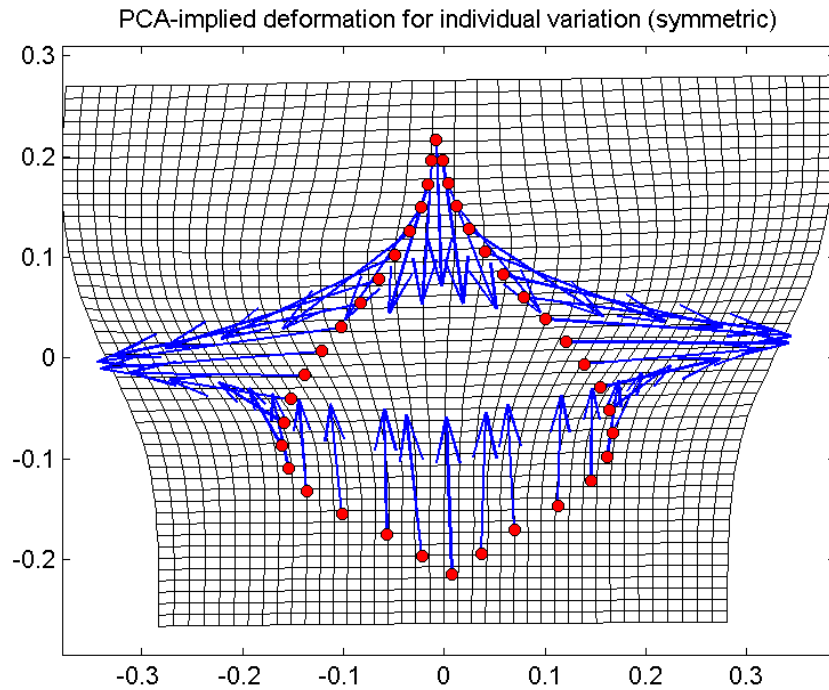


Рис. 3. Деформация тонкой решётки в двухмерном пространстве, отражающая симметричные изменения листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отгалов вскрышных пород Докучаевского флюсодоломитного комбината.

Для построения использована первая компонента ковариационной матрицы, объясняющая 63,63% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

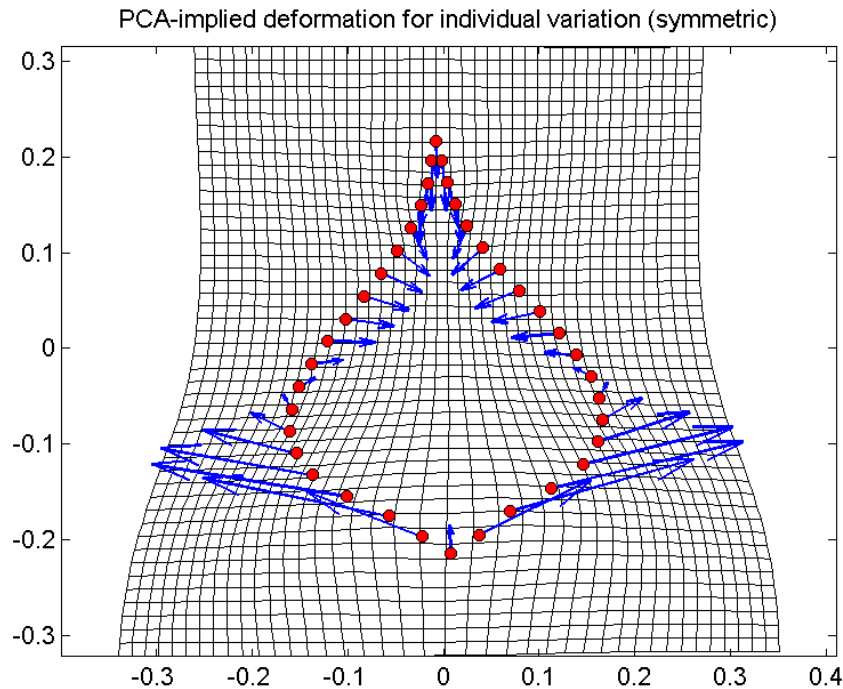


Рис. 4. Деформация тонкой решётки в двухмерном пространстве, отражающая симметричные изменения листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отгалов вскрышных пород Докучаевского флюсодоломитного комбината.

Для построения использована вторая компонента ковариационной матрицы, объясняющая 25,51% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

PCA-implied deformation for individual x side interaction (fluctuating asymmetry)

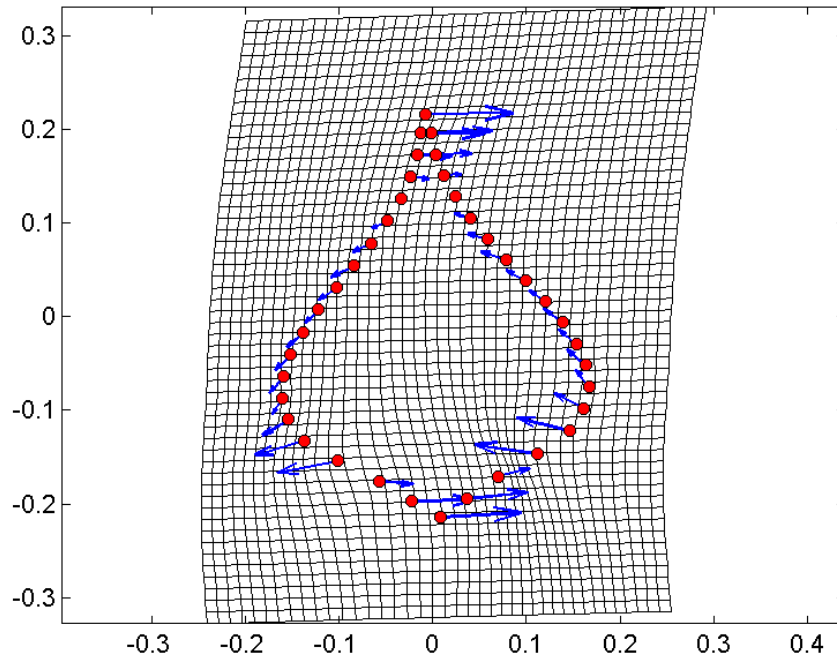


Рис. 5. Деформация тонкой решётки в двумерном пространстве, отражающая флуктуирующую асимметрию листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Для построения использована первая компонента ковариационной матрицы, объясняющая 43,88% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

PCA-implied deformation for individual x side interaction (fluctuating asymmetry)

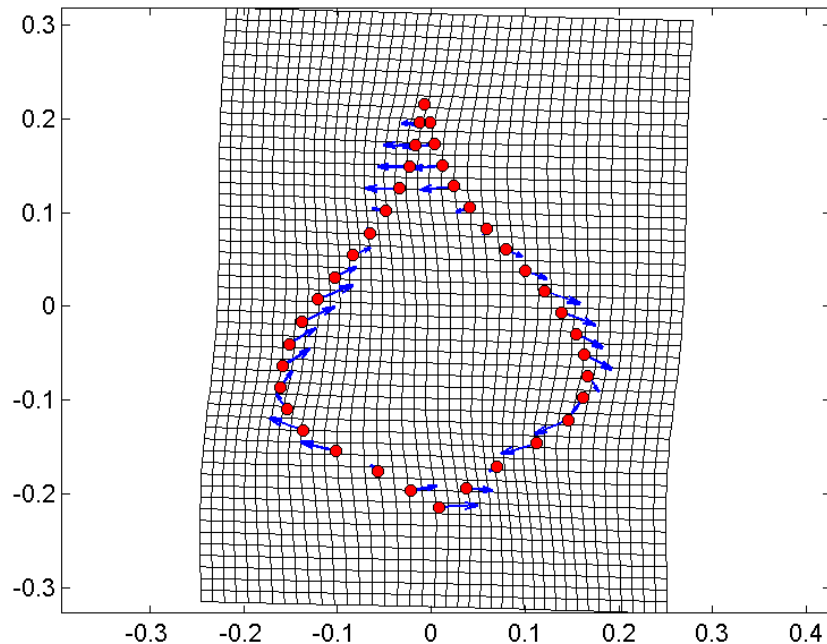


Рис. 6. Деформация тонкой решётки в двумерном пространстве, отражающая флуктуирующую асимметрию листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Для построения использована вторая компонента ковариационной матрицы, объясняющая 16,99% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

PCA-implied deformation for individual x side interaction (fluctuating asymmetry)

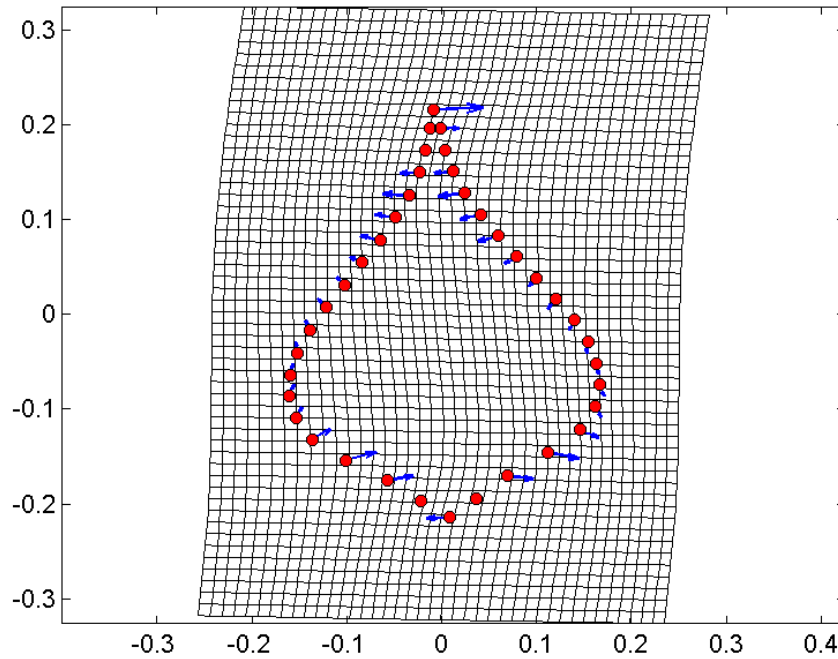


Рис. 7. Деформация тонкой решётки в двухмерном пространстве, отражающая флуктуирующую асимметрию листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Для построения использована третья компонента ковариационной матрицы, объясняющая 13,27% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

PCA-implied deformation for individual x side interaction (fluctuating asymmetry)

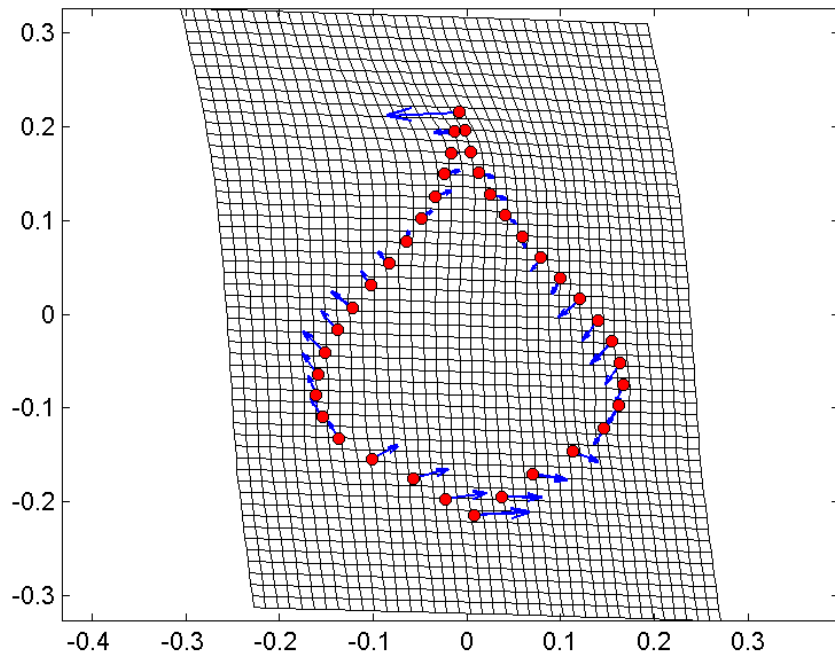


Рис. 8. Деформация тонкой решётки в двухмерном пространстве, отражающая флуктуирующую асимметрию листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Для построения использована четвёртая компонента ковариационной матрицы, объясняющая 11,97% дисперсии прокрустовых остатков. Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

По первой и четвёртой компонентам ковариационной матрицы (см. рис. 5 и 8) максимальная степень изменчивости листовой пластинки, связанная с флуктуирующей асимметрией, приходится на верхушку и основание листовой пластинки. По второй компоненте – на ряд меток верхней и средней части листа, а также на метку, соответствующую месту прикрепления черешка (см. рис. 6). Согласно третьей компоненте ковариационной матрицы, максимальная степень изменчивости, связанная с флуктуирующей асимметрией, соответствует верхушке листовой пластинки (см. рис. 7).

Изменчивость, связанная с направленной асимметрией, описывается одной компонентой ковариационной матрицы, которая отражает 100,00% изменений формы по данному показателю.

Визуализация локализации направленной асимметрии листовой пластинки *P. nigra* отражена на рис. 9.

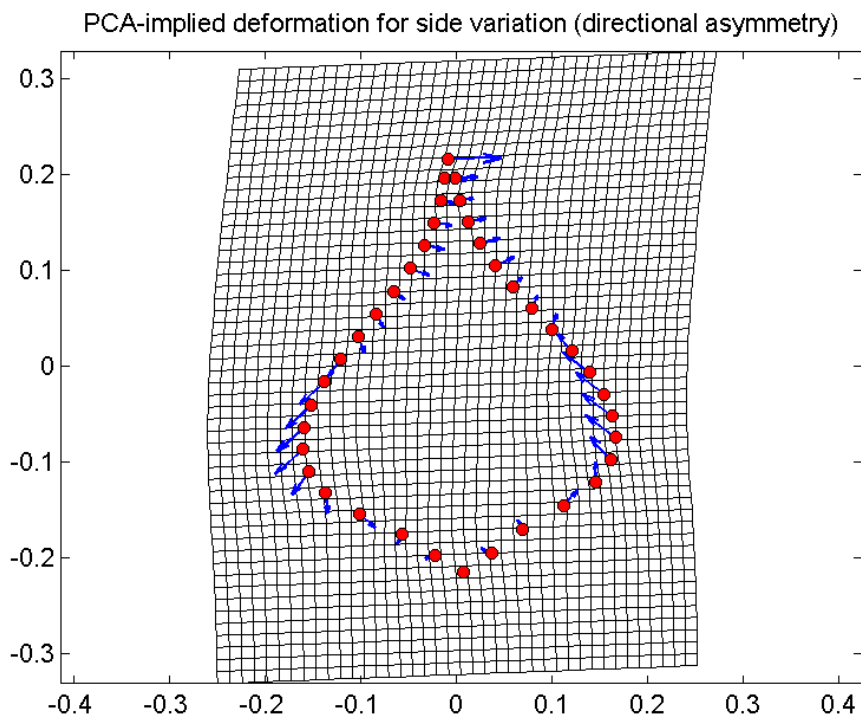


Рис. 9. Деформация тонкой решётки в двумерном пространстве, отражающая направленную асимметрию листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

Направление векторов соответствует направлению отклонения расположения меток от усреднённой конфигурации (консенсуса) листовой пластинки, длины векторов пропорциональны степени отклонения

Максимальная степень изменчивости листовой пластинки, связанная с направленной асимметрией, приходится на верхушку и среднюю треть листовой пластинки *P. nigra* (см. рис. 9).

Выводы

Вариабельность листовой пластинки *P. nigra* определяется симметричными и асимметричными изменениями её формы, что подтверждается статистически значимыми морфogeометрическими индексами. Асимметричные изменения характеризуются проявлением как флуктуирующей, так и направленной асимметрии.

В вариабельность различных частей листовой пластинки *P. nigra*, определяемую положением нанесённых меток, симметричные и асимметричные изменения как составляющие варьирования вносят различный вклад. Вариабельность положения подавляющей части анализируемых билатерально-симметричных меток определяется в

большей степени симметричными изменениями формы листовой пластинки, чем асимметричными.

Симметричные изменения затрагивают среднюю и нижнюю части листовой пластинки *P. nigra* в большей степени, чем её верхушку. Максимальные изменения, связанные с флуктуирующей асимметрией, локализованы на верхушке листовой пластинки. Наибольшая степень изменчивости, связанная с направленной асимметрией, приходится на верхушку и среднюю треть листовой пластинки.

Список литературы

1. Баранов С. Г. Использование морфометрического метода для определения флуктуирующей асимметрии липы мелколистной / С. Г. Баранов // Биозащита и биобезопасность. – 2014. – Т. VI. – С. 10-17.
2. Баранов С. Г. Феногенетический аспект асимметрии листовых пластин *Betula pendula* Roth / С. Г. Баранов // Науч. ведомости. Сер. Естеств. науки. – 2016 а. – № 11 (232), вып. 35. – С. 10-20.
3. Баранов С. Г. Опыт использования программы MorfoJ для тестирования фенотипической и генотипической изменчивости (на примере популяций дуба черешчатого) / С. Г. Баранов // Экологическая генетика. – 2016 б. – Т. XIV, № 4. – С. 3-13. <http://dx.doi.org/10.17816/ecogen 1443-13>
4. Баранов С. Г. Оценка стабильности развития. Методические подходы : учеб. пособие / С. Г. Баранов, Н. Е. Бурдакова. – Владимир : Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2015. – 72 с.
5. Баранов С. Г. Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластин *Betula pendula* Roth / С. Г. Баранов, Д. Е. Гавриков // Наука XXI века : матер. Междунар. науч. конф. – Белгород, 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.rusnauka.com/14_APSN_2008/Ecologia/32522.doc.htm
6. Бессонова Н. В. Использование метода биоиндикации для оценки экологического состояния различных районов в г. Хабаровске / Н. В. Бессонова // Леса России в XXI веке : матер. I Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (июль 2009 г.). – СПб. : ЛТА, 2009. – С. 11-13.
7. Бузук Г. Н. Морфометрия лекарственных растений. 3. *Vaccinium myrtillus* L.: взаимосвязь размеров, формы и химического состава листьев / Г. Н. Бузук, О. А. Ёршик, Н. А. Кузьмичева // Вестник фармации. – 2007. – № 2 (36). – С. 26-37.
8. Бухарина И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, К.Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
9. В градиенте влияния выбросов Карабашского медеплавильного комбината изменяется размер, но не флуктуирующая асимметрия листа березы повислой / Е. В. Коротеева, Д. В. Веселкин, Н. Б. Куянцева, О. Е. Чащина // Докл. РАН. – 2015. – Т. 460, № 3. – С. 364-367.
10. Ёршик О. А. Морфометрия сабельника болотного: взаимосвязь размеров, формы и химического состава листьев / О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Вестн. фармации. – 2009. – № 1 (43). – С. 13-27.
11. Жамурина Н. А. Оценка состояния насаждений урочища Качкарский мар / Н. А. Жамурина, Е. М. Ангальт, О. А. Волохина // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 22-26.
12. Жуков А. В. Оценка методами геометрической морфометрии морфологической изменчивости листовых пластинок *Betula pendula* Roth в экосистемах с различной степенью антропогенной трансформации / А. В. Жуков, Ю. А. Штирц, С. П. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1 (11). – С. 128-134.

13. Жуков С. П. Растения, устойчивые к повышенной кислотности почв, в фитоценозах отвалов Донбасса / С. П. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1 (11). – С. 230-234.
14. Зайцева И. О. Біоекологічні механізми адаптації деревних інтродуцентів у степовій зоні України : автореф. дис. ... д-ра біол. наук / І. О. Зайцева. – Дніпропетровськ, 2012. – 40 с.
15. Захаров В. М. Асимметрия животных / В. М. Захаров. – М. : Наука, 1987. – 216 с.
16. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников / [В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов и др.]. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 66 с.
17. Исаков В. Н. Исследование морфологии листа древесных средствами автоматизации / В. Н. Исаков, Л. И. Висковатова, Я. Я. Лейшовник. – Рига : Зинатне, 1984. – 196 с.
18. Калякина Р. Г. Влияние удаленности от автомобильной дороги на величину асимметрии листовой пластинки березы повислой / Р. Г. Калякина, А. С. Журавлев, А. А. Дмитриев // Лес-2017 : матер. XVIII Междунар. науч.-техн. конф. (Брянск, 1 мая – 1 июня 2017 г.). – Брянск, 2017. – № 47. – С. 113-116. – [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.science-bsea.bgita.ru/2017/les_2017/kalyakina_ud1.htm
19. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений различных биоморф / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, Н. А. Таронова, Л. Д. Фаликов // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М. : Наука, 1976. – Ч. I. – С. 14-43.
20. Кряжева Н. Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, В. М. Захаров // Экология. – 1996. – № 6. – С. 441-444.
21. Мигалина С. В. Размеры листа берёзы как индикатор её продуктивности вдали от климатического оптимума / С. В. Мигалина, Л. А. Иванова, А. К. Махнев // Физиол. раст. – 2009. – Т. 56, № 6. – С. 948-953.
22. Нижегородцев А. А. Псевдосимметрия растительных объектов как биоиндикационный показатель : теоретическое обоснование, автоматизация оценок, апробация : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Нижегородцев. – Нижний Новгород, 2010. – 24 с.
23. Павлинов И. Я. Геометрическая морфометрия – новый аналитический подход к сравнению компьютерных образов / И. Я. Павлинов // Информационные и телекоммуникационные ресурсы в зоологии и ботанике. – СПб., 2001. – С. 65-90.
24. Павлинов И. Я. Принципы и методы геометрической морфометрии / И. Я. Павлинов, Н. Г. Микешина // Журн. общ. биол. – 2002. – Т. 63, № 6. – С. 473-493.
25. Погоцкая А. А. Морфометрия *Chelidonium majus* L.: взаимосвязь размеров, формы листа и содержания алкалоидов и фенольных соединений / А. А. Погоцкая, Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Вестн. фармации. – 2010. – № 3 (49). – С. 26-39.
26. Полонский В. И. Использование флуктуирующей асимметрии супротивных листьев *Syringa josikaea* Jacq. в биоиндикации загрязнения г. Красноярска / В. И. Полонский // Биол. науки. – 2016. – С. 77-82.
27. Поляков А. К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / А. К. Поляков. – Донецк : Ноулидж (Донецкое отделение), 2009. – 269 с.
28. Рахмангулов Р. С. Флуктуирующая асимметрия – показатель дестабилизации или поиск путей адаптивного морфогенеза? / Р. С. Рахмангулов, А. Р. Ишбирдин, А. С. Салпагарова // Вестн. Башкирского ун-та. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 831-834.
29. Стаковецкая О. К. Оценка экологического состояния воздушной среды методами биоиндикации / О. К. Стаковецкая, Н. А. Куликова, Е. С. Советова. – 2012. – [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.rusnauka.com/10_DN_2012/Ecologia/6_106476.doc.htm
30. Статистический анализ флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков разноцветной ящурки *Eremias arguta* / Д. Б. Гелашвили, В. Н. Якимов, В. В. Логинов,

Г. В. Епланова // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии : сб. науч. тр. – Тольятти, 2004. – Вып. 7. – С. 45-59.

31. Трубина Л. К. Компьютерный анализ изображений листовых пластин *Potentilla fruticosa* для биоиндикации урбанизированных территорий / Л. К. Трубина, Е. П. Храмова, А. Ю. Луговская // Экол. и природопользование. Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 263-273.

32. Филимонова В. Д. Культура тополей за границей / В. Д. Филимонова. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – С. 1-135.

33. Флуктуирующая асимметрия и случайная фенотипическая изменчивость в популяционных исследованиях: история, достижения, проблемы, перспективы / Д. Л. Лайус, Д. Х. Грэм, М. В. Католикова, А. О. Юрцева // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 3 : Биол. – 2009. – № 3. – С. 98-110.

34. Хузина Г. Р. Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) / Г. Р. Хузина // Вестник Удмурдского университета. Сер. Биол. – 2010. – Вып. 3. – С. 53-57.

35. Штирц Ю. А. Варьирование размера листовой пластинки *Acer pseudoplatanus* L. в условиях придорожных экосистем города Донецка / Ю. А. Штирц // Регуляция роста, развития и продуктивности растений : матер. VII Междунар. науч. конф. (Минск, 26–28 октября 2011 г.). – Минск : Право и экономика, 2011. – С. 228.

36. Штирц Ю. А. Варьирование размеров листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях промышленных отвалов Донецкой области / Ю. А. Штирц // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель : матер. IX Всеросс. науч. конф. с междунар. участием (Екатеринбург, 20–25 августа 2012 г.). – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та ИПЦ УрФУ, 2012 а. – С. 305-310.

37. Штирц Ю. А. Оценка изменчивости верхушки и основания листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях промышленных отвалов / Ю. А. Штирц // Промышленная ботаника : сб. науч. тр. – Донецк : Донецкий ботанический сад, 2012 б. – Вып. 12. – С. 31-36.

38. Штирц Ю. А. Морфологическое разнообразие листовых пластинок *Populus nigra* L. в условиях промышленных отвалов / Ю. А. Штирц // Промышленная ботаника : сб. науч. тр. – Донецк : Донецкий ботанический сад, 2013. – Вып. 13. – С. 116-124.

39. Штирц Ю. А. Морфологические параметры листовой пластинки *Betula pendula* Roth в условиях придорожных территорий автотранспортных магистралей г. Донецка / Ю. А. Штирц // Інтродукція, збереження та моніторинг рослинного різноманіття : матер. Міжнар. наук. конф. до 175-річчя Бот. саду ім. акад. О. В. Фоміна Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка (Київ, 20–24 травня 2014 р.). – К. : ПАЛИВОДА А. В., 2014. – С. 217-218.

40. Штирц Ю. А. Изменчивость степени изрезанности края листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях промышленных отвалов / Ю. А. Штирц // Acta Biologica Sibirica. – 2017. – Vol. 3 (2). – P. 46-51. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v3i2.2731>

41. Штирц Ю. А. Консортивные связи птиц с древесными автотрофами в условиях урбанизированного ландшафта Донбасса / Ю. А. Штирц, А. Д. Штирц // Вісник Донецького університету. Сер. А. : Природн. науки. – 2004. – Вип. 1, ч. 2. – С. 411-416.

42. Black-Samuelsson S. The effect of nutrient stress on developmental instability in leaves of *Acer platanoides* (Aceraceae) and *Betula pendula* (Betulaceae) / S. Black-Samuelsson, S. Andersson // Amer. J. of Botany. – 2003. – Vol. 90 (8). – P. 1107-1112. <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.90.8.1107>

43. Cowart N. M. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.) / N. M. Cowart, J. H. Graham // Int. J. Plant Sci. – 1999. – Vol. 160. – P. 116-121. <http://dx.doi.org/10.1086/314104>

44. Givnish T. J. Ecological aspects of plant morphology: leaf form in relation to environment / T. J. Givnish // Acta Biotheor. – 1978. – Vol. 27. – P. 83-142.

45. Givnish T. J. Leaf and canopy adaptations in tropical forests / T. J. Givnish // Physiological ecology of plants of the wet tropics. Tasks for vegetation Science 12. – 1984. – P. 51-84. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-7299-5_6
46. Givnish T. J. Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints / T. J. Givnish // New Phytologist. – 1987. – Vol. 106 (s1). – P. 131-160. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04687.x>
47. Graham J. H. Antisymmetry, directional asymmetry, and dynamic morphogenesis / J. H. Graham, D. C. Freeman, J. M. Emlen // Genetica. – 1993. – Vol. 89(1-3). – P. 121-137. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02424509>
48. Is fluctuating asymmetry a reliable biomonitor of stress? A test using life history parameters in soybean / A. Premchand, F. Mawri, S. Gladstone, D.C. Freeman // Int. J. of Plant Sciences. – 1998. – Vol. 159 (4). – P. 559-565.
49. Klingenberg C. P. Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics: concepts, methods, and applications / C. P. Klingenberg // Symmetry. – 2015. – Vol. 7. – P. 843-934. <http://dx.doi.org/10.3390/sym7020843>
50. Klingenberg C. P. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry / C. P. Klingenberg, M. Barluenga, A. Meyer // Evolution. – 2002. – Vol. 56. – P. 1909-1920.
51. Klingenberg C. P. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods / C. P. Klingenberg, G. S. McIntyre // Evolution. – 1998. – Vol. 52 (5). – P. 1363-1375.
52. Møller A. P. Asymmetry, developmental stability and evolution / A. P. Møller, J. P. Swaddle. – Oxford : Oxford Univ. Press, 1997. – 291 p.
53. Niinemets Ü. Variability in leaf morphology and chemical composition as a function of canopy light environment in coexisting deciduous trees / Ü. Niinemets, O. Kull, J. D. Tenhunen // Int. J. of Plant Sciences. – 1999. – Vol. 160. – P. 837-848.
54. Niinemets Ü. Leaf shape and venation pattern alter the support investments within leaf lamina in temperate species: a neglected source of leaf physiological differentiation / Ü. Niinemets, A. Portsmouth, M. Tobias // Funct. Ecol. – 2007. – Vol. 21. – P. 28-40.
55. Palmer A. R. Fluctuating asymmetry analyses : a primer. Developmental instability : Its origins and evolutionary implications / A. R. Palmer // Contemporary issues in genetics and evolution. – 1994. – P. 335–364. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-0830-0_26
56. Palmer A. R. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns / A. R. Palmer, C. Strobeck // Ann. Rev. of Ecol. and Systematics. – 1986. – Vol. 17. – P. 391-421.
57. Palmer A. R. Fluctuating asymmetry analysis revisited / A. R. Palmer, C. Strobeck // Developmental instability (DI): causes and consequences. – Oxford : Oxford University Press, 2003. – 484 p.
58. Roy B. A. Asymmetry of wild mustard, *Sinapis arvensis* (Brassicaceae), in response to severe physiological stresses / B. A. Roy, M. L. Stanton // J. of Evol. Biol. – 1999. – Vol. 12. – P. 440-449.
59. Savriama Y. Beyond bilateral symmetry: geometric morphometric methods for any type of symmetry / Y. Savriama, C. P. Klingenberg // Evol. Biol. – 2011. – Vol. 11. – P. 280. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-280>
60. Swaddle J. P. Fluctuating asymmetry, animal behavior and evolution / J. P. Swaddle // Advances in the study of behavior. – 2003. – Vol. 32. – P. 169-205.
61. The effect of air pollution and other environmental stressors on leaf fluctuating asymmetry and specific leaf area of *Salix alba* L. / [T. Wuytacka, K. Wuytsa, S. van Dongenc et al.] // Env. Pollution. – 2011. – Vol. 159 (10). – P. 2405–2411. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.037>
62. Thoday J. M. Homeostasis in a selection experiment / J. M. Thoday // Heredity. – 1958. – Vol. 12, N 4. – P. 401-415.

63. *Velickovica M.* Leaf fluctuating asymmetry of common plantain as an indicator of habitat quality / M. Velickovica, S. Perisica // *Plant Biosystems*. – 2006. – Vol. 140 (2). – P. 138-145. <http://dx.doi.org/10.1080/11263500600756322>

64. *Vogel S.* Leaves in the lowest and highest winds: temperature, force and shape / S. Vogel // *New Phytologist*. – 2009. – Vol. 183. – P. 13-26.

65. *Wilsey B. J.* Leaf fluctuating asymmetry in tree-line mountain birches, *Betula pubescens* ssp. *tortuosa*: genetic or environmentally influenced? / B. J. Wilsey, I. Saloniemi // *Oikos*. – 1999. – Vol. 87 (2). – P. 341-345. <http://dx.doi.org/10.2307/3546749>

Shtirts Yu. A. Symmetrical and asymmetrical changes as components of the variation of the leaf blade shape of the *Populus nigra* L. under the conditions of the overburden rock dumps of the Dokuchaevsk flux-dolomite plant. – The symmetrical and asymmetrical changes in the shape of the *P. nigra* leaf blade in the conditions of the overburden rock dumps of the Dokuchaevsk flux-dolomite combine were evaluated. The variability of *P. nigra* leaf blade is determined by symmetrical and asymmetrical changes in its shape, which is confirmed by statistically significant morpho-geometric indices. The variability of the position of the overwhelming majority of the analyzed bilaterally symmetric marks is determined by the symmetrical changes in the shape of the leaf blade in a greater degree than by the asymmetrical ones. Symmetrical changes affect the middle and lower parts of *P. nigra* leaf blade in a greater extent than its apex. The maximum changes associated with fluctuating asymmetry are localized at the top of the leaf blade. The greatest degree of variability associated with directional asymmetry occurs at the top and at the middle third of the leaf blade.

Key words: *Populus nigra*, leaf blade, morpho-geometric indices, fluctuating asymmetry, directed asymmetry.

УДК 595.794 : 638.19

© А. В. Амолин

**К ИЗУЧЕНИЮ СТАЦИЙ ГНЕЗДОВАНИЯ ОС-ВЕСПИИ (HYMENOPTERA:
VESPIDAE, VESPINAE) В УРБОЛАНДШАФТАХ ДОНЕЦКОГО КРЯЖА
(НА ПРИМЕРЕ Г. ДОНЕЦКА)**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: a.amolin@mail.ru

Амолин А. В. К изучению стаций гнездования ос-веспин (Hymenoptera: Vespidae, Vespinae) в урболодшафтах Донецкого края (на примере г. Донецка). – Рассмотрены стации гнездования трех видов ос-веспин обитающих в г. Донецке. Установлено, что *Vespa crabro* в пределах г. Донецка является малочисленным видом, приуроченным к рекреационным лесным массивам, байрачным лесам и лесопаркам. Этот вид строит свои гнезда в дуплах старовозрастных полевых кленов (*Acer campestre*), а также на чердаках заброшенных, нежилых строений. Вид *Vespula germanica* в г. Донецке является самым многочисленным видом среди всех видов ос подсемейства Vespinae. Гнезда этого вида находили на приусадебных участках (на деревянных потолках различных хозяйственных строений), на опушках лесных массивов, на открытых лугово-степных участках в долинах рек в старых норах слепыша и других грызунов. Вид *Vespula vulgaris* на исследуемой территории строит свои гнезда в старых норах мышевидных грызунов в густых лесных массивах и на затененных опушках (байрачные леса, лесопарки).

Ключевые слова: осы-веспини, стации гнездования, урболодшафты, г. Донецк.

Введение

Складчатокрылые осы подсемейства Vespinae, вместе с некоторыми другими осами-веспидами (Polistinae, Eumeninae), являются характерным компонентом энтомофауны многих городских и сельских ландшафтов. В мировой фауне это подсемейство насчитывает 67 видов из 4 родов распространенных главным образом в Голарктике и Индо-Малайской области [13]. Наибольшее родовое и видовое разнообразие группа имеет в Юго-Восточной Азии, откуда она, по-видимому, и происходит. На территории Восточно-Европейской равнины подсемейство Vespinae представлено 10 видами из 3 родов [4], при этом видовое разнообразие родов *Vespula* и *Dolichovespula* возрастает в зоне широколиственных лесов. Большинство видов ос-веспин – это исконно лесные виды, живущие большими семьями и строящие относительно крупные, многосотовые гнезда из «осиной бумаги». Основными местами гнездования ос-веспин являются более или менее широкие полости, имеющиеся в старых деревьях (дупла) или в почве. Виды рода *Dolichovespula* подвешивают свои гнезда к ветвям деревьев и кустарников [4].

Изучение стаций гнездования ос-веспин в современных ландшафтах имеет как теоретический, так и практический интерес. Прежде всего, в связи с возрастающей деятельностью человека появляются новые и исчезают старые местообитания, и, как следствие этого, происходят коренные изменения в структуре популяций многих видов ос, приводящие к изменению численности их населения, видового и генетического разнообразия. На примере крупного промышленного города Донецка, расположенного в пределах юго-западной части Донецкого края, нами проведено изучение местообитаний трёх видов ос-веспин. В частности, были изучены стации их гнездования, а также получены некоторые данные по экологии и трофическим связям некоторых видов.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в период с 1995 по 2015 гг. на территории г. Донецка и его окрестностей. Основным методом исследований был поиск гнезд ос-веспин в различных ландшафтах исследуемой территории, с последующим описанием гнездовых участков. При поиске гнезд ос-веспин нами были обследованы: юго-восточные окрестности г. Донецка в

пределах долины р. Грузская (на отрезке пос. Ливенка – Моспино), южные окрестности города (на отрезке пос. Ампилогово – Авдотьино – «Донецкое море», мкр-н Широкий), северо-западные (Путиловский парк) и северные окрестности (с. Минеральное), а также участки байрачных лесов в окрестностях сел Васильевка и Крутая Балка Ясиноватского района Донецкой области. В г. Донецке постоянным стационарным пунктом была Богодуховская балка в окрестностях Донецкого ботанического сада и приусадебный участок в пос. Калинкино, расположенный в восточной части г. Донецка. Сравнительно слабо были изучены западные районы г. Донецка и совсем не изученным остался Петровский район. Кроме того, для сравнительной оценки общего распространения изучаемых видов в пределах Донецкого края, нами были изучены станции гнездования ос-веспин в Луганском природном заповеднике и в 72 различных пунктах Донецкой области. Для идентификации гнезд обязательно проводили сбор ос из найденных гнезд и определение их до вида. Собранный материал определяли по ключам Пауля Блютгена [10], Н. В. Курзенко [4], а также Либора Дворака и Стюарта Робертса [11].

Результаты и обсуждение

На территории г. Донецка и его ближайших (до 5 км) окрестностей нами отмечено 4 вида из 2 родов ос подсемейства Vespinae: *Vespa crabro* L., 1758, *Vespula germanica* (Fabricius, 1793), *Vespula vulgaris* (L., 1758) и *Vespula rufa* (L., 1758). При этом достаточно стабильные популяции имеют только первые три вида, а *V. rufa* был отмечен нами единично в 2003 г. в дендрарии Донецкого ботанического сада и гнезд этого вида, за весь период исследований, на исследуемой территории не находили.

По относительному обилию доминирует *V. germanica*, который, по-видимому, конкурирует с *V. vulgaris* за места гнездования в некоторых биотопах (например, в лесопарках Донецка и рекреационных лесных массивах вокруг города). Численность шершня в сравнении с *V. germanica* и *V. vulgaris* заметно ниже, и в целом, *V. crabro* малочислен в г. Донецке и его окрестностях.

Ниже приводим описание обнаруженных станций гнездования *V. crabro*, *V. germanica* и *V. vulgaris* с указанием полученных в ходе исследований сведений по экологии и биологии этих видов.

***Vespa crabro* Linnaeus, 1758 – Шершень обыкновенный**

Евразийский лесной вид, представленный на изучаемой территории номинативным подвидом. На территории Донецкой и Луганской областей гнезда данного вида нами были отмечены в пойменных лесах долины Северского Донца, байрачных лесах Донецкого края, а также в антропогенных ландшафтах, где, по нашим наблюдениям, обитает в лесопарках на месте измененных человеком байрачных лесов. В пойменных и байрачных лесах гнезда находили в дуплах деревьев. В поселках, прилегающих к лесным массивам, самки иногда строят гнезда на чердаках домов. Таким образом, очевидна приуроченность этого вида к лесным ландшафтам, в том числе селитебным городским и сельским лесным ландшафтам. В г. Донецке четыре гнезда нами были обнаружены в лесопарковой зоне города. В частности, три гнезда были найдены в 2010 г. в окр. пос. Калинкино, в восточной части города, в лесном массиве, расположенном на левом склоне Богодуховской балки. Ещё одно гнездо было найдено в 2013 г. в Путиловском парке г. Донецка.

Обнаруженные четыре гнездовые станции представляли собой участки лесного массива (в одном случае старовозрастного байрачного леса), с развитым древесно-кустарниковым ярусом из клена полевого, ясеня, вязов, боярышника, свидины, бузины черной, шиповника. Три станции (окр. пос. Калинкино) были расположены на расстоянии 200-300 м друг от друга в искусственном лесном массиве, образованном на месте старого байрачного леса, покрывавшего в недалеком прошлом склоны Богодуховской балки. Четвертая станция (Путиловский парк) располагалась в байрачном лесу, служащим местом отдыха горожан. Во всех случаях гнезда размещались над землей, в дуплах усыхающих кленов одного вида (*Acer campestre*) (рис. 1).



А



Б



В



Г



Д



Е

Рис. 1. Гнезда и станции гнездования *Vespa crabro*:

А – гнездовая станция; Б, В – гнезда в г. Донецке; Г – погрызы на стволе вяза, сделанные шершнем при взятии строительного материала; Д – самка шершня пьет сок из ствола вяза (г. Донецк); Е – самка шершня пьет дубовый сок рядом с жуком-оленим (с. Дроновка, Донецкая обл.)

Кроме того, по устному сообщению А. И. Губина, в Донецком ботаническом саду гнезда шершня были найдены им в дупле березы на высоте 1,6 м от земли в дуплистом полене, а также внутри лежащей на земле резиновой крышке от трактора. Шершни охотно строят свои гнезда на чердаках заброшенных, нежилых строений, расположенных в байрачных или пойменных лесах.

Найденные гнезда находились в дуплах на разной высоте от поверхности земли (от 60 см до 2,5 м). Одно из обнаруженных гнезд состояло из двух сотов, скрепленных стебельками. Причем размер ячеек одного из сотов, был достоверно больше размера ячеек второго сота. Не исключено, что эти два сота были заложены в разные годы, новый сот был прикреплен к старому (прошлогоднему). Для приготовления «осиной бумаги» шершни используют кору старых деревьев, отгрызая мандибулами небольшие кусочки коры и тщательно измельчают их, смешивая со слюной. На стволах деревьев, где осы часто берут кору (обычно недалеко от гнезда), образуются характерные повреждения (погрызы) (рис. 1, Г).

В жаркую засушливую погоду шершни, по нашим наблюдениям, пьют сок деревьев (рис. 1, Д, Е). Для этих целей они могут специально прогрызать кору деревьев. Например, в пределах одной гнездовой станции, недалеко от гнезда (около 5 м), на стволе усыхающего вяза, 04.08.2012 нами было отмечено скопление ос-веспин трех видов (*V. crabro*, *V. vulgaris*, *Polistes dominula*), которые пили сок, вытекающий из прогрызенных шершнем отверстий, при этом самки шершней проявляли агрессию по отношению к другим видам ос. Агрессию шершни могут проявлять и по отношению к человеку, если он неаккуратно приближается к их гнезду и делает резкие движения. Остаётся слабо изученным вопрос о видовом составе жертв, которыми шершни выкармливают своих личинок. На юго-западной окраине г. Донецка, по данным И. Н. Оголя [6], отмечен факт систематического и успешного нападения самок шершня на взрослых личинок и куколок в гнездах двух видов ос-полистов. На территории дендрария Донецкого ботанического сада в пределах куртин цветущих энтомофильных растений, нами была отмечена охота самок шершня на медоносных пчел (*Apis mellifera* L.).

Имеющиеся в литературе указания [7] о вредоносном значении шершня для пчеловодства и садоводства малоактуальны для г. Донецка и его окрестностей, так как этот вид здесь малочислен. По нашим наблюдениям, шершни могут повреждать перезревшие плоды фруктовых деревьев, если они вовремя не были собраны с деревьев.

***Vespula germanica* (Fabricius, 1793) – Оса-веспеула германская**

Транспалеарктический вид, распространенный на север до таежной зоны [3]. Вид завезен человеком в Исландию, Северную и Южную Америку, Австралию, Новую Зеландию, Южную Африку [5]. Один из обычных и широко распространенных видов ос-веспин на исследуемой территории. Урботолерантный вид, имеющий относительно высокую численность в селитебных городских и сельских ландшафтах.

На основании многолетних наблюдений на стационарном приусадебном участке в г. Донецке нами установлено, что перезимовавшие и оплодотворенные осенью прошлого года самки-основательницы *V. germanica* вылетают из зимних укрытий в начале второй декады апреля (время вылета может смещаться в зависимости от климатических условий конкретного года). С начала мая самки начинают поиск места для гнездования. В этот период их часто можно встретить залетающими в открытые окна жилых квартир и других помещений. После основания гнезда идет постепенный рост осиной семьи, которая распадается обычно с середины сентября.

Гнезда находили на приусадебных участках, устраиваемых над землей в различных постройках (гнездо в таком случае прикрепляется к потолку внутри строения) (рис. 2, А) или под землей в лесопарках г. Донецка и его окрестностей. Как правило, самки-основательницы при поиске места для гнездования избегают густых лесных зарослей и занимают старые норы различных грызунов, чаще всего заброшенные норы слепыша (рис. 2, В), расположенные на открытых лугово-степных участках с хорошо развитым травостоем (редко без него) или на опушках лесных массивов (городские лесопарки, опушки рекреационных

лесных массивов и байрачных лесов). В процессе роста гнезда рабочие особи расширяют участок норы в виде овальной полости, сообщаемой с внешней средой гнездовым ходом, отрывающимся наружу входным отверстием (рис. 2, Б). Подземные гнезда, в отличие от наземных, как правило, небольшие (рис. 2, В), но всегда многосотовые и покрыты оболочкой из осиной бумаги. Соотношение числа подземных и наземных гнезд на исследуемой территории нам точно неизвестно, однако можно предположить преобладание на несколько порядков подземного способа гнездования. Следует также отметить, что далеко не во всех из отстроенных над землей гнездах (в сараях, на чердаках домов и пр.) происходит дальнейшее развитие осиной семьи. Например, нами отмечены случаи отстроенных самками-основательницами нескольких гнезд на потолке чердака жилого дома и сарая, и в дальнейшем покинутых по неизвестным причинам. По-видимому, основной причиной редкости наземного способа гнездования как *V. germanica*, так и *V. vulgaris*, является дефицит подходящих для основания гнезда мест (дефицит потенциальных станций гнездования), прежде всего, старовозрастных дуплистых деревьев и других относительно небольших закрытых полостей. Кроме того, наземные гнезда всех видов ос-веспин часто уничтожаются человеком, особенно отстроенные на приусадебных и дачных участках. Следует также отметить, что наземные гнезда отмеченных видов ос-веспин всегда строятся внутри различных строений. В целом экология гнездования этого вида сходна с таковой морфологически близкого вида *V. vulgaris*. Эти два вида, по-видимому, конкурируют друг с другом за места гнездования. Например, в дендрарии Донецкого ботанического сада они имеют различные станции гнездования, но общие кормовые станции.

Имаго ос-веспин являются плотоядными осами, потребляющими как углеводную, так и белковую пищу. При этом, белковая пища превалирует в диете этих ос особенно в период активного роста осиной семьи. Вопрос о соотношении белкового и углеводного компонентов в рационе имаго ос-веспин в различные периоды их жизни требует специального изучения. Среди углеводной пищи преобладают соки перезревших фруктов, сладкие выделения сосущих насекомых, реже нектар цветковых растений. В последнем случае, как известно из литературных источников [1, 2, 8, 9, 12, 14] осы-веспин могут быть специфическими опылителями некоторых веспидофильных видов растений из семейств орхидных (Orchidaceae) и норичниковых (Scrophulariaceae). В частности, весьма примечательной является экология опыления осами-веспинами безнектарной орхидеи *Steveniella satyrioides* (Spreng.) Schltr., показанная в работах В. В. Назарова [12] и А. В. Фатерыги с соавт. [14], которая основана на имитации этим растением пищевого субстрата животного происхождения. Нами отмечено питание самок-основательниц *V. germanica*, после выхода из зимних убежищ (во второй половине апреля), нектаром на цветках крыжовника (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.). Кроме того, одна самка слизывала липкие выделения на покровных чешуйках цветочных почек черешни (*Cerasus avium* (L.) Moench).

Большие скопления этого вида вместе с другими видами ос-веспид отмечали осенью на ивах и других деревьях во время питания сладкими выделениями тлей. Наиболее крупное (за все время наблюдения) скопление самцов и рабочих самок *V. germanica*, питающихся наряду с другими видами насекомых (осы-веспиды, пчелы, мухи-сирфиды и др.) выделениями тлей, отмечали на *Salix acutifolia* Willd. с 16 по 19 сентября 1995 г. в дендрарии Донецкого ботанического сада в сухую, теплую (+18°C) погоду. Данное скопление, с учетом также *V. vulgaris*, насчитывало несколько сотен особей на одном учетном дереве ивы. В жаркую, сухую погоду отмечали скопления рабочих самок *V. germanica* и *V. vulgaris* на стволах некоторых деревьев, где осы пили вытекающий сок из прогрызенных шершнем отверстий. Кроме того, по нашим наблюдениям указанные виды ос-веспид в лесных биотопах в жаркую погоду также пьют дождевую воду, скопившуюся в дуплах деревьев или в стволах крупных вязов.

Белковый корм составляют насекомые (чаще крупные мухи), а также свежие трупы мелких млекопитающих. В частности, в окр. г. Донецка на склоне степной балки наблюдали питание рабочих самок *V. germanica* мясом свежего трупа полевки. В этой связи осы рода

Vespula, наряду с другими видами насекомых-некрофагов, выполняют функцию первичных утилизаторов трупов мелких млекопитающих. При этом, учитывая, что эти осы часто посещают городские рынки и питаются там фруктами и кондитерскими изделиями, не исключена возможность механического переноса осами-веспинами некоторых возбудителей инфекционных заболеваний, в том числе опасных для человека.

Брачный период наступает с середины сентября и длится до конца этого месяца. Самцы в этот период низко летают над землей на открытых степных участках. Иногда наблюдали лет самцов высоко в кронах деревьев. Копуляцию наблюдали (один случай) 23.09.1995 на стебле василька (*Centaurea* sp.), на высоте 15-20 см от поверхности земли в первой половине дня (9 часов 25 минут), в теплую (+19°C), безветренную, пасмурную погоду.

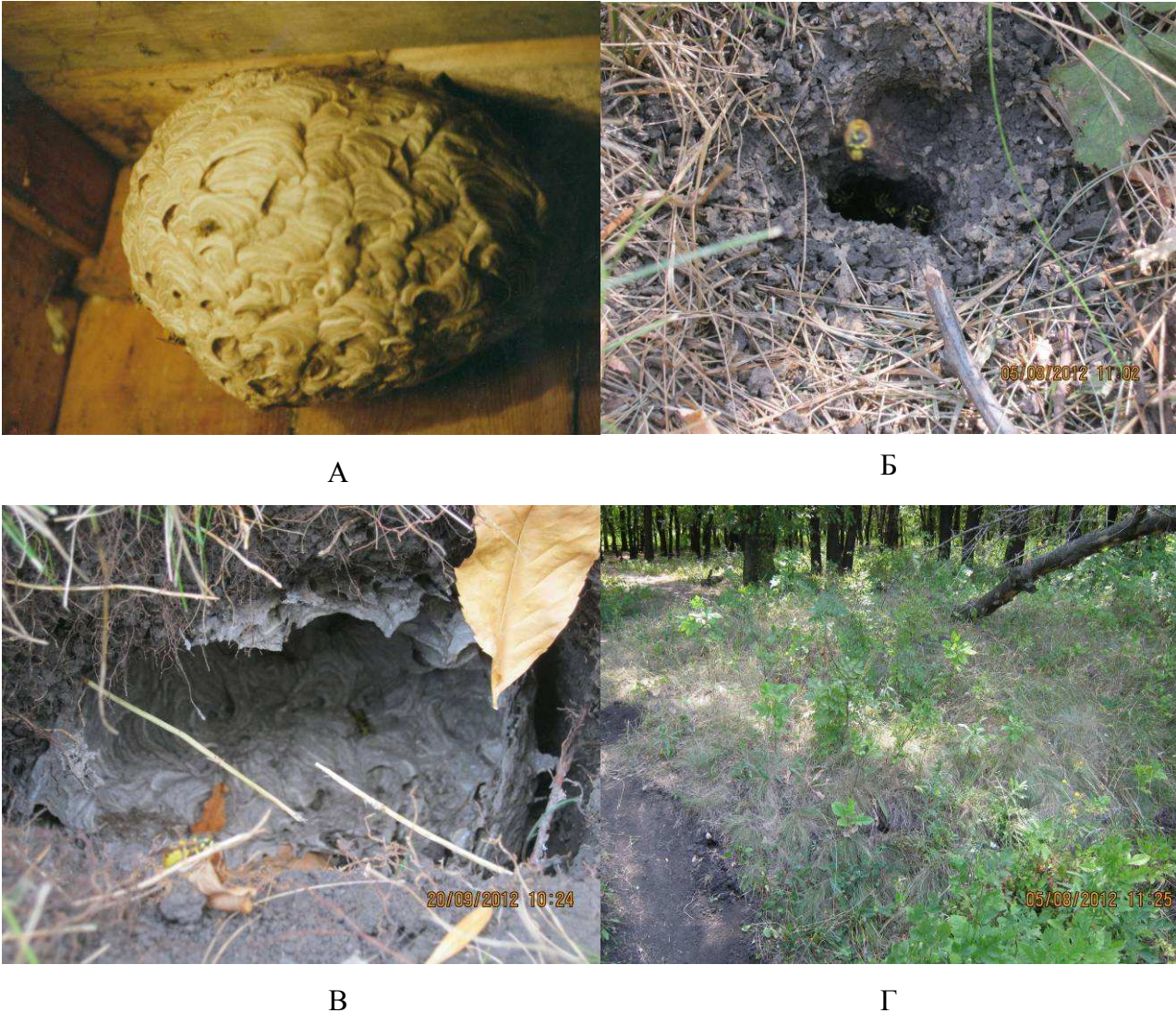


Рис. 2. Гнезда и станции гнездования *Vespula germanica* и *V. vulgaris*:

А – гнездо *Vespula germanica* в деревянном сарае (окр. г. Донецка); Б – вход в подземное гнездо *V. germanica*;
В – вскрытое осоедом гнездо *V. germanica*; Г – станция гнездования *V. vulgaris* (г. Донецк)

Зимовка оплодотворенных самок, по данным И. Н. Оголя (личное сообщение), отмечена в лесопарках под корой и в трещинах стволов усохших деревьев (в частности, дуба черешчатого).

В засушливые годы этот вид может повреждать поспевающие плоды фруктовых деревьев (груши, яблони).

В качестве естественного врага *V. germanica* нами отмечен осоед (*Pernis apivorus* L.), который раскапывает подземные гнезда, вытаскивает соты и склёвывает всех имеющихся

там личинок. В частности, один случай нападения осоеда на гнездо осы-веспеулы германской нами был отмечен 20 сентября 2012 г. в дендрарии Донецкого ботанического сада.

***Vespula vulgaris* (Linnaeus 1758) – оса-веспеула обыкновенная**

Широко распространенный в Евразии вид, завезенный в Исландию, Австралию, Новую Зеландию, на Гавайские острова [5]. Как и предыдущий вид широко распространен в Донецкой и Луганской областях, большей частью в лесных ландшафтах (байрачные и пойменные леса, городские лесопарки и рекреационные лесные массивы).

По нашим наблюдениям, самки *V. vulgaris* для гнездования выбирают обычно более затененные участки в лесных массивах (рис. 2, Г), где строят гнезда в старых норах мышевидных грызунов, реже в дуплах крупных деревьев. Гнезда этого вида находили только в лесных массивах и на их затененных опушках. Нами установлено, что на территории дендрария Донецкого ботанического сада *V. germanica* и *V. vulgaris* гнездятся в разных биотопах, при этом *V. vulgaris* гнездится в густых, тенистых лесных массивах и, в отличие от *V. germanica*, является малочисленным. В целом, ландшафтно-биотопическое распределение этих видов на изучаемой территории требует дальнейших исследований.

Выводы

1. На территории г. Донецка и его окрестностей нами отмечено 4 вида из 2 родов ос подсемейства Vespinae. Из них три вида (*Vespula germanica*, *V. vulgaris*, *Vespa crabro*) представлены относительно стабильными популяциями.

2. Шершень обыкновенный (*V. crabro*) в пределах Донецкого края является исконным обитателем байрачных лесов. В г. Донецке является малочисленным видом, приуроченным к рекреационным лесным массивам, байрачным лесам и лесопаркам. Гнезда этого вида были обнаружены в дуплах старовозрастных полевых кленов, а также на чердаках заброшенных, нежилых строений.

3. Оса-веспеула германская (*V. germanica*) в г. Донецке является самым многочисленным видом среди всех видов ос подсемейства Vespinae. Гнезда находили на приусадебных участках (на деревянных потолках различных хозяйственных строений), на опушках лесных массивов, на открытых лугово-степных участках в долинах рек в старых норах слепыша и других грызунов.

4. Оса-веспеула обыкновенная (*V. vulgaris*) на исследуемой территории широко распространена, однако строит свои гнезда в старых норах мышевидных грызунов в густых лесных массивах и на затененных опушках (байрачные леса, лесопарки на месте байрачных лесов).

5. Выявленные виды ос-веспин могут приносить определенный вред человеку, повреждая плоды фруктовых деревьев, а также штамбы и ветви молодых саженцев деревьев. Однако, по нашим наблюдениям, этот вред малозначителен. Для предотвращения повреждений коры молодых саженцев и взрослых деревьев необходимо проводить побелку штамбов известью. Специальное уничтожение гнезд ос-веспин целесообразно проводить только в крайних случаях (при поселении их в непосредственной близости от человека, например, в домах). При этом нужно помнить, что осы-веспин – это хищные осы, которые уничтожают большое количество мух, многие из которых являются переносчиками инфекционных заболеваний человека.

Список литературы

1. Дарвин Ч. Сочинения. Различные приспособления, при помощи которых орхидеи опыляются насекомыми / Ч. Дарвин. – М.– Л. : Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 6. – С. 72-254.

2. Иванов С. П. Орхидеи Крыма : состав опылителей, разнообразие систем и способов опыления и их эффективность / С. П. Иванов, В. В. Холодов, А. В. Фатерыга // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2009. – Т. 22 (61), № 1. – С. 24-34.

3. Курзенко Н. В. *Vespula germanica* (Fabricius, 1793) / Н. В. Курзенко // Ареалы насекомых европейской части СССР, карта 144. Атлас под ред. К. Б. Городкова. Карты 126-178. – Л., 1982. – С. 22.
4. Курзенко Н. В. Подсем. Eumeninae / Н. В. Курзенко // Определитель насекомых Дальнего Востока России. – СПб. : Наука, 1995. – Т. 4, Ч. 1. – С. 295-324.
5. Курзенко Н. В. Надсем. Vespoidea. 60. Сем. Vespidae – Складчатокрылые осы / Н. В. Курзенко // Аннотированный каталог насекомых Дальнего Востока России. Т. I. Перепончатокрылые. – Владивосток : Дальнаука, 2012. – С. 415-423.
6. Оголь И. Н. Видовой состав хищников ос-полистов (Hymenoptera: Vespidae) города Донецка и особенности их взаимодействия с жертвами / И. Н. Оголь // Труды Русского энтомол. общ-ва. – 2015. – Т. 86 (2). – С. 85-96.
7. Савковский П. П. Атлас вредителей плодовых и ягодных культур / П. П. Савковский. – К. : Урожай, 1990. – 96 с.
8. Фатерыга А. В. Состав опылителей видов рода *Scrophularia* (Scrophulariaceae) флоры Крыма со специальным рассмотрением складчатокрылых ос (Hymenoptera, Vespidae) / А. В. Фатерыга // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – Вып. 5. – С. 86-104.
9. Фатерыга А. В. Экология опыления видов рода *Epipactis* (Orchidaceae) в Крыму / А. В. Фатерыга, С. П. Иванов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – Вып. 6. – С. 136-150.
10. Blüthgen P. Die Faltenwespen Mitteleuropas (Hymenoptera, Diploptera) / P. Blüthgen. – Berlin : Akademie-Verlag, 1961. – 247 s.
11. Dvořák L. Key to the paper and social wasps of Central Europe (Hymenoptera : Vespidae) / L. Dvořák, S. P. M. Roberts // Acta Entomol. Mus. National. Prague. – 2006. – Vol. 46. – P. 221-244.
12. Nasarov V. V. Pollination of *Steveniella satyrioides* (Orchidaceae) by wasps (Hymenoptera, Vespoidea) in the Crimea / V. V. Nasarov // Lindleyana. – 1995. – Vol. 10, N 2. – P. 109-114.
13. Nugroho H. Checklist of Vespidae species (Insecta: Hymenoptera : Vespidae) occurring in Indonesian Archipelago / H. Nugroho, J. Kojima, J. Carpenter // Treubia. – 2011. – 38. – P. 71-186.
14. Fateryga A. V. Pollination ecology of *Steveniella satyrioides* (Spreng.) Schltr. (Orchidaceae) in Ayan Natural Landmark (the Crimea) / A. V. Fateryga, S. P. Ivanov, V. V. Fateryga // Укр. бот. журн. – 2013. – Т. 70, № 2. – С. 195-201.

Amolin A. V. Studying of nesting stations Vespinae wasps (Hymenoptera, Vespidae, Vespinae) in urbollandscape Donetsk ridge (on the example of Donetsk). – Three types of habitats of nesting wasps Vespinae living in Donetsk have been considered. It was found that the *Vespa crabro*, within the city of Donetsk is a small indigenous species, timed to recreational woodlands, forests and forest gully. This species builds its nest in the hollows of old-growth field maple (*Acer campestre*), as well as in abandoned the attics of non-residential buildings. View *Vespula germanica*, is the most abundant species of all kinds of wasps subfamily Vespinae in Donetsk. The nests of this species are found in home gardens (on the wooden ceilings of the different economic structures), on the edges of forests, open meadow-steppe areas in the valleys of the rivers in the old burrows of mole rats and other rodents. On the researching area *Vespula vulgaris* species builds its nest in the old burrows of rodents in the dense forests and shaded edges parks.

Key words: Vespinae wasp, nesting station, urbollandscape, Donetsk city.

© Е. Н. Маслодудова, А. А. Белоножко

**МОШКИ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. КРАСНЫЙ ЛУЧ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ
(ВИДОВОЙ СОСТАВ, БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ)**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: maslodudova@mail.ru

Маслодудова Е. Н., Белоножко А. А. Мошки окрестностей г. Красный Луч Луганской области (видовой состав, биология развития). – Названы места выплода преимагинальных фаз мошек в окр. г. Красный Луч Луганской области. Обследовано 20 водотоков, из которых в 12 найдены яйцекладки, личинки и куколки мошек. С учетом экологических факторов проведена типизация мест выплода мошек. Зарегистрировано 9 видов мошек, относящихся к 6 родам. На основе фенологических наблюдений описана биология видов. Установлена зависимость численности видов мошек в популяции от количества генераций в году.

Ключевые слова: мошки, места выплода, преимагинальные фазы, фенология, генерация.

Введение

Мошки – один из важнейших компонентов гнуса, особенно вблизи крупных рек. Массовое нападение мошек может вызывать тяжелое заболевание животных, иногда с летальным исходом, называемое симулиидотоксикозом. Гибель крупного рогатого скота отмечена во многих областях России, Украины, а также в Белоруссии. Симулиидотоксикоз отмечен и в европейских странах – Германии, Дании и др. [3-7, 14]. Мошки являются специфическими переносчиками возбудителей различных болезней, в частности, онхоцеркоза человека и животных. Окончательным хозяином является человек, промежуточным хозяином и переносчиком возбудителя – самки мошек рода *Simulium*. Взрослые онхоцерки паразитируют в фиброзных узлах под кожей, под апоневрозом мышц и надкостницей. Самки паразита отрождают микрофилярии, которые обитают главным образом в поверхностных слоях кожи, глазах, реже в лимфатических узлах, внутренних органах и очень редко в крови. Также кровососы являются переносчиками пироплазмоза, лейкоцитоза и трипаносомоза птиц, анаплазмоза крупного рогатого скота [1, 2, 15, 16]. В очагах острых инфекционных болезней (туляремии, сибирской язвы) симулииды могут быть механическими переносчиками их возбудителей [4, 6, 10, 17, 19].

Огромный вред, наносимый мошками народному хозяйству и здоровью человека, требует неотложной разработки мер борьбы с ними. Для этого необходимо тщательное изучение их видового состава и биологии.

Мошки известны как аэрофилы и биофильтраторы, поэтому местами выплода и развития преимагинальных фаз являются проточные водоемы. В грязных или сильно заболоченных ручьях и реках заселенность мошками значительно меньше, чем в быстрых водотоках. В стоячей воде мошки вовсе не встречаются [3, 12, 17, 19].

Важнейшим фактором для разработки мер борьбы с кровососами является изучение их биологии. В природно-климатических условиях Луганской области симулииды развиваются круглогодично. Мошки одного и того же вида могут выходить из зимовки в разное время, со второй декады марта до мая месяца. Это связано с тем, что личинки разных возрастных стадий уходят на зимовку и заканчивают свое развитие в разные сроки. Сроки вылета некоторых видов могут сдвигаться в ту или иную сторону в зависимости от температурного режима водоемов. В теплых водоемах сроки окукливания и вылета наступают раньше, чем в водоемах с более низкой температурой воды.

Для того чтобы контролировать массовый вылет мошек в природе, необходимо учитывать стадийное распределение насекомых. Численность особей в популяции и их плотность не являются стабильными и изменяются под воздействием экологических факторов. Эти показатели имеют практическое значение, так как увеличение их численности ведет к большей напряженности природно-очаговых трансмиссивных болезней.

Цель нашей работы – выявить места выплода, определить видовой состав и изучить особенности биологии мошек в окр. г. Красный Луч Луганской области.

Материал и методы исследования

Материалом для данной работы послужили пробы личинок и куколок мошек, собранные в период с сентября 2015 г. по март 2017 г. Полевые исследования и сбор проб проводили по общепринятой методике З. В. Усовой [16] и И. А. Рубцова [12]. Всего обследовано 20 водотоков, в 12 из них были собраны личинки и куколки. Всего обработано более 150 проб преимагинальных фаз мошек, изготовлено 30 микропрепаратов.

Результаты и обсуждение

Гидрологическая характеристика водоемов Луганской области способствует распространению мошек, так как мошки всегда встречаются в водотоках, имеющих даже слабое течение от 0,1 м/с и выше. Наличие мелких рек, ручьев различного происхождения, являющихся местами выплода и развития мошек, создает благоприятные условия для массового развития мошек как реофилов, так и видов, предпочитающих медленно текущие водотоки.

В окр. г. Красный Луч исследовано 20 водотоков, из них в 12 собраны личинки и куколки мошек. Исследуемые водотоки можно условно разделить на 4 типа: крупные реки, быстротекущие ручьи, медленно текущие ручьи, мелкие ручьи, вытекающие из шахтных отстойников (рис. 1).

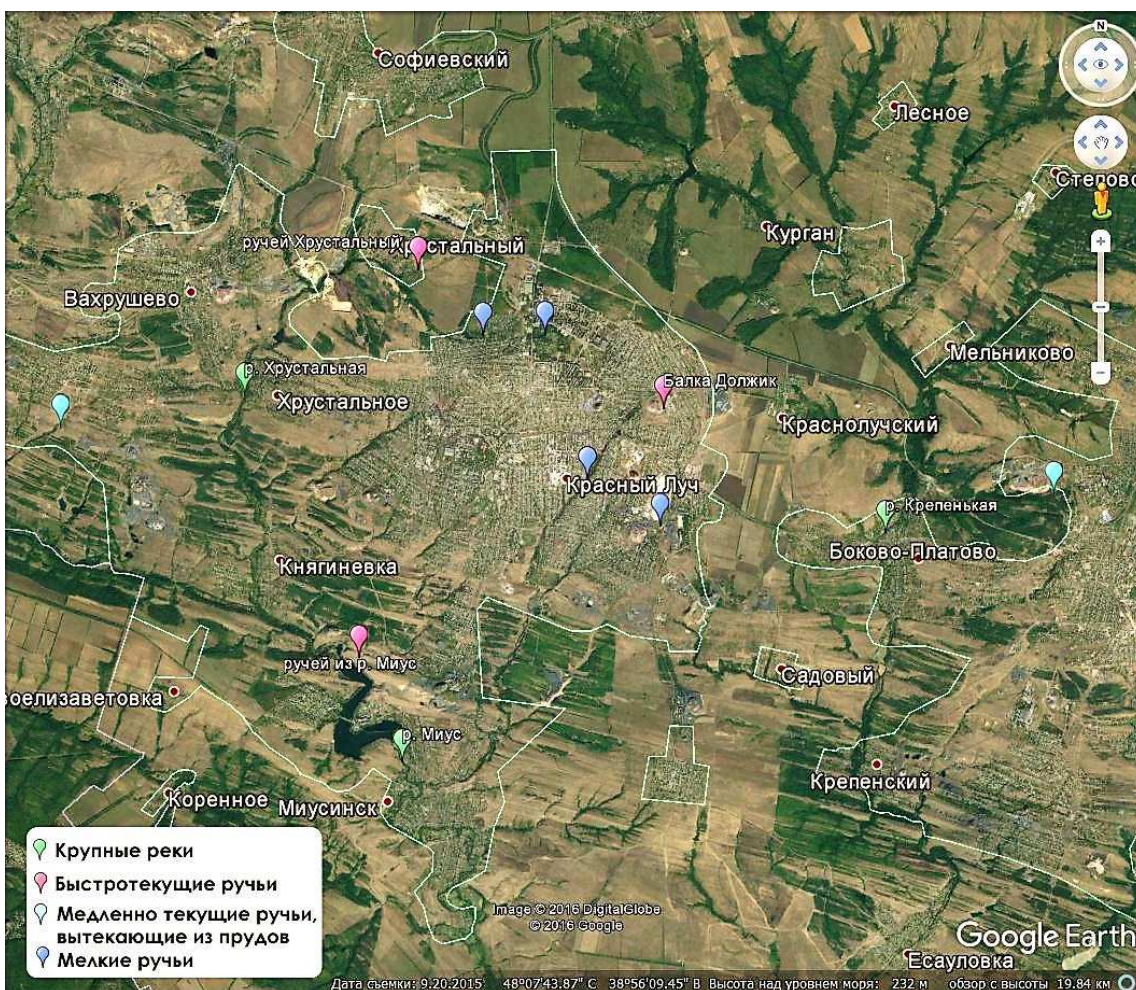


Рис. 1. Карта-схема мест выплода преимагинальных фаз мошек

Первый тип – крупные реки. К этому типу можно отнести р. Миус (г. Миусинск) и р. Крепенькая (пгт. Боково-Платово), которые характеризуются извилистым руслом, крутыми берегами, поросшими береговой растительностью (рис. 2, 3). Скорость течения – 1-1,5 м/с. Ширина ручьев – 0,5-2 м, глубина 0,1-0,6 м, дно каменистое. Вода чистая, прозрачная. Температура воды в сентябре-октябре 2016 г. колебалась в пределах +13-20°C. Берега ручьев, поросшие луговыми травами, являются субстратом для развития преимагинальных фаз мошек. В связи с тем, что выплод мошек в осенний период происходит асинхронно, то в пробах были личинки второго, третьего, четвертого возрастов и куколки.

В водотоках этой группы зарегистрировано 4 вида мошек: *Odagmia ornata* (Meig., 1818), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Wilhelmia pseudequina* (Sequi., 1921), *Boophthora erythrocephala* (De Geer, 1776).



Рис. 2. Река Миус



Рис. 3. Река Крепенькая

Второй тип – быстротекущие ручьи в г. Антрацит и г. Вахрушево, вытекающие из прудов (рис. 4, 5). Скорость течения 0,5-0,7 м/с. Вода мутная. Температура воды в сентябре-ноябре 2016 г. – +10-18°C. Ширина водотоков составляет 0,5-1 м, глубина – 0,3-0,5 м. Дно каменистое, частично загрязнено твердыми бытовыми отходами, которые являются хорошим субстратом для развития преимагинальных фаз мошек. Плотность в осенние месяцы – 100-160 личинок на 1 дм².

В водотоках этого типа обнаружено 6 видов мошек: *O. ornata*, *Eusimulium angustipes* (Edw., 1915), *E. aureum*, *Wilhelmia salopiensis* (Edw., 1927), *Nevermannia angustitarsis* (Lundstr., 1911), *Nevermannia latigonia* (Rubzov, 1955).



Рис. 4. Ручей в г. Вахрушево



Рис. 5. Ручей в г. Антрацит

К *третьему типу* относятся медленнотекущие ручьи, находящиеся на территории г. Красный Луч (рис. 6, 7). Данные водотоки родникового происхождения, протекающие вдоль балок и лесных насаждений. Они характеризуются небольшими размерами (ширина – 1-2 м, глубина 0,1-0,3 м), скорость течения 0,2-0,4 м/с. Вода слегка мутная. В зимний период эти ручьи, особенно в верховьях, не замерзают, хотя над отдельными ручьями намерзает лед. Температура воды в ручьях этого типа выше, чем быстротекущих. В июне 2016 г. она составляла +8-16°C, в июле-августе – поднимается до +18-23°C. Ручьи почти полностью лишены водной растительности, субстратом для прикрепления преимагинальных фаз мошек служат мелкие камни и береговая растительность. Плотность в октябре-ноябре 2016 г. составляла 80-120 личинок и куколок на 1 дм².

В этих водотоках встречаются 5 видов мошек: *O. ornata*, *W. pseudequina*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *Simulium nolleri* (Fried, 1920).



Рис. 6. Балка Должик (г. Красный Луч)



Рис. 7. Ручей в г. Красный Луч

Четвертый тип – мелкие ручьи, вытекающие из шахтных отстойников, находящиеся в пгт. Красный Кут и г. Красный Луч (рис. 8, 9). Скорость течения 0,1-0,2 м/с. Их ширина 0,3-0,5 м, глубина 20-30 см, дно илистое, топкое, болотистое, иногда заросшее водорослями, вода мутная. Субстратом для прикрепления преимагинальных фаз мошек служит бытовой мусор, камни, опавшие листья. Температура воды в сентябре – +7-15°C, зимой – 0-6°C, при этом ручьи покрыты льдом. Летом при температуре +20-28°C они пересыхают. Плотность мошек здесь невысокая – 50-80 личинок на дм².

Отмечено 3 вида мошек: *O. ornata*, *E. aureum*, *B. erythrocephala*.



Рис. 8. Пруд в г. Красный Луч



Рис. 9. Ручей в пгт. Красный Кут

Таким образом, видовой состав мошек исследуемых водотоков представлен девятью видами мошек, относящихся к 6 родам: *Odagmia ornata* (Meig., 1818), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Eusimulium angustipes* (Edw., 1915), *Wilhelmia pseudequina* (Sequi., 1921), *Wilhelmia salopiensis* (Edw., 1927), *Nevermannia angustitarsis* (Lundstr., 1911), *Nevermannia latigonia* (Rubzov, 1955), *Boophthora erythrocephala* (De Geer, 1776), *Simulium nolleri* (Fried, 1920) (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и места выплода преимагинальных фаз мошек в окр. г. Красный Луч Луганской области (2015-2017 гг.)

Виды	Места выплода (группа водотоков)			
	I	II	III	IV
<i>Odagmia ornata</i> (Meig., 1818)	+	+	+	+
<i>Eusimulium aureum</i> (Fries, 1824)	+	+	-	+
<i>Eusimulium angustipes</i> (Edw., 1915)	-	+	-	-
<i>Wilhelmia pseudequina</i> (Sequi., 1921)	+	-	-	-
<i>Wilhelmia salopiensis</i> (Edw., 1927)	-	+	-	-
<i>Nevermannia angustitarsis</i> (Lundstr., 1911)	-	+	+	-
<i>Nevermannia latigonia</i> (Rubzov, 1955)	-	+	+	-
<i>Boophthora erythrocephala</i> (De Geer, 1776)	+	-	-	+
<i>Simulium nolleri</i> (Fried, 1920)	-	-	+	-

Примечание. «+» – вид встречается, «-» – вид не встречается.







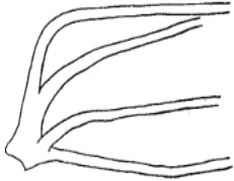

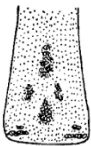





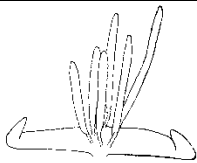




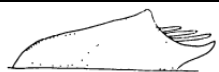


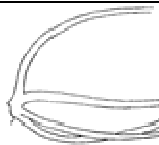






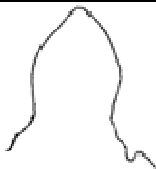


Местами выплода являлись крупные реки, которые протекают на территории г. Миусинск и пгт. Боково-Платово, быстротекущие ручьи в г. Антрацит и г. Вахрушево, медленнотекущие ручьи в г. Красный Луч и мелкие ручьи в окр. г. Красный Луч и пгт. Красный Кут.

Для определения видового состава использовали характеристики систематических признаков преимагинальных фаз мошек, такие как рисунок на лбу, вентральный вырез, количество дыхательных трубок, форма кокона (табл. 2).

В природно-климатических условиях Луганской области мошки развиваются круглогодично. Мошки одного и того же вида могут выходить из зимовки в разное время. Это связано с тем, что личинки заканчивают свое развитие в разные сроки (табл. 3).

По данным фенологических наблюдений две и более генераций в году имеют виды родов *Odagmia*, *Boophthora* и *Nevermannia* (см. табл. 3). Мошки зимуют в фазе яйца и личинки. Виды *O. ornata*, *E. aureum*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *B. erythrocephala*, *S. nolleri* зимуют на стадии яйца и личинки второго, но преимущественно третьего возраста. Вылет первой генерации этих видов приходится на середину марта – начало апреля при температуре воздуха +10-18°C. Вылет второй генерации предполагается в первой декаде августа при температуре воздуха +22-28°C. По-видимому, виды *O. ornata*, *E. aureum*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *S. nolleri*, *B. erythrocephala* могут иметь два и более поколений. Такое развитие мошек наблюдается в водотоках, относящихся к первой и второй группе. Мошки видов *E. angustipes*, *W. pseudequina*, *W. salopiensis* зимуют на стадии личинки второго возраста, окукливание личинок происходит в третьей декаде апреля и в начале мая при температуре +18-23°C. В начале мая ожидается вылет первой генерации. Такое развитие наблюдается в водотоках второй и третьей групп.

Систематические признаки преимагинальных фаз мошек

Вид	Систематические признаки			
	Рисунок на лбу	Вентральный вырез	Дыхательные трубки	Кокон
<i>O. ornata</i>				
<i>E. aureum</i>				
<i>E. agustipes</i>				
<i>W. pseudequina</i>				
<i>W. salopiensis</i>				
<i>N. angustitarsis</i>				
<i>N. latigonia</i>				
<i>B. erythrocephala</i>				

Фенограмма развития мошек в водотоках окр. г. Красный Луч Луганской области (2015-2017 гг.)

Виды	Ноябрь	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
	Декабрь								
	Январь								
	Февраль								
	ЗИМОВКА								
<i>Odagmia ornata</i>	—								
<i>Eusimulium aureum</i>	—								
<i>Eusimulium angustipes</i>	—								
<i>Wilhelmia pseudequina</i>	—								
<i>Wilhelmia salopiensis</i>	—								
<i>Nevermania angustitarsis</i>	—								
<i>Nevermania latigonia</i>	—								
<i>Boophthora erythrocephala</i>	—								
<i>Simulium nolleri</i>	—								

Примечание.

Яйцо - — Личинка - — Куколка - — Имаго - —

Таким образом, в природно-климатических условиях Луганской области мошки зимуют на стадии яйца, личинок II, III возраста. Одногенеративные виды, такие как *E. angustipes*, *W. pseudequina*, *W. salopiensis* зимуют на стадии яйца и личинки II возраста, поэтому их вылет прогнозируется на первую декаду мая. Виды *O. ornata*, *E. aureum*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *B. erythrocephala*, *S. nolleri*, имеющие две генерации в году, зимуют на стадии яйца и личинок II и III возраста, вылет I генерации прогнозируется на вторую декаду марта, а вылет II генерации с учетом сроков биологии развития – на август.

Зимовка – длительный период в жизненном цикле мошек, требующий детального изучения для каждого вида в определенных климатических и географических условиях. Температура оказывает большое влияние на темпы физиологических процессов. Повышение температуры в известных пределах ведет к ускорению жизненных процессов, а за этими пределами – к дискоординации жизненных функций [5].

Сезонное развитие мошек тесно связано с такими факторами как температура, скорость течения воды, аэрация мест заселения. Знание стадийного распределения дает возможность контролировать появление массовых размножений в самых начальных фазах. Это особенно отчетливо видно у кровососущих мошек.

Изучение специфики популяционной динамики отдельных видов кровососущих мошек необходимо для разработки методов борьбы с ними. Численность популяции колеблется с четкой и постоянной периодичностью во времени. В полевых условиях для изучения состояния популяции мошек лучшим показателем является плотность преимагинальных фаз мошек (подсчет количества особей на 1 дм²). Возрастание плотности заселения свидетельствует о концентрации благоприятных условий.

Для прогнозирования численности видов мошек в популяции нами проведено круглогодичное наблюдение за состоянием и развитием разных видов, учет плотности преимагинальных фаз в водотоках в зависимости от количества генераций в году у разных видов – *O. ornata*, имеющего две генерации и *W. salopiensis*, имеющего одну генерацию.

Нами установлено, что численность видов мошек в природе, имеющих две генерации, значительно больше, чем численность видов, имеющих одну генерацию (рис. 10).

Плотность преимагинальных фаз у *O. ornata* в марте составляла 169-200 особей/дм², а в летний период наибольшее количество наблюдалось в августе – 250-300 особей/дм². У вида *W. salopiensis* с мая по июль наибольшая плотность личинок и куколок не превышала 120 особей/дм².

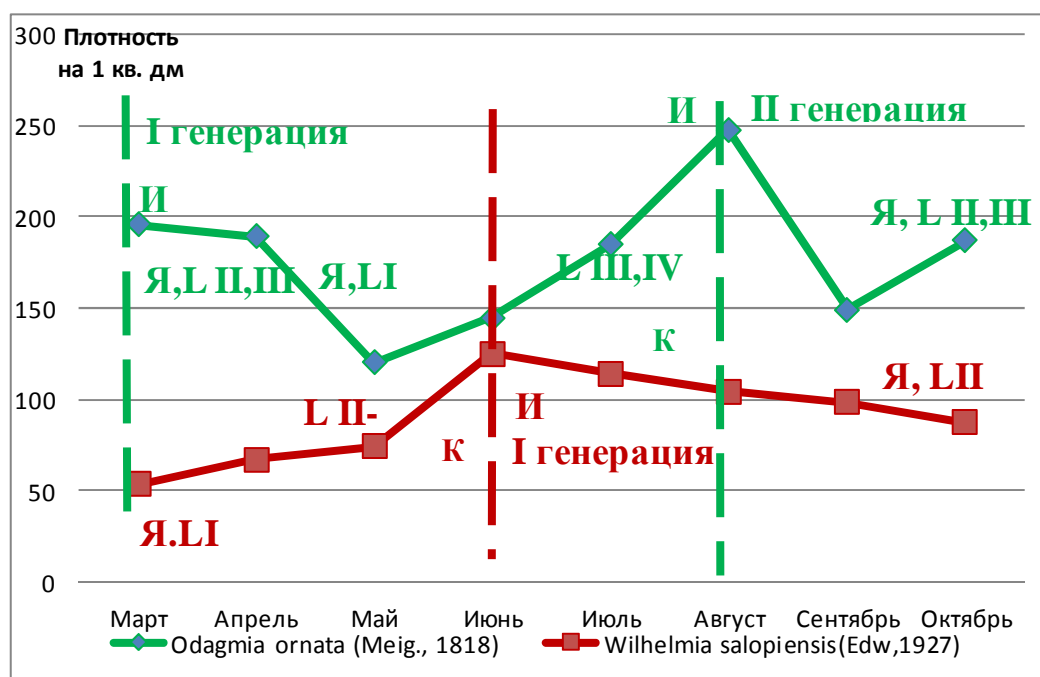


Рис. 10. Зависимость численности преимагинальных фаз мошек от количества генераций в году у *Odagmia ornata* (2 генерации) и *Wilhelmia pseudequina* (1 генерация):

Я – яйцо, LI – личинка 1-й стадии, LII – личинка 2-й стадии, LIII – личинка 3-й стадии, LIV – личинка 4-й стадии, К – куколка, И – имаго

Таким образом, при прогнозировании состояния численности популяции кровососущих мошек в природе следует учитывать, что численность видов, имеющих две генерации в году, в два раза превышает численность видов, имеющих одну генерацию (см. рис. 10).

Выводы

1. Видовой состав мошек исследуемых водотоков представлен девятью видами мошек, относящихся к 6 родам: *Odagmia ornata* (Meig., 1818), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Eusimulium angustipes* (Edw., 1915), *Wilhelmia pseudequina* (Sequi., 1921), *Wilhelmia salopiensis*

(Edw., 1927), *Nevermannia angustitarsis* (Lundstr., 1911), *Nevermannia latigonia* (Rubzov, 1955), *Boopthora erythrocephala* (De Geer, 1776), *Simulium nolleri* (Fried, 1920).

2. В результате фенологических наблюдений установлено, что виды *O. ornata*, *E. aureum*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *S. nolleri*, *B. erythrocephala* зимуют на стадии яйца и личинок второго и третьего возраста. Вылет первой генерации этих видов приходится на середину марта – начало апреля. Вылет второй генерации предполагается в первой декаде августа. Эти виды имеют два или три поколения. Мошки видов *E. angustipes*, *W. pseudequina*, *W. salopiensis* зимуют на стадии яйца и личинки второго возраста, период окукливания личинок сдвинут на третью декаду апреля, а вылет первой генерации ожидается в начале мая.

3. Для научно обоснованной разработки истребительных мероприятий кровососущих видов мошек необходимо прогнозирование сезонной динамики численности видов в популяции с учетом особенностей их развития. У вида *O. ornata*, имеющего 2 генерации, плотность преимагинальных фаз – 169-250 особей/дм², у вида *W. salopiensis* с одной генерацией плотность – 75-120 особей/дм², поэтому и численность мошек *O. ornata* в популяции будет в 2-2,5 раза больше, чем у *W. salopiensis*.

Список литературы

1. Каплич В. М. Кровососущие мошки (Diptera: Simuliidae) Восточно-Европейского Полесья / В. М. Каплич, Е. Б. Сухомлин // Биоразнообразие и экология паразитов наземных и водных ценозов : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 130-летию со дня рождения акад. К. И. Скрыбина (9–11 дек. 2008 г.). – М. : [б. и.], 2008. – С. 155-158.

2. Каплич В. М. Кровососущие мошки лесной зоны / В. М. Каплич, З. В. Усова. – Минск, 1990. – 176 с.

3. Каплич В. М. Кровососущие мошки (Diptera, Simuliidae) Беларуси / В. М. Каплич, М. В. Скуловец. – Минск, 2005. – 365 с.

4. Катюха С. М. Прогнозування симуліотоксикозів / С. М. Катюха, Л. К. Лиховоз, М. С. Мандигра // Зб. наук. праць Луганського нац. аграрного ун-ту : Ветеринарні науки. – Луганськ, 2003. – № 31 (43). – С. 257-262.

5. Кожанчиков И. В. Методы исследования насекомых / И. В. Кожанчиков. – М. : Высш. шк., 1961. – 278 с.

6. Лебедева Л. И. Кровососущие мошки (Diptera, Simuliidae) центральной и восточной части Полесья Украины / Л. И. Лебедева // Пробл. паразитол. : тр. VII науч. конф. паразитол. УССР. – К., 1972. – Ч. 1. – С. 469-471.

7. Марчукова Е. А. Изучение фауны и биологии мошек (семейство Simuliidae) в окрестностях города Воронежа / Е. А. Марчукова // Охрана природы Центральной Черноземной полосы. – Воронеж, 1960. – Вып. 3. – С. 255-260.

8. Панченко А. А. О паразитах и врагах мошек Крымских гор / А. А. Панченко // X конф. Укр. общ-ва паразитол. : матер. конф. – К., 1986. – Ч. 2. – С. 100-105.

9. Панченко А. А. Мошки (Diptera, Simuliidae) бассейна малой реки Каратыш (Украина) / А. А. Панченко // I Всерос. совещ. по кровососущим насекомым : матер. науч. конф. (Санкт-Петербург, 24-27 октября 2006 г.). – СПб., 2006. – С. 154-156.

10. Рева М. В. Мошки рода *Schoenbaueria* (Diptera, Simuliidae) и их медико-ветеринарное значение / М. В. Рева, З. В. Усова // Успехи энтомологии в СССР. Двукрылые : систематика, экология, мед. и вет. значение. – СПб., 1992. – С. 208-210.

11. Рубцов И. А. Краткий определитель кровососущих мошек фауны СССР / И. А. Рубцов. – М. : Наука, 1962. – 228 с.

12. Рубцов И. А. К биологическому обоснованию системы мероприятий по борьбе с мошками / И. А. Рубцов // Зоол. журн. – 1957. – № 3. – С. 373-395.

13. Рубцов И. А. Мермитиды из мошек Ивановской области / И. А. Рубцов, Л. А. Иващенко // Насекомые переносчики заразных болезней. – Иваново, 1970. – С. 169-176.

14. *Скуловец М. В.* Симулиидотоксикоз крупного рогатого скота (этиология, патогенез, симптоматика, терапия, профилактика) : Автореф. дис. ... канд. вет. наук / М. В. Скуловец. – Минск, 1995. – 21 с.

15. *Сухомлин К. Б.* Мошки (Diptera, Simuliidae) Волинського Полісся : монографія / К. Б. Сухомлин, О.П. Зінченко. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. – 308 с.

16. *Усова З. В.* Мошки (Diptera, Simuliidae) переносчики возбудителей заболеваний сельскохозяйственных животных / З. В. Усова // Возбудители и переносчики паразитозов и меры борьбы с ними : матер. Всесоюз. конф. – Ташкент : ФАН УзССР, 1988. – С. 199.

17. *Усова З. В.* Условия массового размножения кровососущих мошек (Diptera, Simuliidae) и случаи симулиидотоксикоза людей в долинах рек Северский Донец и её притоков / З. В. Усова, Р. Д. Семушин, А. В. Кузнецов // Мед. паразитол. – 1983. – № 1. – С. 37-40.

18. *Шевченко А. И.* Фауна и места размножения мошек Ворошиловградской области / А. И. Шевченко // Пробл. паразитол. : Тр. VII науч. конф. паразитол. УССР. – К., 1956. – С. 269-271.

19. *Янковский А. В.* Современное состояние системы мошек (Diptera, Simuliidae) Палеарктики / А. В. Янковский // Кровососущие двукрылые и их контроль. – Л., 1987. – С. 152-155.

Maslodudova E. N., Belonozhko A. A. Blackfly neighborhood cities Krasnyi Luch Luhansk region (specific list, biology of development). – The identified breeding place of preimaginal phases of Simuliidae in the vicinity of Krasnyi Luch (Lugansk region) are named. 20 watercourses were surveyed, of which, in 12 oviposition, larvae and pupae of Simuliidae were found. Taking into account ecological factors, typification of places of a yield of midges was carried out. There were registered 9 species of blackfly, belonging to 6 genera. On the basis of phenological observations, the biology of species is described. The dependence of the number of blackfly species in the population on the number of generations per year is established.

Key words: blackfly, places breeding, preimaginal phase, phenology, generation.

© Н. Н. Ярошенко

**СЕЗОННО-ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ
И СОПУТСТВУЮЩИХ ПОЧВЕННЫХ ОБИТАТЕЛЕЙ «ЗУЙ-ГОРЫ»
РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА «ЗУЕВСКИЙ»**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eco-1999@mail.ru*

Ярошенко Н. Н. Сезонно-вертикальное распределение панцирных клещей и сопутствующих почвенных обитателей «Зуй-горы» Республиканского ландшафтного парка «Зуевский». – В исследуемых трех экотопах (вершина, склон и основание) «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» в мае, октябре 2009 г. и ноябре 2015 г. в 90 пробах учтено 8027 педобионтов со средней плотностью населения 35672 экз./м². Панцирные клещи как доминирующая группа составили 43,42 % (3485 экз., плотность – 15488 экз./м²), сопутствующие почвообитатели – 56,58 % (4542 экз., плотность – 20184 экз./м²). Определено 104 вида панцирных клещей, относящихся к 64 родам и 37 семействам характерных для Донбасса. Среди доминирующих видов (4–6) преобладал оппидный комплекс. Основное ядро сопутствующих почвообитателей (21 группа) составили гамазовые клещи, коллемболы и муравьи.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, педобионты, РЛП «Зуевский».

Введение

Республиканский ландшафтный парк «Зуевский» находится на окраине пгт. Зуевка. Парк представляет собою холмистую равнину в бассейне р. Крынка с высотами до 200 м над уровнем моря. Одним из уникальных природных комплексов является «Зуй-гора» высотой 150 м. Почвенные обитатели принимают активное участие в почвообразовательных процессах и круговороте веществ в природе, имеют индикаторное значение условий почвенного режима под действием антропогенных факторов [1]. Эколого-фаунистические исследования почвенных панцирных клещей – орибатид и сопутствующих почвенных членистоногих позволят расширить наши представления о видовом составе, экотопическом распределении, доминировании, численности, обилии, распределении по сезонам года в условиях заповедных территорий Донбасса.

Материал и методика исследования

Кадастрово-мониторинговые исследования панцирных клещей на горе проведены в мае и октябре 2009 г., а также в ноябре 2015 г. Материал собран по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [2]. Пробы в 10-кратной повторности брали биоценометром объемом 250 см³ (5x5x10 см) ежемесячно в трех экотопах (вершина, склон и основание горы). Обработку собранного материала проводили в лаборатории кафедры зоологии и экологии Донецкого национального университета. Учет педобионтов проводили по методике К.К. Фасулати [3], определение индексов доминирования проведено по В.Н. Беклемишеву [4].

Результаты и обсуждение

Вершина «Зуй-горы». Вершина горы представляет узкий участок, протяженностью 600 м, который с восточной стороны переходит в склон, местами обрывистый. Западная граница ограничена дорогой местного значения. Вершина только в центральной части имеет древесно-кустарниковую растительность с преобладанием акации, клена, терна, а также злаковых (пырея, типчака) и разнотравья с дерезой. Поверхностный слой почвы рыхлый, глубже каменистый. В мае при температуре воздуха +20°С и влажности почвы 16,28 % в 10 пробах учтено 796 экз. почвообитателей со средней плотностью населения 31840 экз./м², что в 1,06 меньше, чем в октябре и в 2,2 раза больше, чем в ноябре. Панцирных клещей учтено минимальное количество – 124 экз. (87,90%) со средней плотностью 4960 экз./м², что в 1,9 – 1,3 раза меньше, чем в октябре и ноябре, соответственно, в связи с неблагоприятными

зимними условиями, при которых большинство клещей, особенно преимагинальных фаз, отмирает, свидетельством чему является низкая численность личинок и нимф орибатид – 15 экз. (12,10 % от общего числа орибатид) с низкой плотностью – 600 экз./м². В связи с этим отмечаем небольшой видовой спектр панцирных клещей – 19. Часто и редко встречались по 7 видов. Доминировали 5 видов: *Sphaerochthonius ovatus* Serg., *Liochthonius lapponicus* (Trag.) – по 5,50 % (6 экз.), в октябре и ноябре не встречались; *Lauroppia maritima* (Will.) – 7,34 % (8 экз.), доминировал в ноябре, часто встречался в октябре; *Micropopia minus* (Paoli) – 43,12 % (47 экз.), *Micropopia minutissima* (Selln.) – 7,34 % (8 экз.) – часто встречаемые в октябре и ноябре. Как видно доминирующие виды в различные годы и сезоны проявляли себя по-разному в зависимости от эдафических условий обитания. В мае сопутствующие почвенные обитатели составили 84,42 % (672 экз.), плотность – 26880 экз./м². Из 12 таксономических групп массовыми были гамазовые клещи – 20,98 % (141 экз., плотность – 5640 экз./м²) от общего количества сопутствующих обитателей, в октябре и ноябре отнесены к часто встречаемым (табл. 1).

Таблица 1

**Сезонная численность панцирных клещей и сопутствующих почвообитателей
вершины «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 2015 гг.)**

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Sphaerochthonius ovatus</i> Serg.	6/5,50	-	-	6/1,40
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Cosmochthonius ponticus</i> Gordeeva	1/0,92	-	-	1/0,24
<i>Cosmochthonius novus</i> Serg.	1/0,92	-	-	1/0,24
<i>Phylozetes emmae</i> Berl.	4/3,67	10/6,25	-	14/3,29
<i>Phylozetes tauricus</i> Gordeeva	2/1,83	-	-	2/0,47
<i>Brachychthonius berleseii</i> Will.	2/1,83	1/0,63	-	3/0,70
<i>Brachychthonius marginatus</i> Forssl.	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	-	12/7,50	-	12/2,82
<i>Brachychthonius zelavaianensis</i> (Selln.)	4/3,67	-	-	4/0,94
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	-	5/3,12	-	5/1,17
<i>Liochthonius lapponicus</i> (Trag.)	6/5,51	-	-	6/1,40
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	-	9/5,62	-	9/2,11
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	-	-	2/1,27	2/0,47
<i>Gymnodamaeus austriacus</i> Will.	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Zetorchestes micronychus</i> (Berl.)	1/0,92	-	-	1/0,24
<i>Licnobelba alestensis</i> Gr.	-	-	1/0,64	1/0,24
<i>Epidamaeus plumosus</i> B.-Z.	-	-	1/0,64	1/0,24
<i>Liacarus brevilamellatus</i> Mih.	-	1/0,63	-	1/0,24
<i>Xenillus tegeocranus</i> Herm. *	-	3/1,87	-	3/0,70
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	-	2/1,25	3/1,91	5/1,17
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	3/2,75	-	3/1,91	6/1,40
<i>Tectocephus sarekensis</i> Trag.	1/0,92	-	-	1/0,24
<i>Multioppi glabra</i> Mih.	-	1/0,63	6/3,82	7/1,64
<i>Epimerella smirnovi</i> var <i>longisetosa</i> Kul.	-	-	1/0,64	1/0,24
<i>Lauroppia maritima</i> (Will.)	8/7,34	7/4,37	31/19,75	46/10,79
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	-	24/15,00	5/3,18	29/6,81
<i>Oppia kryvolutskyi</i> Kul.	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Ramusella clavipectinata</i> Mich.	-	-	14/8,92	14/3,29
<i>Berniella bicarinata</i> (Paoli)	-	-	2/1,27	2/0,47
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	47/43,12	6/3,75	6/3,82	59/13,85
<i>M. minutissima</i> (Selln.)	8/7,34	2/1,25	6/3,72	16/3,76
<i>Passalozetes africanus</i> Gr.	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Scutovertex minutus</i> (Koch)	1/0,92	-	-	1/0,24
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)	-	1/0,63	-	1/0,24
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	-	18/11,25	-	18/4,23
<i>Zygoribatula thalassophila</i> Gr.	4/3,67	2/1,25	-	6/1,40

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Hemileius initialis</i> Berl.	-	-	24/15,29	24/5,63
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	-	7/4,37	-	7/1,64
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	-	2/1,25	2/1,27	4/0,94
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et Machmud.	-	2/1,25	2/1,27	4/0,94
<i>Euscheloribates</i> sp.	-	6/3,75	-	6/1,40
<i>Peloribates pilosus</i> Hammer	-	3/1,87	-	3/0,70
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	-	6/3,75	-	6/1,40
<i>Protoribates longior</i> Berl.	4/3,67	-	-	4/0,94
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	-	1/0,63	-	1/0,24
<i>Trichoribates novus</i> (Selln.)	-	2/1,25	-	2/0,47
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	3/2,75	-	-	3/0,70
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	-	-	35/22,29	35/8,22
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	-	1/0,63	-	1/0,24
<i>Ceresella venusta</i> Pavl.	-	-	2/1,27	2/0,47
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	13/8,13	11/7,01	24/5,63
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	-	3/1,87	-	3/0,70
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	-	-	1/0,64	1/0,20
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	3/2,75	-	-	3/0,70
<i>Phthiracarus globosus</i> (Koch)	-	-	1/0,64	1/0,24
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	109	160	157	426
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	10,9	16,00	15,7	14,2
Плотность, экз./м ²	4630	6400	6280	5680
Количество видов	19	32	20	56
Доминирующих	5	6	5	6
Часто встречаемых	7	6	4	6
Редких	7	20	11	44
Процентное отношение к общему числу орибатид	87,90	66,38	89,20	79,78
Количество преимагинальных фаз (личинок, нимф) орибатид	15	74	19	108
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	1,5	7,4	1,9	3,6
Плотность, экз./м ²	600	2960	760	1440
Процентное отношение к общему числу орибатид	12,10	31,62	10,80	20,22
Всего панцирных клещей, экз.	124	234	176	534
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	12,4	23,4	17,6	17,8
Плотность, экз./м ²	4960	9360	7040	7120
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	15,58	27,66	49,16	26,74
Класс Nematoda	-	-	1/0,55	1/0,07
Класс Oligochaeta	3/0,44	-	-	3/0,20
Класс Arachnida. Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	141/20,98	25/4,09	9/4,95	175/11,94
Отр. Acariformes. Надсем. Acaroidea	56/8,33	27/4,41	-	83/5,66
Семейство Trombiculidae	3/0,44	5/0,82	-	8/0,54
Прочие сем. отр. Acariformes	304/45,24	329/53,76	27/14,83	660/45,02
Надкласс Муриарода. Класс Symphyla	-	-	1/0,55	1/0,07
Класс Chilopoda	4/0,60	7/1,14	-	11/0,75
Класс Diplopoda. Отр. Julida	-	7/1,14	27/14,83	34/2,32
Отр. Polixena. <i>Polixena lagurus</i>	1/0,15	-	-	1/0,07
Класс Insecta. Отр. Podura	137/20,39	149/24,35	54/29,67	340/23,19
Отр. Psocoptera	-	-	1/0,55	1/0,07
Отр. Thysanoptera	7/1,04	-	-	7/0,48
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinae	6/0,89	36/5,88	3/1,65	45/3,07
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	6/0,89	-	56/30,77	62/4,23
Отр. Coleoptera	-	2/0,32	-	2/0,14
Личинки насекомых	4/0,60	25/4,09	3/1,65	32/2,18

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
Всего других почвообитателей, экз.	672	612	182	1466
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	67,2	61,2	18,2	48,86
Плотность, экз./м ²	26880	24480	7280	19544
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	84,42	72,34	50,84	73,30
Всего почвенного населения, экз.	796	846	358	2000
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	79,6	84,6	35,8	66,66
Плотность, экз./м ²	31840	33840	14320	26664

Примечания:

1. * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
2. в числителе – количество особей, в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

Гамазовые клещи из отряда паразитиформных клещей – типичные наземные обитатели. Образ жизни и места их обитания разнообразны. Имеются как свободноживущие, преимущественно хищные или со смешанным типом питания, так и паразитические кровососущие формы. Свободноживущие гамазовые клещи питаются, в основном, коллемболами, мелкими беспозвоночными животными, разлагающими растительными остатками. Укусы кровососущих гамазовых клещей вызывают дерматиты. Некоторые виды кровососущих гамазид являются переносчиками возбудителей болезней человека и животных. К доминирующим отнесены тироглифоидные клещи (акаридии) из отряда Acariformes – вредители зерна, зернопродуктов, сухофруктов и других продуктов – 8,33 % (304 экз.), часто встречались в октябре, в ноябре не обнаружены. Многочисленна также неопределенная до семейств сборная группа акариформных клещей – 45,24 % (304 экз.), – преобладала весь период исследований. Из насекомых фоновой группой были коллемболы (*Collembola*) – 20,39 % (137 экз., плотность – 5480 экз./м²), доминировали весь период наблюдений. Коллемболы активно участвуют в регуляции жизни почвенных сообществ, минерализации и гумификации органических веществ. Из-за быстрой реакции на любые изменения почвенных условий они, как и панцирные клещи, являются перспективным объектом зооэкологического мониторинга. Коллемболы широко распространены и связаны со всеми типами почв и растительности [5]. Остальные представители (дождевые черви, краснотелковые клещи, многоножки, трипсы, тли, муравьи, личинки насекомых) были малочисленны (см. табл. 1).

В октябре в 10 пробах при температуре воздуха +10°C и влажности почвы 24,95 % учтено максимальное количество почвенного населения – 846 экз., плотность – 33840 экз./м², что в 2,3 раза больше, чем в ноябре. Панцирные клещи составили 26,66 % (234 экз., плотность – 9360 экз./м²). Имаго орибатид – 66,38 % (160 экз.), плотность – 6400 экз./м², преимагинальные фазы – 31,62 % (74 экз.), плотность – 2960 экз./м². Численность орибатид в 1,3 – 1,9 раза больше, чем в ноябре и мае, соответственно. В октябре видовое богатство орибатид значительно возрастает – до 32 видов. Доминировали 6 видов: *Phylozetes emmae* Berl. – 6,25% (10 экз.), часто встречаемый в мае, в ноябре не обнаружен; *Brachichthonius immaculatus* Forssl. – 7,50 % (12 экз.), *Epilohmannia cylindrica* (Berl.) – 5,62 % (9 экз.), *Zygoribatula exarata* Berl. – 11,25 % (18 экз.), – в остальной период исследований не обнаружены; *Discoppia cylindrica* (Perez-Inigo) – 15,00 % (24 экз.), часто встречаемый в ноябре, в мае не отмечен; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 8,13 % (13 экз.), доминировал в ноябре, в мае не обнаружен. Часто встречались 6 и редко – 20 видов. Для двух исследуемых месяцев (май и октябрь 2009 г.) общих доминирующих видов нет, что связано с сезонным характером условий обитания и биологической цикличностью отдельных видов орибатид. Сопутствующие почвенные обитатели составили 72,34 % (612 экз.), плотность – 24480 экз./м², что в 1,1 раз меньше по сравнению с маем, и в 3,3 раза больше, чем в ноябре. В октябре при теплой погоде высокая численность обусловлена особенностями цикла развития

большинства почвенных обитателей. Из 10 таксономических групп доминировали акариформные клещи – 53,76 % (329 экз.), коллемболы – 24,35 % (149 экз.) и тли – 5,88 % (36 экз.) Часто встречались гамазовые, тироглифоидные клещи и личинки насекомых. Остальные представители (многоножки, жуки) малочисленны (см. табл. 1).

В ноябре при температуре воздуха +11°C и влажности почвы 25,58 % в 10 пробах отмечен минимум почвенных обитателей – 358 экз., плотность – 14320 экз./м², что в 2,2 – 2,3 раза меньше, чем в мае и октябре. Резкое снижение численности педобионтов обусловлено ростом диапаузирующих форм. Панцирные клещи составили 49,16 % (176 экз.), плотность – 7040 экз./м² (имаго – 157 экз. (89,20 %), плотность – 6280 экз./м², преимагинальные фазы – 19 экз. (10,80 %), плотность – 760 экз./м²), что в 1,3 раза меньше, чем в октябре, и в 1,6 раза больше, чем в мае. Видовой состав (20), по сравнению с октябрем, сократился в 1,6 раза, с маем – увеличился на один вид. Доминировали 5 видов: *Lauropia maritima* (Will.) – 19,75 %; *Ramusella clavigepectinata* (Mih.) – 8,92 % (14 экз.), *Hemileius initialis* Berl. – 15,29 % (24 экз.), в мае и октябре не обнаружены; *Ceratozetes minutissimus* Will. – 22,29 % (35 экз.); *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 7,01 % (11 экз.). К часто встречаемым отнесены 4, к редким – 11 видов. В ноябре отмечены 3 доминирующих вида (*R. clavigepectinata*, *H. initialis*, *C. minutissimus*) которые в мае и октябре не встречались. Уменьшение количества видового состава клещей обусловлено снижением репродуктивной активности отдельных видов орибатид и усилением диапаузирующих форм. Отмечен минимум сопутствующих почвообитателей (9 групп) – 182 экз. (50,84 %), плотность – 7280 экз./м². Преобладали муравьи – 30,77 % (56 экз.), коллемболы – 29,67 % (54 экз.), кивсяки и сборная группа акариформных клещей – по 14,83 % (27 экз.). Часто встречались гамазовые клещи. Остальные представители были малочисленны (см. табл. 1).

Таким образом, на вершине «Зуй-горы» в течение трех месяцев в 30 пробах учтено 2000 экз. почвенных обитателей, плотность – 26664 экз./м². Панцирных клещей обнаружено 534 экз. (26,70 %) со средней плотностью 7120 экз./м² (имаго – 426 экз. (79,78 %), плотность – 5680 экз./м², преимагинальные фазы – 108 экз. (20,22 %), плотность – 1440 экз./м²). Определено 56 видов панцирных клещей, относящихся к 37 родам и 22 семействам. Доминировали 6 видов: *Lauropia maritima* (Will.) – 10,79 % (46 экз.), *Discoppia cylindrica* (Perez-Inigo) – 6,81 % (29 экз.), доминировали в октябре, часто встречались в ноябре, в мае не найдены; *Micropia minus* (Paoli) – 13,85 % (59 экз.), доминировал в мае, часто встречался в октябре и ноябре; *Hemileius initialis* Berl. – 5,63 % (24), *Ceratozetes minutissimus* Will. – 8,22 % (35 экз.), доминировали в ноябре, в остальное время наблюдений не встречались; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 5,63 % (24 экз.), доминировал в октябре и ноябре, в мае не отмечен. Видовой состав и обилие доминирующих видов орибатид на вершине вариабильно в различные сезоны и годы. Это зависит в основном от открытости степного участка, вертикального расположения и эдафических свойств исследуемого экотопа. На вершине горы сопутствующие почвообитатели за весь период исследований составили 73,30 % (1466 экз.), плотность – 19544 экз./м². Из 17 таксономических групп преобладали гамазовые и тироглифоидные клещи, прочие семейства акариформных клещей и коллемболы. Часто встречались многоножки, тли, муравьи и личинки насекомых, которые вместе с панцирными клещами составили основу зооценоза открытого степного экотопа вершины «Зуй-горы».

Склон «Зуй-горы». Склон представляет собой участок разнотравно-типчаково-ковыльной степи с растительностью каменистых обнажений с преобладанием злаковых, разнотравья, дерезы, шиповника, местами подлесок клена и липы. Почвы характерны для петрофитных степей Донбасса. В мае при температуре воздуха +20°C и влажности почвы 16,28 % на склоне в 10 пробах учтено максимальное количество почвенных обитателей – 1464 экз., плотность – 58560 экз./м², что в 1,1 – 1,9 раза больше, чем в октябре и ноябре, соответственно. Из них панцирных клещей – 448 экз. (30,60 %), плотность – 17920 экз./м² (имаго – 379 экз. (84,60 %), плотность – 15160 экз./м², преимагинальные фазы орибатид – 69 экз. (15,40 %), плотность – 2760 экз./м²). Обилие орибатид в мае в 1,1 – 1,2 раза меньше, по сравнению с октябрем и ноябем, и в 3,6 раза выше, чем в мае на вершине горы. Определено

37 видов панцирных клещей, что в 1,9 раза больше, чем в мае на вершине горы. Доминировали 6 видов: *Lauroppia maritima* (Will.) – 7,12 % (27 экз.), *Micropippia minus* (Paoli) – 17,15 % (65 экз.), доминировали в октябре, часто встречались в ноябре; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 7,92 % (30 экз.), преобладал в течение трех месяцев; *Protoribates capucinus* Berl. – 20,58 % (78 экз.), доминировал в ноябре, часто встречался в октябре; *P. longior* Berl. – 8,44 % (32 экз.), в октябре и ноябре не отмечен; *Ceratozetes gracilis* (Mich.) – 6,86 % (26 экз.), часто встречались в октябре и ноябре. К часто встречаемым отнесены 4 и к редким – 27 видов. На вершине и склоне горы в мае отмечены 2 общих доминирующих вида (*L. maritima*, *M. minus*), что, по-видимому, зависит от характера растительного покрова и вертикального расположения экотопов. Численность сопутствующих обитателей почвы в 2,2 раза превышала численность орибатид – 1016 экз. (69,40 %), плотность – 40640 экз./м². Многочисленны гамазовые клещи – 16,14 % (164 экз.), доминировали в октябре и часто встречались в ноябре; сборная группа акариформных клещей – 36,12 % (367 экз.), доминировали на протяжении всего периода исследования; акаридиевые клещи – 5,02 % (51 экз.), единичны в октябре, не обнаружены в ноябре; коллемболы – 19,78 % (201 экз.), преобладающая группа на протяжении трех месяцев; муравьи – 17,32 % (176 экз.), доминирующая группа в ноябре, единичны в октябре. Остальные представители (гипопусы, краснотелковые клещи, хилоподы, двухвостки, трипсы, тли, жуки, личинки насекомых) были малочисленны (табл. 2).

Таблица 2

Сезонная численность панцирных клещей и сопутствующих почвообитателей склона «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 20015 гг.)

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Hypochothonius rufulus rufulus</i> Koch	-	-	1/0,20	1/0,08
<i>Sphaerochothonius dilutus</i> Serg.	9/2,37	13/3,28	10/2,02	32/2,52
<i>Hypochothoniella minutissima</i> (Berl.)	-	-	13/2,63	13/1,02
<i>Cosmochthonius ponticus</i> Gordeeva	2/0,53	1/0,25	-	3/0,24
<i>Cosmochthonius tenuisetosus</i> Gordeeva	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Philozetes emmae</i> Berl.	3/0,79	1/0,25	-	4,031
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh.	-	-	1/0,20	1/0,08
<i>Brachychthonius berlesei</i> Will.	-	3/0,76	-	3/0,24
<i>Brachychthonius marginatus</i> Forssl.	1/0,26	-	-	1/0,08
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	8/2,11	29/7,32	-	37/0,91
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	-	4/1,01	1/0,20	5/0,39
<i>Papillacarus aciculatus</i> (Berl.)	-	-	2/0,40	2/0,16
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	-	-	3/0,61	3/0,24
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	-	3/0,61	3/0,24
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	-	1/0,25	4/0,81	5/0,39
<i>Hermanniella dolosa</i> (Grandj.)	-	-	3/0,61	3/0,24
<i>Hermanniella punctulata</i> Berl.	3/0,79	-	-	3/0,24
<i>Gymnodamaeus austriacus</i> Will.	2/0,53	7/1,77	-	9/0,71
<i>Licnodamaeus undulatus</i> (Paoli)	12/3,17	-	12/2,42	24/1,89
<i>Licnoliodes andrei</i> Gr.	2/0,53	2/0,51	-	4/0,31
<i>Licnobelba alestensis</i> Gr.	-	-	1/0,20	1/0,08
<i>Epidamaeus pavlovskii</i> B.-Z.	-	-	12/2,42	12/0,94
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	-	-	2/0,40	2/0,16
<i>Nelacarus caucasicus</i> D.Kriv.	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Liacarus vombi</i> (Dalenius)	-	-	3/0,61	3/0,24
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.*	-	-	4/0,81	4/0,31
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	4/1,06	3/0,76	1/0,20	8/0,62
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forssl.)	1/0,26	-	6/1,21	7/0,55
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz.	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudms.)	-	-	2/0,40	2/0,16
<i>Multioppi glabra</i> Mih.	1/0,26	3/0,76	17/3,43	21/1,65

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Lauroppia maritima</i> (Will.)	27/7,12	47/11,87	14/2,83	88/6,93
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	-	-	1/0,20	1/0,08
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	3/0,79	-	3/0,61	6/0,47
<i>Lauroppia maritima</i> (Will.)				
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	17/4,49	5/1,26	6/1,21	28/2,20
<i>Oppia krivolutskyi</i> Kul.	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Ramusella clavipectinata</i> Mich.	30/7,92	24/6,06	58/11,72	112/8,82
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	-	-	4/0,81	4/0,31
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	65/17,15	83/20,96	96/19,40	244/19/21
<i>Micropopia minutissima</i> (Selln.)	5/1,32	-	14/2,83	19/1,50
<i>Passalozetes africanus</i> Gr.	-	8/2,02	-	8/0,62
<i>Passalozetes perforatus</i> (Berl.)	-	3/0,76	-	3/0,24
<i>Scutovertex minutus</i> (Koch)	3/0,79	-	-	3/0,24
<i>Scutovertex serratus</i> Sitnikova	-	1/0,25	-	1/0,08
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitnikova	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)*	1/0,26	-	-	1/0,08
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	-	30/7,58	-	30/2,36
<i>Zygoribatula thallossaphila</i> Gr.	5/1,32	-	-	5/0,39
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	5/1,32	8/2,02	3/0,61	16/1,26
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	4/1,06	6/1,51	-	10/0,79
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et Machmud.	5/1,32	10/2,53	-	15/1,18
<i>Euscheloribates</i> sp.	5/1,32	3/0,76	-	8/0,62
<i>Liebstadia similis</i> (Mich.)*	-	3/0,76	-	3/0,24
<i>Peloribates europaeus</i> Will.*	-	16/4,04	-	16/1,26
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	78/20,58	9/2,27	137/27,68	224/17,64
<i>Protoribates longior</i> Berl.	32/8,44	-	-	32/2,52
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	6/1,58	-	11/2,22	17/1,34
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	2/0,53	-	-	2/0,16
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	-	-	9/1,82	9/0,71
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	26/6,86	9/2,27	10/2,02	45/3,54
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	55/13,89	6/1,21	61/4,80
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	2/0,51	-	2/0,16
<i>Oribatella reticulata</i> Berl.	-	1/0,25	-	1/0,08
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	1/0,26	5/1,26	4/0,81	10/0,79
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berl.)*	-	-	1/0,20	1/0,08
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	-	-	2/0,40	2/0,16
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	1/0,26	-	-	1/0,08
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Gr.)	-	-	15/3,03	15/1,18
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	379	396	495	1270
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	37,9	39,7	49,5	42,33
Плотность, экз./м ²	15160	15840	19800	16932
Количество видов	37	32	38	69
Доминирующих	6	6	3	4
Часто встречаемых	4	7	10	7
Редких	27	19	25	58
Процентное отношение к общему числу оribатид	84,60	79,68	87,30	83,99
Количество преимагинальных фаз (личинок, нимф) оribатид	69	101	72	242
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	6,9	10,1	7,2	8,07
Плотность, экз./м ²	2760	4040	2880	3228
Процентное отношение к общему числу оribатид	15,40	20,32	12,70	16,01
Всего панцирных клещей, экз.	448	497	567	1512
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	44,8	49,7	56,7	50,4
Плотность, экз./м ²	17920	19880	22680	20160
Процентное отношение к общему числу	30,60	38,08	75,80	42,99

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
почвообитателей				
Класс Oligochaeta	-	2/0,25	-	2/0,10
Класс Arachnida. Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	164/16,14	69/8,54	7/3,87	240/11,97
Отр. Acariformes. Надсем. Acaroidea	51/5,02	5/0,62	-	56/2,79
Гипопусы	9/0,89	-	1/0,55	10/0,50
Сем. Trombiculidae	12/1,18	10/1,24	11/6,08	33/1,65
Прочие сем. отр. Acariformes	367/36,12	524/64,85	47/25,97	938/46,78
Надкласс Myriapoda. Класс Symphyla	-	-	6/3,31	6/0,30
Класс Chilopoda	4/0,39	10/1,24	-	14/0,70
Класс Diplopoda. Отр. Julida	-	10/1,24	5/2,76	15/0,75
Отр. Polixena. <i>Polixena lagurus</i>	-	1/0,12	-	1/0,05
Класс Insecta. Отр. Diplura	6/0,59	-	-	6/0,30
Отр. Podura	201/19,78	153/18,94	67/37,02	421/20,99
Отр. Thysanoptera	14/1,38	1/0,12	5/2,76	20/1,00
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinae	2/0,20	11/1,36	2/1,11	15/0,75
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	176/17,32	1/0,12	10/5,52	187/9,32
Надсем. Ichneumonidea	-	1/0,12	-	1/0,05
Отр. Coleoptera	2/0,20	2/0,25	-	4/0,20
Личинки насекомых	8/0,79	8/0,99	20/11,05	36/1,80
Всего других почвообитателей, экз.	1016	808	181	2005
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу	101,6	80,8	18,1	66,83
Плотность, экз./м ²	40640	32320	7240	26732
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	69,40	61,92	24,20	57,01
Всего почвенного населения, экз.	1464	1305	748	3517
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	146,4	130,5	74,8	117,23
Плотность, экз./м ²	58560	52200	29920	46892

Примечания:

1. * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
2. в числителе – количество особей, в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

В октябре на склоне горы численность почвенного населения по сравнению с маем снизилась в 1,1 раза – 1305 экз., плотность – 52200 экз./м². При температуре воздуха +10°C и влажности субстрата 19,05 % отмечено 497 экз. орибатид, плотность – 19880 экз./м² (имаго – 396 экз. (79,68 %), плотность – 15840 экз./м², преимагинальные фазы – 101 экз. (20,32 %), плотность – 4040 экз./м²). При сравнении численности орибатид на склоне в октябре с вершиной горы отмечаем увеличение этого показателя в 2,1 раза, что характеризует разнообразие условий обитания на вершине и склоне горы. На склоне отмечено 32 вида орибатид. Доминировали 6 видов: *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 7,32 % (29 экз.), часто встречался в мае, в ноябре не обнаружен; *Lauropia maritima* (Will.) – 11,87 % (47 экз.), преобладал в мае, часто встречался в ноябре; *Micropia minus* (Paoli) – 20,96 % (83 экз.), *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 6,06 % (24 экз.), доминировали на протяжении трех месяцев; *Zygoribatula exarata* (Berl.) – 7,58 % (30 экз.), в остальные 2 месяца не встречался; *Punctoribatula zachvatkini* Schald. – 13,89 % (55 экз.), редкий в ноябре, в мае не найден. Для вершины и склона в октябре отмечено 3 общих доминирующих вида (*B. immaculatus*, *Z. exarata*, *P. zachvatkini*) с различными индексами доминирования. Количество сопутствующих почвенных обитателей в октябре уменьшилось в 1,2 раз, по сравнению с маем, – до 808 экз. (61,92 %), плотность – 32320 экз./м². Доминировали гамазовые клещи – 8,54 % (69 экз.), прочие семейства из отряда Acariformes – 64,85 % (524 экз.), коллемболы – 18,94 % (153 экз.). Остальные представители (олигохеты, тироглифоидные и краснотелковые клещи,

хилоподы, диплоподы, кивсяки, трипсы, тли, муравьи, наездники, жуки и личинки насекомых) были малочисленны (см. табл. 2).

В ноябре на склоне горы при температуре воздуха +11°C и влажности почвы 26,58 % в 10 пробах обнаружено минимальное количество почвообитателей – 748 экз., плотность – 29920 экз./м², что в 1,9 – 1,7 раз меньше, чем в мае и октябре, соответственно. Из них доминировали панцирные клещи – 567 экз. (75,80 %), плотность – 22680 экз./м² (имаго – 495 экз. (87,30 %, плотность – 19800 экз./м², преимагинальные фазы – 72 экз. (12,70 %), плотность – 2880 экз./м²). Определено 38 видов. Доминировали 3 вида: *Microppia minus* (Paoli) – 19,40 % (96 экз.), *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 11,72 % (58 экз.), доминировали на протяжении трех месяцев; *Protoribates capucinus* Berl. – 27,68 % (137 экз.), доминировал в мае, часто встречался в октябре. Из 38 видов часто встречались 10 и редко – 25 видов. К концу осени наблюдается уменьшение количества доминирующих видов орибатид в 2 раза, а количество часто встречаемых видов увеличивается до 10, что связано с завершением циклов развития отдельных представителей комплекса орибатид.

Сопутствующие почвообитатели в ноябре на склоне горы составили минимальное количество – 181 экз. (24,20 %), плотность – 7240 экз./м², что в 5,6 – 4,4 раз меньше, по сравнению с маем и октябрём, соответственно, что обусловлено увеличением числа диапаузирующих форм почвообитателей. Увеличилась численность краснотелковых клещей – 6,08 % (11 экз.), в мае и октябре единичны; преобладали коллемболы – 37,02 % (67 экз.), но их количество уменьшилось в 3,0 – 2,3 раз, по сравнению с маем и октябрём, соответственно. Доминировали личинки насекомых – 11,05 % (20 экз.), в мае и октябре малочисленны; муравьи – 5,52 % (10 экз.), численность которых достигала пика в мае – 17,32 % (176 экз.), прочие семейства акариформных клещей составили 25,97 % (47 экз.), что в 7,8 – 11,1 раз меньше, чем в мае и октябрём, соответственно. Часто встречались гамазовые клещи, симфилы, кивсяки и трипсы. К редким отнесены гипопусы и тли (см. табл. 2).

В результате трехмесячных наблюдений в разные годы на склоне горы в 30 пробах учтено почвенного населения 3517 экз., плотность – 46892 экз./м². Панцирные клещи составили 42,99 % (1512 экз.), плотность – 20160 экз./м² (имаго – 1270 (83,99 %), плотность – 16932 экз./м², личинки и нимфы орибатид – 242 экз. (16,01 %), плотность – 3228 экз./м². Определено 69 видов панцирных клещей, относящихся к 47 родам и 31 семейству. Из них доминировали 4 вида: *Lauroppia maritima* (Will.) – 6,93 % (88 экз.), часто встречался в ноябре, преобладал в мае и октябрём; *Microppia minus* (Paoli) – 19,21 % (244 экз.) и *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 8,82 % (112 экз.), доминировали на протяжении трех месяцев; *Protoribates capucinus* Berl. – 17,64 % (224 экз.), часто встречался в октябрём, в мае и ноябре – доминирующий вид. Из 69 видов к часто встречаемым отнесены 7 и к редким – 59 видов. Всего сопутствующих почвообитателей учтено максимальное количество – 2005 экз. (57,01 %), плотность – 26732 экз./м², что в 1,3 – 1,8 раз превышает численность сопутствующего почвенного населения вершины и основания «Зуй-горы», соответственно. Из 18 обнаруженных сопутствующих почвенных групп преобладали гамазовые клещи – 11,97 % (240 экз.), доминировали на вершине и склоне, часто встречались в основании горы; прочие семейства отряда Acariformes – 46,78 % (938 экз.), коллемболы – 20,99 % (421 экз.) преобладали в трех исследуемых экотопах горы; муравьи – 9,32 % (187 экз.), единичны в октябрём, доминировали в мае и ноябре. Таким образом, панцирные клещи и сопутствующие почвенные обитатели преобладали на пологом склоне «Зуй-горы» с подлеском и обильной растительной подстилкой (см. табл. 2).

Основание «Зуй-горы». В мае при температуре воздуха +20°C и влажности почвы 26,58 % в 10 пробах отмечено 978 экз. почвообитателей, плотность – 39120 экз./м², что в 1,2 раз больше, чем на вершине и в 1,5 раза меньше, чем на склоне. Панцирные клещи составили 51,53 % (594 экз.), плотность – 20160 экз./м² (имаго – 427 экз. (84,72 %), плотность – 17080 экз./м², преимагинальные фазы – 77 экз. (15,28 %), плотность – 3060 экз./м²), что в 1,1 раз меньше, чем в октябрём и в 1,3 раз больше, чем в ноябре. Определено минимальное количество видов орибатид – 22. Доминировали 5 видов: *Perlohmanna coiffaiti* Gr. – 5,62 %

(24 экз.), в октябре и ноябре не обнаружен; *Microppia minus* (Paoli) – 8,91 % (38 экз.), доминировал в октябре, не встречался в ноябре; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 6,09 % (26 экз.), преобладал в октябре, часто встречался в ноябре; *Protoribates monodactylus* (Haller) – 15,46 % (66 экз.), доминировал в ноябре, редкий в октябре; *P. carpicinus* Berl. – 42,39 % (181 экз.), преобладал на протяжении всего периода исследований. К часто встречаемым отнесены 5 и к редким – 22 вида. Численность орибатид в основании горы распределена неравномерно и своего пика этот показатель достигал в октябре 2009 г., минимум отмечен в ноябре 2015 г. Сопутствующие почвенные обитатели в мае составили 48,47 % (474 экз.), плотность – 18960 экз./м². Из 12 таксономических групп преобладали гамазовые клещи – 16,88 % (80 экз.), доминировали в октябре, часто встречались в ноябре; хилоподы – 6,12 % (29 экз.), редкие в октябре, отсутствовали в ноябре; коллемболы – 56,96 % (270 экз.), сборная группа акариформных клещей – 13,29 % (63 экз.), доминировали все 3 месяца исследований. Часто встречались трипсы, остальные представители почвенного ценоза (олигохеты, тироглифоидные клещи и гипопусы, *Polyxena lagurus*, юлиды, муравьи, личинки насекомых) немногочисленны, что, по всей видимости, связано с завершением зимней диапаузы и восстановлением биологической цикличности отдельных представителей педобионтов исследуемых экотопов (табл. 3).

Таблица 3

Сезонная численность панцирных клещей и сопутствующих почвообитателей основания «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 2015 гг.)

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	-	1/0,20	-	1/0,08
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudms.	11/2,58	1/0,20	-	12/0,97
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	-	-	7/2,26	7/0,56
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	-	1/0,20	55/17,74	56/4,52
<i>Brachychthonius berleseii</i> Will.	-	2/0,40	-	2/0,16
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	1/0,23	6/1,19	-	7/0,56
<i>Liochthonius lapponicus</i> (Trag.)	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Eulohmannia ribagai</i> Berl.	9/2,11	7/1,39	-	16/1,29
<i>Perlohmania coiffaiti</i> Grand.	24/5,62	-	-	24/1,93
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	11/2,58	-	-	11/0,89
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	-	7/1,39	1/0,32	8/0,64
<i>Hermanniella dolosa</i> (Grandj.)	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Hermanniella punctulata</i> Berl.	3/0,70	8/1,58	17/5,48	28/2,26
<i>Gymnodamaeus bicostatus</i> Koch	-	-	3/0,97	3/0,24
<i>Licnodamaeus undulatus</i> (Paoli)	-	-	6/1,94	6/0,48
<i>Licnobelba alestensis</i> Gr.	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	3/0,59	-	3/0,24
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	1/0,23	22/4,35	2/0,65	25/2,01
<i>Metabelba rohdendorfi</i> B.-Z.	-	1/0,20	-	1/0,08
<i>Nellacarus causicinus</i> D.Kriv.	-	1/0,20	-	1/0,08
<i>Fosseremaeus laciniatus</i> (Berl.)	-	2/0,40	29/9,35	31/2,50
<i>Microzetorches emeryi</i> (Coggi)	-	-	26/8,39	26/2,09
<i>Liacarus coracinus</i> (Koch)*	-	-	2/0,65	2/0,16
<i>Liacarus lenkoranicus</i> D. Kriv.	-	-	2/0,65	2/0,16
<i>Doricranosus moraviacus</i> (Will.)	-	11/2,18	-	11/0,89
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.*	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forssl.)	1/0,23	1/0,20-	-	2/0,16
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz.	-	2/0,40	10/3,22	12/0,97
<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudms.)	1/0,23	-	11/3,55	12/0,97
<i>Multioppi glabra</i> Mih.	4/0,94	6/1,19	9/2,90	19/1,53
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	-	59/11,68	3/0,97	62/4,99

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	17/3,98	1/0,20	-	18/1,45
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	-	-	7/2,26	7/0,56
<i>Ramusella clavipectinata</i> Mich.	26/6,09	33/6,53	12/3,87	71/5,72
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	17/3,98	9/1,78	2/0,65	28/2,25
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	38/8,91	34/6,73	-	72/5,80
<i>Micropopia minutissima</i> (Selln.)	4/0,94	-	-	4/0,32
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitnikova	-	4/0,79	-	4/0,32
<i>Oribatula tibialis</i> Mih.	5/1,17	17/3,36	-	22/1,77
<i>Oribatula pallida</i> Banks	1/0,23	-	-	1/0,08
<i>Zygoribatula thalassophila</i> Gr.	-	4/0,79	-	4/0,32
<i>Hemileius initialis</i> Berl.				
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	-	1/0,20	-	1/0,08
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	-	3/0,59	-	3/0,24
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et Machm.	-	9/1,78	-	9/0,73
<i>Liebstadia similis</i> (Mih.) *	-	3/0,59	-	3/0,24
<i>Peloribates europaeus</i> Will.*	-	1/0,20	3/0,97	4/0,32
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	181/42,39	112/22,18	37/11,93	330/26,57
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	66/15,46	10/1,98	28/9,03	104/8,38
<i>Protoribates longior</i> Berl.	-	31/6,14	-	31/2,50
<i>Haplozetes vindobanensis</i> Will.	-	-	2/0,65	2/0,16
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	-	72/14,26	15/4,84	87/7,01
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	-	-	4/1,29	4/0,32
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Ceratozetoides cisalpinus</i> (Berl.)	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	1/0,23	1/0,20	1/0,32	3/0,24
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	3/0,70	-	3/0,07	6/0,48
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	2/0,47	13/2,57	-	15/1,21
<i>Phthiracarus anonimum</i> Gr.	-	-	2/0,65	2/0,16
<i>Phthiracarus globosus</i> (Koch)	-	-	1/0,32	1/0,08
<i>Tropacarus carinatus</i> (Koch)	-	6/1,19	-	6/0,48
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	427	505	310	1242
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	42,7	50,5	31,0	41,4
Плотность, экз./м ²	17080	20200	12400	16560
Количество видов	22	37	37	63
Доминирующих	5	6	6	5
Часто встречаемых	5	4	7	8
Редких	12	27	24	50
Процентное отношение к общему числу оribатид	84,72	88,75	84,70	86,31
Количество преимагинальных фаз (личинок, нимф) оribатид	77	64	56	197
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	7,7	6,4	5,6	6,56
Плотность, экз./м ²	3080	2560	2240	2624
Процентное отношение к общему числу оribатид	15,28	11,25	15,30	13,69
Всего панцирных клещей, экз.	504	569	366	1439
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	50,4	56,9	36,6	47,96
Плотность, экз./м ²	20160	22760	14640	19184
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	51,53	60,28	62,25	57,33
Класс Oligochaeta	2/0,42	7/1,87	-	9/0,84
Класс Arachnida. Отр. Pseudoscorpiones	-	1/0,27	2/0,90	3/0,28
Класс Arachnida. Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	80/16,88	32/8,53	9/4,06	121/11,31
Отр. Acariformes. Надсем. Acaroidea	4/0,84	2/0,53	-	6/0,56
Гипопусы	8/1,70	8/2,13	2/0,90	18/1,68

Вид	май 2009 г.	октябрь 2009 г.	ноябрь 2015 г.	Всего
Сем. Trombiculidae	-	-	14/6,31	14/1,31
Прочие сем. отр. Acariformes	63/13,29	131/34,94	65/29,28	259/24,18
Надкласс Myriapoda. Класс Symphyla	-	-	4/1,80	4/0,37
Класс Chilopoda	29/6,12	3/0,80	-	32/2,99
Класс Diplopoda. Отр. Julida	1/0,21	2/0,53	-	3/0,28
Отр. Polixena. <i>Polixena lagurus</i>	1/0,21	-	-	1/0,09
Класс Insecta. Отр. Podura	270/56,96	154/41,07	112/50,45	536/50,05
Отр. Thysanoptera	10/2,11	2/0,53	1/0,45	13/1,21
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinae	-	3/0,80	-	3/0,28
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	2/0,42	-	5/2,25	7/0,65
Надсем. Ichneumonoidea	-	3/0,80	-	3/0,28
Личинки насекомых	4/0,84	27/7,20	8/3,60	39/3,64
Всего других почвообитателей, экз.	474	375	222	1071
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу	47,4	37,5	22,2	35,7
Плотность, экз./м ²	18960	15000	8880	14280
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	48,47	39,72	37,75	42,67
Всего почвенного населения, экз.	978	944	588	2510
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	97,8	94,4	58,8	83,66
Плотность, экз./м ²	39120	37760	23520	33464

Примечания:

- * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
- в числителе – количество особей, в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

В октябре при температуре воздуха +10°C и влажности почвы 33,33 % в 10 пробах отмечено 944 экз. почвообитателей со средней плотностью населения 37760 экз./м², что в 1,1 раз больше, чем на вершине, в 1,3 раз меньше, чем на склоне. Орибатид в октябре зарегистрировано максимальное количество – 569 экз. (28 %), плотность – 22760 экз./м² (имаго – 505 экз. (88,75 %), 20200 экз./м²; преимагинальные фазы – 64 экз. (11,25 %), 2560 экз./м²). По сравнению с маем количество видов орибатид увеличилось в 1,6 раз – до 37. Доминировали 6 видов: *Oppiella nova* (Oudms.) – 11,68 % (59 экз.), редкий в ноябре, не обнаружен в мае; *Micropoppia minus* (Paoli) – 6,73 % (34 экз.); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 6,53 % (33 экз.); *Protoribates capucinus* (Mih.) – 22,18 % (112 экз.); *P. longior* Berl. – 6,14 % (31 экз.), в мае и ноябре не обнаружен; *Ceratozetes mediocris* Berl. – 14,26 % (72 экз.), часто встречался в ноябре, в мае не отмечен. К часто встречаемым отнесены 7, к редким – 27 видов. В мае и октябре впервые отмечены 4 доминирующих вида орибатид: *P. coiffaiti*, *O. nova*, *P. longior*, *C. mediocris*. Сопутствующие обитатели почвы в октябре составили 39,72 % (375 экз.), плотность – 15000 экз./м². Из 13 групп преобладали гамазовые клещи – 8,53 % (32 экз.), коллемболы – 41,07 % (154 экз.) и сборная группа акарифомных клещей – 34,94 % (131 экз.), а также личинки насекомых – 7,20 % (27 экз.), у которых в весенний период отмечена биологическая активность в личиночной фазе. Часто встречались гипопусы – 2,13 % (8 экз.), остальные представители (олигохеты, ложноскорпионы, акаридиевые клещи, хилоподы, кивсяки) были малочисленны (см. табл. 3).

В ноябре при температуре воздуха +11°C и влажности почвы 31,58 % в 10 пробах отмечен минимум почвенного населения – 588 экз., плотность – 23520 экз./м², что в 1,7 – 1,6 раз меньше, чем в мае и октябре, соответственно. Из них панцирные клещи составили минимальное количество – 366 экз. (62,25 %), плотность – 14649 экз./м² (имаго – 310 экз. (84,70 %), 12400 экз./м²; преимагинальные фазы – 56 экз. (15,30 %), 2240 экз./м²). Определено 37 видов орибатид. Доминировали 6 видов: *Hypochthoniella minutissima* (Berl.) – 17,74 % (55 экз.), *Fosseretmaeus laciniatus* Berl. – 9,35 % (29 экз.), редкие в октябре, не встречались в мае; *Hermannella punctulata* Berl. – 5,48 % (17 экз.), редкий в мае и октябре;

Microzetorchestes emeryi (Coggi) – 8,39 % (26 экз.), в мае и октябре не найден; *Protoribates monodactylus* (Haller) – 9,03 % (28 экз.), *P. capucinus* Berl. – 11,93 % (37 экз.). Среди доминантов впервые отмечены 4 вида орибатид: *H. minutissima*, *H. punctulata*, *F. laciniatus*, *M. emeryi*. Часто встречались 7 и редко – 24 вида. Доминирующие виды орибатид с различными индексами доминирования характерны для определённого сезона года, что зависит от их биологической активности и расположения экотопов. В ноябре также отмечен минимум сопутствующих почвенных обитателей – 222 экз. (37,75 %), плотность – 8880 экз./м². Из 10 обнаруженных групп преобладали краснотелковые клещи – 6,31 % (14 экз.), в мае и октябре не встречались, отсутствовали в ноябре на вершине горы, на склоне горы доминировали в ноябре, в мае и октябре единичны. Таким образом, для краснотелковых клещей более благоприятные условия складываются на среднем и нижнем ярусах «Зуй-горы». Гамазовые клещи в ноябре перешли в ранг часто встречаемых. Сборная группа акариформных клещей составила 29,28 % (65 экз.). Коллемболы составили 50,45 % (112 экз.), доминировали весь период исследований, это одна из основных групп почвенного зооценоза. Часто встречались муравьи и личинки насекомых, остальные представители (ложноскорпионы, гипопусы, симфины, трипсы) были малочисленны (см. табл. 3).

В целом у основания «Зуй-горы» в 30 пробах всего обнаружено 2510 экз. почвообитателей со средней плотностью населения 33464 экз./м². Из них панцирных клещей учтено 1439 экз. (57,33 %), плотность – 19184 экз./м² (имаго – 1242 экз. (86,31 %), 16560 экз./м²; преимагинальные фазы – 197 экз. (13,69 %), 2624 экз./м²). Определено 63 вида панцирных клещей, относящихся к 43 родам и 30 семействам. Доминировали 5 видов: *Micropia minus* (Paoli) – 5,80 % (72 экз.); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 5,72 % (71 экз.); *Protoribates monodactylus* (Haller) – 8,38 % (104 экз.); *P. capucinus* Berl. – 26,57 % (330 экз.); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 7,01 % (87 экз.). К часто встречаемым отнесены 8 и к редким – 50 видов. Отмечен минимум сопутствующих почвообитателей среди всех исследуемых экотопов – 1071 экз. (42,67 %), плотность – 14280 экз./м². Доминировали гамазовые клещи – 11,31 % (121 экз.), часто встречались в ноябре, в мае и октябре доминировали среди сопутствующих обитателей почвы; коллемболы – 50,05 % (536 экз.) и сборная группа акариформных клещей – 24,18 % (259 экз.), преобладали весь период исследований. Часто встречались хилоподы, доминировали в мае, единичны в октябре, не встречались в ноябре; личинки насекомых – доминировали в октябре, часто встречались в ноябре и редкие в мае. Остальные представители (олигохеты, ложноскорпионы, тироглифиды и гипопусы, краснотелковые клещи, поликсены, симфины, юлиды, трипсы, тли, муравьи, наездники) были малочисленны (см. табл. 3).

Таким образом, из 90 проб в трех исследуемых экотопах (вершина, склон и основание «Зуй-горы») извлечено 8027 экз. почвообитателей со средней плотностью населения 35672 экз./м². Панцирные клещи составили 43,42 % (3485 экз.), плотность – 15488 экз./м². Определено 104 вида орибатид, относящихся к 64 родам и 37 семействам. В целом для «Зуй-горы» характерны 3 доминирующих вида: *Micropia minus* (Paoli) – 12,76 % (375 экз.), преобладал в трех исследуемых экотопах с различной вариацией индексов доминирования на протяжении мая, октября 2009 г. и ноября 2015 г.; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 6,71 % (197 экз.), часто встречался на вершине горы, в мае и октябре не отмечен, в ноябре доминировал, на склоне горы доминировал 3 месяца и в основании горы преобладал в мае и октябре, часто встречался в ноябре; *Protoribates capucinus* Berl. – 19,06 % (560 экз.), в целом на вершине горы – редкий вид (в октябре часто встречался, в мае и ноябре не обнаружен), преобладал на склоне горы, в октябре отмечен как часто встречаемый вид, доминировал в основании горы все три месяца. Доминирующим видам характерна вариация их обилия в отдельные сезоны года, что зависит от условий обитания, эдафических свойств экотопа и биологических циклов видов (рис. 1–3). Пик численности орибатид приходится на склон «Зуй-горы» – 1512 экз., что в 2,8 – 1,1 раз превышает численность клещей на вершине и у основания, соответственно (рис. 4). Минимум численности клещей отмечен на вершине горы, в открытом экотопе. Вертикальное распределение панцирных клещей четко выражено

(см. табл. 1–4). Индекс фаунистического сходства орибатид вершины и основания минимален – 47,05 %, максимум отмечен между склоном и основанием – 65,15 %. Обилие и большое видовое разнообразие панцирных клещей, как почвенной индикаторной группы членистоногих, характеризует уникальность ландшафта РЛП «Зуевский», что в целом характерно для природных ландшафтов Донбасса [6–8]. Сопутствующие педобионты в целом составили 50,46 % (4542 экз.), плотность – 20184 экз./м². К преобладающим группам отнесены гамазовые клещи – 11,80 % (536 экз.), доминировали в трех исследуемых экотопах; коллемболы – 28,56 % (1297 экз.), преобладали весь период исследований; муравьи – 5,63 % (256 экз.), численность резко варьировала в экотопах в отдельные сезоны года; сборная группа акариформных клещей – 40,89 % (1857 экз.), доминировала в трех экотопах весь период исследований. Часто встречались акароидные клещи и личинки насекомых, численность которых в исследуемые месяцы также значительно варьировала. Остальные сопутствующие почвообитатели были малочисленны (см. табл. 4).

Таблица 4

**Панцирные клещи и сопутствующие почвообитатели «Зуй-горы» РЛП «Зуевский»
(2009, 20015 гг.)**

Вид	Вершина	Склон	Основание	Всего
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	-	1/0,08	1/0,08	2/0,07
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudms.	-	-	12/0,97	12/0,41
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	2/0,47	32/2,52	7/0,56	41/1,39
<i>Sphaerochthonius ovatus</i> Serg.	6/1,40	-	-	6/0,20
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	-	13/1,02	56/4,52	69/2,35
<i>Cosmochthonius ponticus</i> Gordeeva	1/0,24	3/0,24	-	4/0,14
<i>Cosmochthonius novus</i> Serg.	1/0,24	-	-	1/0,03
<i>Cosmochthonius tenuisetosus</i> Gord.	-	2/0,16	-	2/0,07
<i>Phylozetes emmae</i> Berl.	14/3,29	4/0,31	-	18/0,61
<i>Phylozetes tauricus</i> Gord.	2/0,47	-	-	2/0,07
<i>Brachychthonius berleseii</i> Will.	3/0,70	3/0,24	2/0,16	8/0,27
<i>Brachychthonius marginatus</i> Forssl.	2/0,47	1/0,08	-	3/0,10
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	12/2,82	37/2,91	7/0,56	56/1,91
<i>Brachychthonius zelawainensis</i> (Selln.)	4/0,94	-	-	4/0,14
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh	-	1/0,08	-	1/0,03
<i>Liochthonius lapponicus</i> (Trag.)	6/1,40	-	1/0,08	7/0,24
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	5/1,17	5/0,39	-	10/0,34
<i>Papillacarus aciculatus</i> (Berl.)	-	2/0,16	-	2/0,07
<i>Eulohmannia ribagai</i> Berl.	-	-	16/1,29	16/0,54
<i>Perlohmannia coiffaiti</i> Grand.	-	-	24/1,93	24/0,82
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	9/2,11	-	11/0,89	20/0,68
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	2/0,47	3/0,24	8/0,64	13/0,44
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	3/0,24	-	3/0,10
<i>Hermanniella dolosa</i> (Grandj.)	-	3/0,24	1/0,08	4/0,14
<i>H. punctulata</i> Berl.	-	3/0,24	28/2,26	31/1,06
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	-	5/0,39	-	5/0,17
<i>Gymnodamaeus austriacus</i> Will.	2/0,47	9/0,71	-	11/0,37
<i>Gymnodamaeus bicostatus</i> Koch	-	1/0,08	3/0,24	4/0,14
<i>Licnodamaeus undulatus</i> (Paoli)	-	24/1,89	6/0,48	30/1,02
<i>Licnoliodes andrei</i> Gr.	-	4/0,31	-	4/0,14
<i>Licnobelba alestensis</i> Gr.	1/0,24	1/0,08	1/0,08	3/0,10
<i>Epidamaeus plumosus</i> B.-Z.	1/0,24	-	-	1/0,03
<i>Epidamaeus pavlovskii</i> B.-Z.	-	12/0,94	-	12/0,41
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	-	3/0,24	3/0,10
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	-	2/0,16	25/2,01	27/0,92
<i>Metabelba rohdendorfi</i> B.-Z.	-	-	1/0,08	1/0,03
<i>Nellacarus caucasicus</i> D.Kriv.	-	2/0,16	1/0,08	3/0,10

Вид	Вершина	Склон	Основание	Всего
<i>Fosseremaeus laciniatus</i> (Berl.)	-	-	31/2,50	31/1,06
<i>Microzetorchestes emeryi</i> (Coggi)	-	-	26/2,09	26/0,89
<i>Zetorchestes micronichus</i> (Berl.)	1/0,24	-	-	1/0,03
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Herm.)*	3/0,70	-	-	3/0,10
<i>Liacarus coracinus</i> (Koch)*	-	-	2/0,16	2/0,07
<i>Liacarus lenkoranicus</i> D. Kriv.	-	-	2/0,16	2/0,07
<i>Liacarus breviamellatus</i> Mih.	1/0,24	-	2/0,16	3/0,10
<i>Liacarus vombi</i> (Dalenius)	-	3/0,24	-	3/0,10
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	5/1,17	-	-	5/0,17
<i>Dorycranosus moraviacus</i> (Will.)	-	-	11/0,39	11/0,37
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.*	-	4/0,31	1/0,08	5/0,17
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	6/1,40	8/0,62	1/0,08	15/0,51
<i>Tectocephus sarekensis</i> Trag.	1/0,24	-	-	1/0,03
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forssl.)	-	7/0,55	2/0,16	9/0,31
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz.	-	2/0,16	12/0,97	14/0,48
<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudms.)	-	2/0,16	12/0,97	14/0,48
<i>Multioppi glabra</i> Mih.	7/1,64	21/1,65	19/1,53	47/1,59
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	-	1/0,08	62/4,99	63/2,14
<i>Epimerella smirnovi</i> var <i>longisetosa</i> Kul.	1/0,24	-	-	1/0,03
<i>Lauroppia maritima</i> (Will.)	46/10,79	88/6,93	-	134/4,54
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	-	6/0,47	18/1,45	24/0,82
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	29/6,81	28/2,20	7/0,56	64/2,18
<i>Ramusella clavipectinata</i> Mich.	14/3,29	112/8,82	71/5,72	197/6,71
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	-	4/0,31	28/2,25	32/1,09
<i>Berniniella bicarinata</i> (Paoli)	2/0,47	-	-	2/0,07
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	59/13,85	244/19,21	72/5,80	375/12,76
<i>Micropopia minutissima</i> (Selln.)	16/3,76	19/1,50	4/0,32	39/1,33
<i>Oppia krivolutskyi</i> Kul.	2/0,47	2/0,16	-	4/0,14
<i>Passalozetes africanus</i> Gr.	2/0,47	8/0,62	-	10/0,34
<i>Passalozetes perforatus</i> (Berl.)	-	3/0,24	-	3/0,10
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitnikova	-	2/0,16	4/0,32	6/0,20
<i>Scutovertex minutus</i> (Koch)*	1/0,24	3/0,24	-	4/0,14
<i>Scutovertex serratus</i> Sitnikova	-	1/0,08	-	1/0,03
<i>Oribatula tibialis</i> Mih.	-	-	22/1,77	22/0,75
<i>Oribatula pallida</i> Banks	-	-	1/0,08	1/0,03
<i>Zygoribatula thalassophila</i> Gr.	6/1,40	5/0,39	4/0,32	15/0,51
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)*	1/0,24	1/0,08	-	2/0,07
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	18/4,23	30/2,36	-	48/1,63
<i>Hemileius initialis</i> Berl.	24/5,63	-	-	24/0,82
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	7/1,64	16/1,26	1/0,08	24/0,82
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	4/0,94	10/0,79	3/0,24	17/0,58
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et Machm.	2/0,47	15/1,18	9/0,73	26/0,89
<i>Euscheloribates</i> sp.	6/1,40	8/0,62	-	14/0,48
<i>Liebstadia similis</i> (Mih.) *	-	3/0,24	3/0,24	6/0,20
<i>Peloribates europaeus</i> Will.*	-	16/1,26	4/0,32	20/0,68
<i>Peloribates pilosus</i> Hammer	3/0,70	-	-	3/0,10
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	6/1,40	224/17,64	330/26,57	560/19,06
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	1/0,24	17/1,34	104/8,38	122/4,15
<i>Protoribates longior</i> Berl.	4/0,94	32/2,52	31/2,50	67/2,28
<i>Haplozetes vindobanensis</i> Will.	-	-	2/0,16	2/0,07
<i>Trichoribates novus</i> (Selln.)*	2/0,47	-	-	2/0,07
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	3/0,70	2/0,16	87/7,01	92/3,13
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	35/8,22	9/0,71	4/0,32	48/1,63
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	1/0,24	45/3,54	1/0,08	47/1,61
<i>Ceratozetoides cisalpinus</i> (Berl.)	-	-	1/0,08	1/0,03
<i>Cerezella venusta</i> Pavl.	2/0,47	-	-	2/0,07
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	24/5,63	61/4,80	3/0,24	88/3,00
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	2/0,16	-	2/0,07

Вид	Вершина	Склон	Основание	Всего
<i>Oribella reticulata</i> Berl.	-	1/0,08	-	1/0,03
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	3/0,70	10/0,79	6/0,48	19/0,65
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	1/0,24	2/0,16	1/0,08	4/0,14
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berl.)*	-	1/0,08	-	1/0,03
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	3/0,70	1/0,08	15/1,21	19/0,65
<i>Phthiracarus anonimum</i> Gr.	-	-	2/0,16	2/0,07
<i>Phthiracarus globosus</i> (Koch)	1/0,24	-	1/0,08	2/0,07
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Gr.)	-	15/1,18	-	15/0,51
<i>Tropacarus carinatus</i> (Koch)	-	-	6/0,48	6/0,20
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	426	1270	1242	2938
Количество проб	30	30	30	90
Количество на 1 пробу, экз.	14,2	42,33	41,4	32,64
Плотность, экз./м ²	5680	16932	16560	13050
Количество видов	56	69	63	104
Доминирующих	6	4	5	3
Часто встречаемых	6	7	8	9
Редких	44	58	50	92
Процентное отношение к общему числу оribатид	79,78	83,99	86,31	84,30
Количество преимагинальных фаз (личинок, нимф) оribатид	108	242	197	547
Количество проб	30	30	30	90
Количество на 1 пробу, экз.	3,6	8,07	6,56	6,08
Плотность, экз./м ²	1440	3228	2624	2432
Процентное отношение к общему числу оribатид	20,22	16,01	13,69	15,70
Всего панцирных клещей, экз.	534	1512	1439	3485
Количество проб	30	30	30	90
Количество на 1 пробу, экз.	17,8	50,4	47,96	38,72
Плотность, экз./м ²	7120	20160	19184	15488
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	26,70	42,99	57,33	43,42
Класс Nematoda	1/0,07	-	-	1/0,02
Класс Oligochaeta	3/0,20	2/0,10	9/0,84	14/0,31
Класс Arachnida. Отр. Pseudoscorpiones	-	-	3/0,28	3/0,07
Класс Arachnida. Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	175/11,94	240/11,97	121/11,31	536/11,8
Отр. Acariformes. Надсем. Acaroidea	83/5,66	56/2,79	6/0,56	145/3,21
Гипопусы	-	10/0,50	18/1,68	28/0,62
Сем. Trombiculidae	8/0,54	33/1,65	14/1,31	55/1,21
Прочие сем. отр. Acariformes	660/45,02	938/46,78	259/24,18	1857/40,9
Надкласс Муриарода. Класс Symphyla	1/0,07	6/0,30	4/0,37	11/0,24
Класс Chilopoda	11/0,75	14/0,70	32/2,99	57/1,25
Класс Diplopoda. Отр. Julida	34/2,32	15/0,75	3/0,28	52/1,14
Отр. Polixena. <i>Polixena lagurus</i>	1/0,07	1/0,05	1/0,09	3/0,07
Класс Insecta. Отр. Diplura	-	6/0,30	-	6/0,13
Класс Insecta. Отр. Podura	340/23,19	421/20,99	536/50,05	1297/28,6
Отр. Psocoptera	1/0,07	-	-	1/0,02
Отр. Thysanoptera	7/0,48	20/1,00	13/1,21	40/0,88
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinae	45/3,07	15/0,75	3/0,28	63/1,39
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	62/4,23	187/9,32	7/0,65	256/5,63
Надсем. Ichneumonoidea	-	1/0,05	3/0,28	4/0,08
Отр. Coleoptera	2/0,14	4/0,20	-	6/0,13
Личинки насекомых	32/2,18	36/1,80	39/3,64	107/2,35
Всего других почвообитателей, экз.	1466	2005	1071	4542
Количество проб	30	30	30	90
Количество на 1 пробу	48,86	66,83	35,70	50,46
Плотность, экз./м ²	19544	26732	14280	20184
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	73,30	57,01	42,67	56,58

Вид	Вершина	Склон	Основание	Всего
Всего почвенного населения, экз.	2000	3517	2510	8027
Количество проб	30	30	30	90
Количество на 1 пробу, экз.	66,66	117,23	83,66	89,18
Плотность, экз./м ²	26664	46892	33464	35672

Примечания:

- * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
- в числителе – количество особей, в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

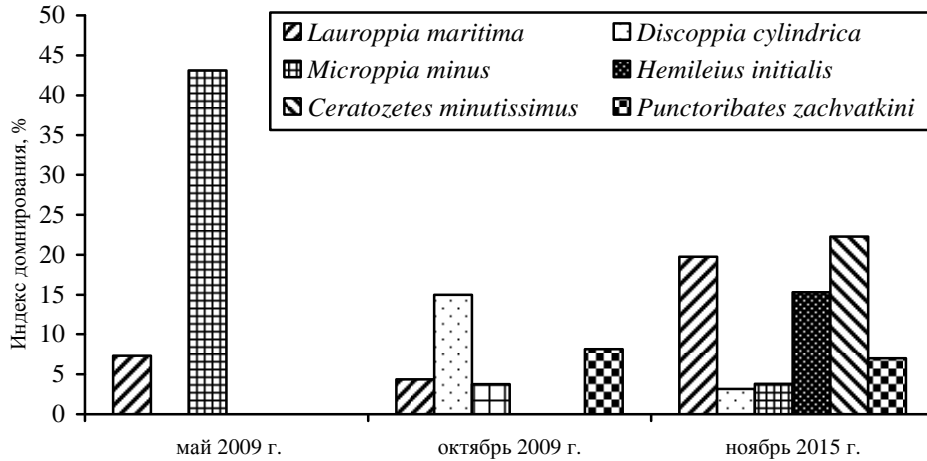


Рис. 1. Доминирующие виды панцирных клещей вершины «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 20015 гг.)

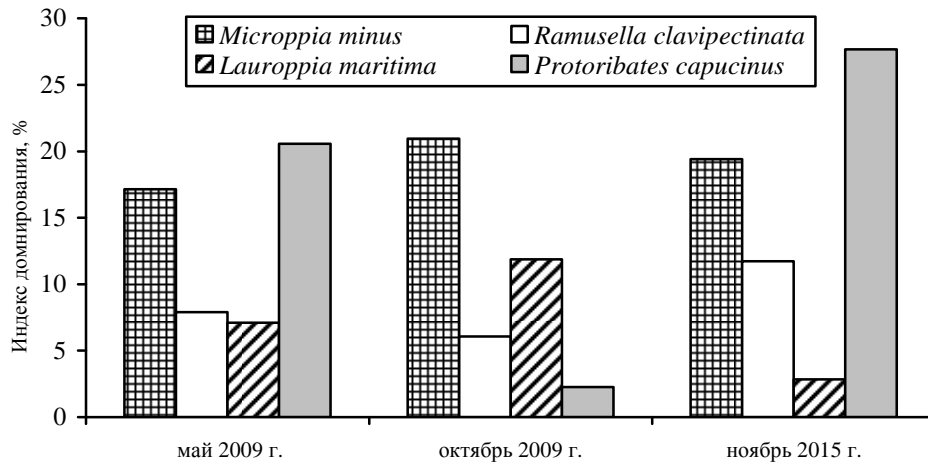


Рис. 2. Доминирующие виды панцирных клещей склона «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 20015 гг.)

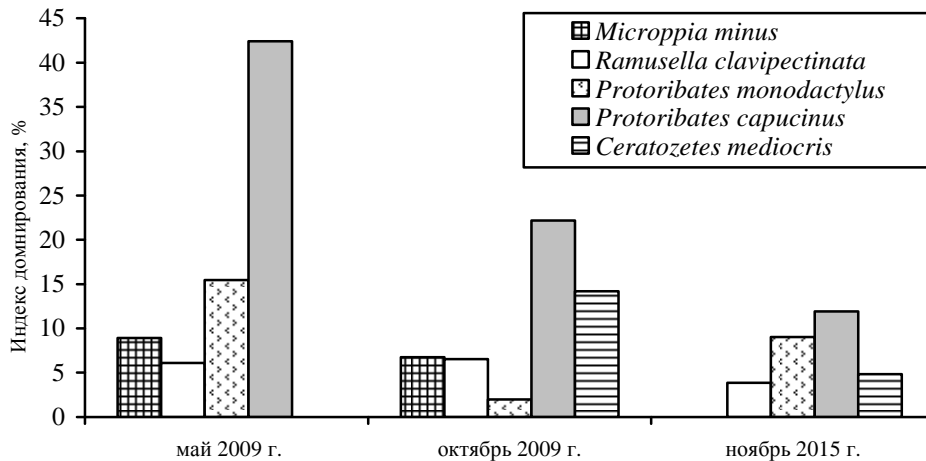


Рис. 3. Доминирующие виды панцирных клещей основания «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 20015 гг.)

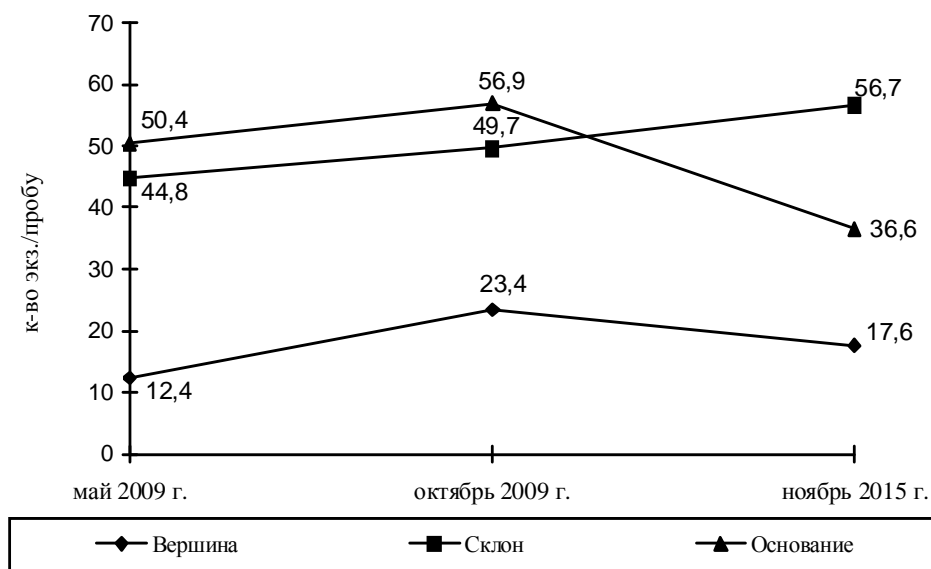


Рис. 4. Динамика численности панцирных клещей «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» (2009, 20015 гг.)

Выводы

1. Впервые для «Зуй-горы» РЛП «Зуевский» определен видовой состав панцирных клещей и сопутствующих почвообитателей. Обнаружено 104 вида панцирных клещей, относящихся к 64 родам и 37 семействам.

2. Определены доминирующие виды оribатид, количество и видовой состав которых варьирует в зависимости от высоты расположения экотопа и сезона года. На вершине горы преобладали 6 видов (*Lauroppia maritima*, *Discoppia cylindrica*, *Micropoppia minus*, *Hemileius initialis*, *Ceratozetes minutissimus*, *Punctoribates zachvatkini*), на склоне – 4 вида (*Lauroppia maritima*, *Micropoppia minus*, *Ramusella clavipectinata*, *Protoribates capucinus*), в основании горы – 5 видов (*Micropoppia minus*, *Ramusella clavipectinata*, *Protoribates monodactylus*, *Protoribates capucinus*, *Ceratozetes mediocris*).

3. Численность панцирных клещей варьирует от минимума на вершине (534 экз.) до максимума на склоне (1512 экз.) в зависимости от высоты экотопа. Численность сопутствующих почвообитателей была минимальной в основании (1071 экз.), пик этого показателя отмечен на склоне горы (2005 экз.). Среди них преобладали гамазовые клещи, коллемболы и муравьи, часто встречались акароидные клещи и личинки насекомых.

Список литературы

1. Гиляров М. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под действием антропогенных факторов / М. С. Гиляров // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М. : Наука, 1982. – С. 8–12.

2. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – оribатиды / Е. М. Буланова-Захваткина. – М. : Высш. шк., 1967. – 253 с.

3. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М. : Высш. шк., 1971. – 424 с.

4. Беклемишев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяции эктопаразитов и нидиколов / В. Н. Беклемишев // Зоол. журн. – 1961. – 40, вып. 2. – С. 143–158.

5. Чернова Н. М. Определитель коллембол фауны СССР / Н. М. Чернова, Б. Р. Стриганова. – М. : Наука, 1988. – 209 с.

6. Ярошенко Н. Н. Почвенные членистоногие поймы р. Ольховой регионального ландшафтного парка «Зуевский» Донецкой области / Н. Н. Ярошенко // Проблемы экологии

и охраны природы техногенного региона: межвуз. сб. научн. работ. – Донецк : ДонНУ, 2007. – Вып. 7. – С. 137–147.

7. Ярошенко Н. Н. Стациальное распределение панцирных клещей в Липовой балке регионального ландшафтного парка «Зуевский» (Донецкая область) / Н. Н. Ярошенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1 (10). – С. 178–183.

8. Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи (Acariformes: Oribatei) и сопутствующие почвенные обитатели регионального ландшафтного парка «Краматорский» Донецкой области / Н. Н. Ярошенко. – Донецк : ЛАНДОН-XXI, 2015. – 224 с.

Yaroshenko N. N. The season-vertical distribution of oribatid mites and related inhabitants of «Zui-mountains» of Republican landscape park «Zuevsky». – Three ecotopes (top, slope and base) «Zui-mountain» of RLP «Zuevsky» in May, October 2009 and November 2015, 90 samples considered 8027 pedobionts with an average population density of 35672 ind./m² are studied. Oribatid mites as the dominant group totaled 43,42 % (3485 ex., density – 15488 ind./m²), pedobionts – 56,58% (4542 ex., density – 20184 ind./m²). Defined 104 species of oribatid mites belonging to 64 genera and 37 families. Among the dominant species (4–6) prevailed *Oppia* complex. The main core of the accompanying pedobionts (21 group) were gamasid mites, springtails and ants.

Key words: oribatid mites, pedobionts, RLP «Zuevsky».

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

УДК 635.82 : 577.15

© С. И. Демченко, И. В. Дудка, Е. С. Швиндина
**ЦЕЛЛЮЛОЗО- И ЛИГНОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ
ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.: FR.) KUMM.
ПРИ ТВЕРДОФАЗНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ**
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»;
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: sdemch5@mail.ru

*Демченко С. И., Дудка И. В., Швиндина Е. С. Целлюлозо- и лигнолитическая активность штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. при твердофазном культивировании.* – В работе представлены результаты исследований индивидуальной изменчивости шести коллекционных штаммов *Pleurotus ostreatus* по целлюлозной и лакказной активности, продуктивности плодовых тел гриба. У мицелиальных культур съедобного гриба выявлены биохимические признаки, которые коррелируют с урожайностью исследуемых штаммов.

Ключевые слова: гриб *Pleurotus ostreatus*, коллекционные штаммы, индивидуальная изменчивость, урожайность, целлюлозная и лакказная активность.

Введение

Одной из глобальных проблем человечества является продовольственный кризис, вызванный интенсивным увеличением населения на нашей планете. Это привело к активизации процессов урбанизации, развития промышленности, что стало следствием истощения природных ресурсов, прежде всего обеднения почв, на которых основывается продукция продовольствия [11]. По прогнозам учёных в будущем 2/3 потребности человека в белке будет удовлетворено за счёт промышленного производства съедобных грибов. Поэтому актуализируется проблема искусственного выращивания грибов, в том числе и из рода *Pleurotus* [5].

Одновременно с этими тенденциями происходит накопление в окружающей среде отходов сельского хозяйства, пищевой, деревообрабатывающей, строительной, целлюлозно-бумажной промышленности. В связи с этим возникает необходимость в биоконверсии и рециклизации отходов. Известно, что около половины бытового мусора и отходов сельского хозяйства состоит из трёх главных компонентов: целлюлозы (35-50%), гемицеллюлозы (25-45%) и лигнина (15-35%) [11]. Эти высокомолекулярные углеродные соединения являются основным источником углерода в рационе питания дереворазрушающих грибов. При этом потребление лигнина, придающего древесине прочность, незначительно и является в большей степени вынужденной мерой на пути к волокнам целлюлозы и гемицеллюлозы, вокруг которых лигнин образует своего рода защитную капсулу [3]. Культивирование на отходах сельского хозяйства съедобных грибов, в частности гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (вешенка обыкновенная) – один из путей рециклизации. У вешенки есть специальные ферменты (целлюлазы и оксидазы), способные расщеплять целлюлозу и лигнин, вызывая белую гниль древесины [1, 2].

Вешенка занимает второе место в мире по объёму культивирования, её ежегодная продукция составляет около 25% от общей продукции всех культивируемых грибов [2, 5]. В настоящее время активно ведутся поиски путей повышения биологической производительности и полезных свойств гриба *P. ostreatus*. Для этой цели получают новые штаммы *P. ostreatus* путем селекционно-генетического улучшения в направлении повышения урожайности и качества плодовых тел [16].

Селекция грибов включает различные методы, в том числе спаривание мицелия, слияние протопластов и молекулярную генетическую трансформацию. Спаривание

монокариотического мицелия с помощью слияния гиф является широко распространенным методом для образования новых дикариотических штаммов [2].

Селекционная работа начинается с отбора исходного материала, источником которого являются природные и гибридные популяции, инцухт-линии, искусственные мутации и др. [4]. У гриба *P. ostreatus* отбор монокарионов по макроморфологическим признакам (количество и вес карпофоров, их форма и т.д.), как исходный материал для селекции на продуктивность, затрудняется тем, что данный ксилотроф не формирует базидиомы на монокариотической фазе жизненного цикла из-за отсутствия активных аллелей гена *fb*, контролирующего образование зрелых плодовых тел. Активация этого гена происходит у дикарионов вешенки, которые синтезируют гидрофобины – низкомолекулярные гидрофобные белки. Они выделяются на поверхности гиф, кристаллизуются там в виде палочек и обуславливают гифальные взаимодействия и, следовательно, морфогенез плодовых тел [10].

Для повышения эффективности селекции вешенки обыкновенной необходимо использовать методы отбора, основанные на косвенных показателях, коррелирующих с продуктивностью плодовых тел гриба. Некоторые исследователи предлагают использовать активность целлюлозолитических и лигнолитических ферментов в качестве селективируемых признаков при создании новых высокопродуктивных штаммов дереворазрушающих грибов. Именно эти признаки определяют степень биодegradации лигноцеллюлозного субстрата, скорость колонизации субстрата и, в конечном счете, урожайность плодовых тел [6, 17].

Целью нашей работы было изучение активности внеклеточных целюлаз и лакказ у коллекционных штаммов *P. ostreatus* для обоснования перспективности использования этих биохимических показателей как косвенных признаков, пригодных для отбора потенциально высокопродуктивных штаммов гриба.

Материал и методы исследования

В работе использовали шесть штаммов гриба *P. ostreatus*: 1 коммерческий штамм НК-35 (мицелий был предоставлен в 2013 г. ООО «Укрмицелий», г. Донецк), 5 штаммов из природных условий обитания (Д-29, ДП-15, ВП, В-99 и СА), выделенные сотрудниками кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «ДонНУ» из плодовых тел, растущих в парковых зонах г. Донецка. Выделение чистых культур гриба и размножение мицелия осуществляли на картофельно-глюкозной агаровой среде (КГА) [13]. Музейные штаммы хранили на КГА с добавлением опилок из тополя при температуре +4°C.

Исследование целюлазной и лакказной активности штаммов *P. ostreatus* проводили при твердофазном культивировании гриба на увлажненной лузге семян подсолнечника (влажность $65\pm 1\%$, начальная рН 6,8). Увлажненный субстрат по 30 г помещали в колбы Эрленмейера ёмкостью 250 мл и стерилизовали в автоклаве на протяжении 1 часа при давлении 0,6-1,0 атм. Охлажденный субстрат засевали инокулюмом, которым служили 7-суточные культуры ксилотрофа, предварительно выращенные на КГА. Штаммы гриба культивировали в полной темноте при температуре $26\pm 1^\circ\text{C}$ на протяжении 15 и 20 суток. Внеклеточные ферменты экстрагировали из субстрата с помощью дистиллированной воды (2 части воды на 1 часть субстрата, заросшего вегетативным мицелием гриба) в течение 1 часа при температуре $+6\pm 1^\circ\text{C}$. Далее экстракт центрифугировали (5000 об./мин., 6 мин.), супернатант фильтровали через складчатый бумажный фильтр для полного освобождения от частиц субстрата или мицелия и использовали для определения целлюлозо- и лигнолитической активности.

Активность ферментов целлюлозолитического комплекса определяли по скорости разложения фильтровальной бумаги (Whatman № 1, плотность 80 г/м) (ФБ-активность). Фильтровальную бумагу для определения ФБ-активности вносили в неизмельченном состоянии в виде полоски размером 1×6 см, которая была полностью погружена в реакционную смесь. Состав реакционной смеси при определении ферментативной активности и условия проведения реакции строго соответствовали общепринятым

методикам [14, 18]. За единицу целлюлазной активности принимали такое количество энзима, которое образовывало 1 мкмоль редуцирующих сахаров на протяжении 1 мин. в условиях опыта ($t = +40^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 4,8$). Содержание редуцирующих сахаров (в глюкозном эквиваленте), образующиеся в результате ферментативной реакции, определяли колориметрическим методом, который основан на взаимодействии сахаров с реактивом Шомодьи-Нельсона [8]. В результате этой реакции образуется соединение голубого цвета, интенсивность окраски которого прямо пропорционально содержанию редуцирующих сахаров, образующихся в ходе ферментативной реакции. Интенсивность окраски полученных растворов измеряли при длине волны 540 нм на фотоколориметре КФК-2.

Определение активности лакказ осуществляли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 410 нм, используя в качестве хромогенного субстрата 10 мМ раствор пирокатехина в 0,1 М Na-ацетатном буфере, $\text{pH} 5,4$ [14]. За единицу активности фермента принимали его количество, окисляющее 1 мкмоль пирокатехина за 1 мин. при температуре $+24^{\circ}\text{C}$.

Удельную активность целлюлаз и лакказ устанавливали по соотношению общей активности ферментов (ед./мл) к содержанию протеина в 1 мл экстракта [8].

Содержание белка в 1 мл экстракта определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-26. Метод основан на способности ароматических аминокислот (триптофана и тирозина) поглощать ультрафиолетовый свет с максимумом поглощения при длине волны 280 нм [9]. При построении калибровочного графика в качестве стандартного раствора использовали бычий сывороточный альбумин.

Урожайность штаммов *P. ostreatus* исследовали в лабораторных условиях с помощью стерильной баночной технологии [16]. В качестве субстрата использовали лузгу семян подсолнечника (влажность $65 \pm 5\%$, начальная $\text{pH} 6,8$). Подсолнечную лузгу замачивали в кипяченой воде на протяжении 2 часов, затем воду сливали и субстрат расфасовывали в стеклянные банки объемом 1 л. Банки закрывали фольгой и стерилизовали в автоклаве при 0,6-1,0 атм в течение 1 ч. После тепловой обработки субстрат охлаждали и инокулировали посевным мицелием, предварительно выращенным на стерильном зерне пшеницы по общепринятой методике [15]. Норма посева составила 5% посевного мицелия от сырой массы субстрата. Штаммы гриба вначале выращивали в термостате при температуре $+26 \pm 1^{\circ}\text{C}$, после полного обрастания субстрата мицелием банки переносили в камеру плодоношения, где поддерживали следующий микроклимат: температура воздуха – $+16-18^{\circ}\text{C}$, освещенность – 400 лк на протяжении 12 ч/сут., относительная влажность воздуха – 85-90%.

Урожайность плодовых тел штаммов *P. ostreatus* определяли весовым методом [16] в первую волну плодоношения на стадии технологической зрелости и выражали в процентах относительно абсолютно сухой массы субстрата.

Повторность всех проведенных опытов была трехкратной. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5%-м уровне значимости с помощью дисперсионного, вариационного, кластерного анализов и множественного сравнения средних арифметических по критерию Даннета, используя компьютерную программу Statistica 6.0 [7, 12].

Результаты и обсуждение

Целлюлазы и лакказы у ксилотрофа *P. ostreatus* – индуктивные ферменты, которые образуются лишь при выращивании гриба на средах, содержащих клетчатку и лигнин как единственные источники углеродного питания. В Донецком регионе для получения плодовых тел вешенки обыкновенной в промышленных условиях чаще всего используют отходы сельского хозяйства – пшеничную солому и подсолнечную лузгу, которые содержат целлюлозу от 23 до 40%, лигнин – от 16 до 30% [16]. Поэтому нами была исследована активность внеклеточных целлюлаз и лакказ дикариотического мицелия 6 штаммов (НК-35, Д-29, ДП-15, ВП, В-99 и СА) *P. ostreatus*, выращенных на подсолнечной лузге.

Все исследованные штаммы *P. ostreatus* были способны к синтезу целлюлозо- и лигнолитических ферментов при твердофазном культивировании. Они проявили высокий уровень изменчивости по активности внеклеточных целлюлаз и лакказ как на 15-е, так и на 20-е сутки выращивания гриба (табл. 1-2).

Таблица 1

**Показатели варьирования ФБ-активности внеклеточных целлюлаз
у коллекционных штаммов *P. ostreatus***

Показатели варьирования	Продолжительность культивирования, сут.	
	15	20
Предел варьирования (lim), ед./мг белка	1,37-2,56	1,64-3,67
Размах варьирования (R), ед./мг белка	1,19	2,03
Среднее квадратическое отклонение (s), ед./мг белка	0,40	0,67
Коэффициент вариации (CV), %	21	26

Таблица 2

**Показатели варьирования активности внеклеточных лакказ
у коллекционных штаммов *P. ostreatus***

Показатели варьирования	Продолжительность культивирования, сут.	
	15	20
Предел варьирования (lim), ед./мг белка	8,9-19,6	4,4-15,4
Размах варьирования (R), ед./мг белка	10,7	11,0
Среднее квадратическое отклонение (s), ед./мг белка	3,9	3,8
Коэффициент вариации (CV), %	32	47

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показал, что у всех исследованных штаммов *P. ostreatus* наибольшая активность внеклеточных лакказ обнаружена на 15-е сутки культивирования гриба.

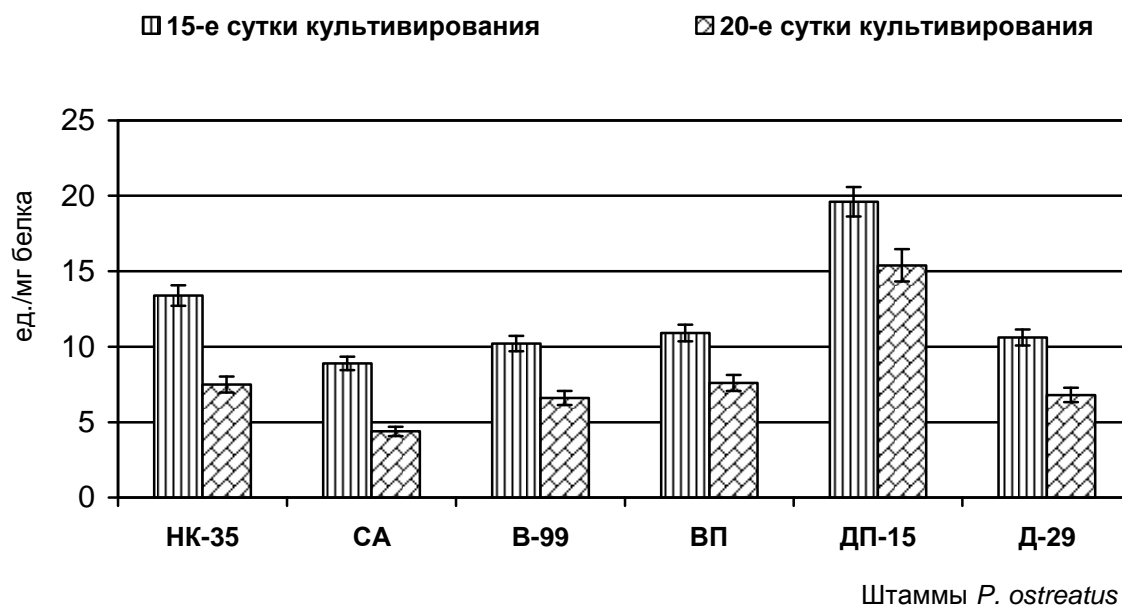


Рис. 1. Удельная активность внеклеточных лакказ у штаммов *P. ostreatus* при твердофазном культивировании

На 20-е сутки роста мицелия на субстрате из лузги семян подсолнечника наблюдалось достоверное снижение интенсивности деградации лигнина. Целлюлазная активность мицелиальных культур вешенки обыкновенной, напротив, интенсифицировалась в этот период (рис. 2). Вероятно, это связано как с накоплением продуктов деградации лигнина, временно подавляющих активность лакказ, так и с увеличением количества доступной целлюлозы, вследствие разрушения лигнина субстрата.

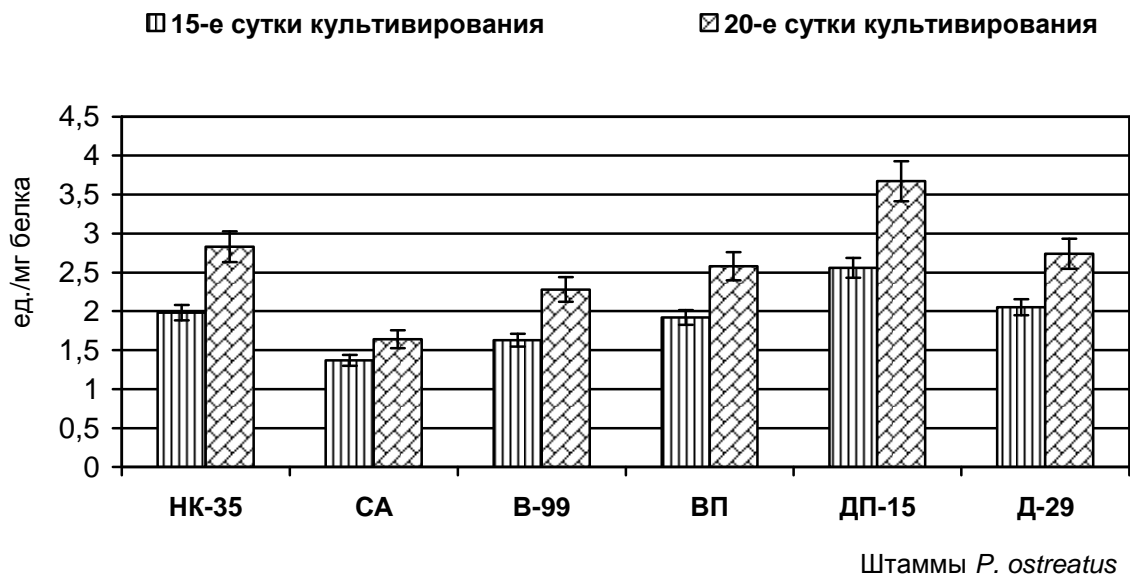


Рис. 2. Удельная ФБ-активность внеклеточных целлюлаз у штаммов *P. ostreatus* при твердофазном культивировании

Сравнительный анализ штаммов *P. ostreatus* по максимальным показателям удельной активности внеклеточных целлюлаз (рис. 2) показал, что самая высокая активность исследуемого ферментного комплекса наблюдалась у штамма ДП-15 (3,67 ед./мг белка). Этот штамм и по активности внеклеточных лакказ (19,6 ед./мг белка) был отнесен к активным продуцентам лигнолитических ферментов (см. рис. 1).

Второе место по активности энзимов, принимающих участие в разрушении лигнина и целлюлозы, занял штамм НК-35, у которого максимальная ФБ-активность внеклеточных целлюлаз составила 2,83 ед./мг белка, а активность внеклеточных лакказ – 13,4 ед./мг белка.

Наименьшая целлюлозо- и лигнолитическая активность наблюдалась у штамма СА. У этого штамма целлюлазная активность составила 1,64 ед./мг белка, а лакказная активность – 8,9 ед./мг белка.

Три штамма *P. ostreatus* Д-29, ВП и В-99 по удельной активности внеклеточных лакказ и целлюлаз достоверно не отличались друг от друга и были отнесены в кластер штаммов со средней активностью ферментов. У этих штаммов ФБ-активность целлюлаз находилась в пределах от 2,28 до 2,74 ед./мг белка, а активность лакказ – от 10,2 до 10,9 ед./мг белка.

На втором этапе наших исследований в лабораторных условиях с помощью стерильной баночной технологии была изучена урожайность плодовых тел у природных штаммов *P. ostreatus*. Для данного эксперимента выбрали «нестрессовые» природные штаммы вешенки (Д-29, ДП-15, ВП, В-99 и СА), способные образовывать примордии без холодового шока. В качестве эталонной культуры использовали гибридный штамм НК-35.

У всех опытных штаммов вешенки обыкновенной в лабораторных условиях при исследуемых микроклиматических параметрах наблюдался морфогенез плодовых тел на увлажненном субстрате из лузги семян подсолнечника (рис. 3). Они достоверно отличались между собой по урожайности плодовых тел в первую волну плодоношения, проявив средний уровень изменчивости (табл. 3).



А

Б

Рис. 3. Плодоношение гриба *P. ostreatus* на увлажненной лузге семян подсолнечника:

А – плодовые тела штамма В-99 на ранних этапах плодоношения;

Б – плодовые тела штамма В-99 на фазе технологической зрелости

Таблица 3

Показатели варьирования урожайности плодовых тел у штаммов *P. ostreatus*

Предел варьирования (lim), %	64,2-91,1
Размах варьирования (R), %	26,9
Среднее квадратическое отклонение (s), %	9,9
Коэффициент вариации (CV), %	13

Почти все природные штаммы гриба при 5%-ном уровне значимости достоверно уступали по урожайности плодовых тел эталонной культуре. Исключением был штамм ДП-15, который достоверно не отличался от контрольного штамма НК-35 по данному показателю (рис. 4).

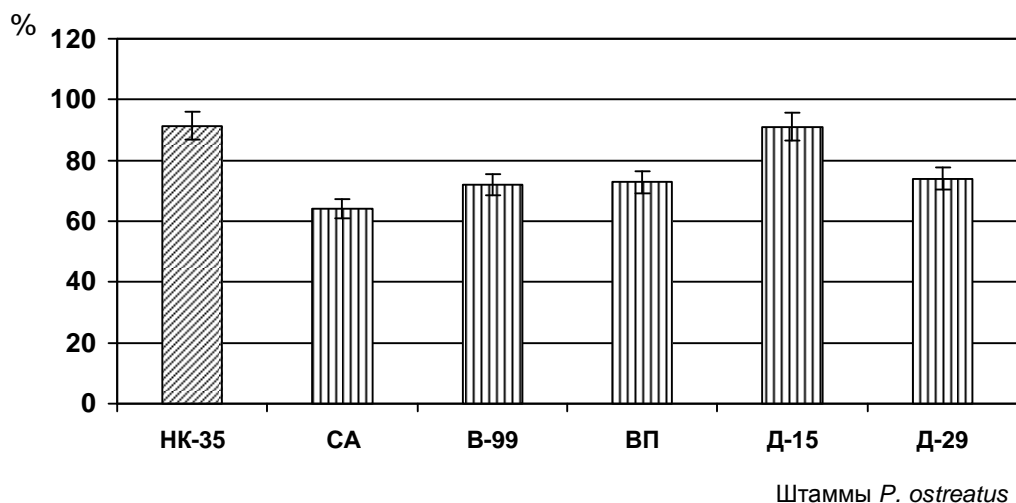


Рис. 4. Урожайность плодовых тел штаммов *P. ostreatus* на субстрате из лузги семян подсолнечника (первая волна плодоношения)

В исследуемой выборке мицелиальных культур вешенки обыкновенной доминировали среднеурожайные природные штаммы (В-99, ВП и Д-29). Наименьшая урожайность плодовых тел обнаружена у штамма СА.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 5-6, позволил выявить достоверную положительную корреляцию между урожайностью плодовых тел и удельной активностью внеклеточных целлюлаз и лакказ, которые продуцировали штаммы *P. ostreatus* при твердофазном культивировании.

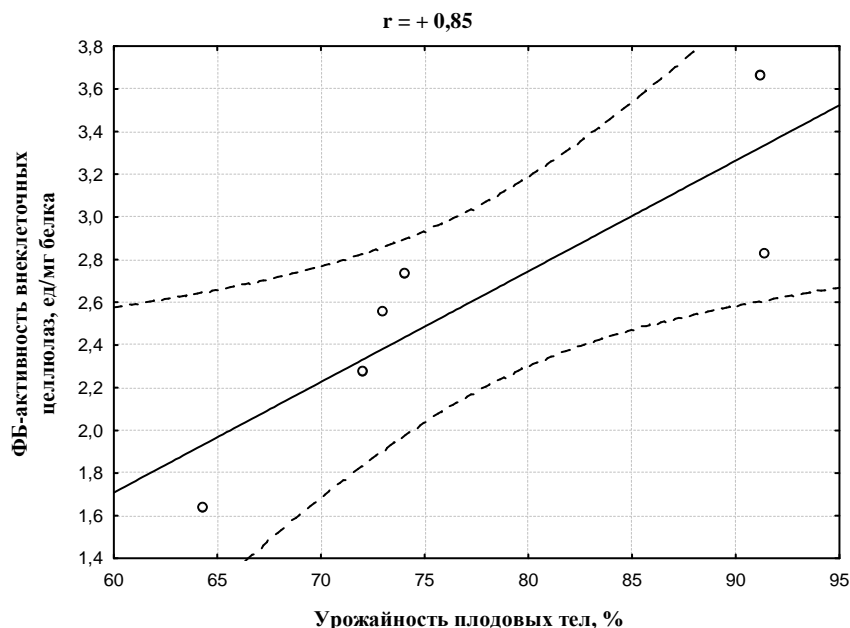


Рис. 5. Корреляционная зависимость между показателями целлюлозолитической активности штаммов *P. ostreatus* и урожайностью их плодовых тел

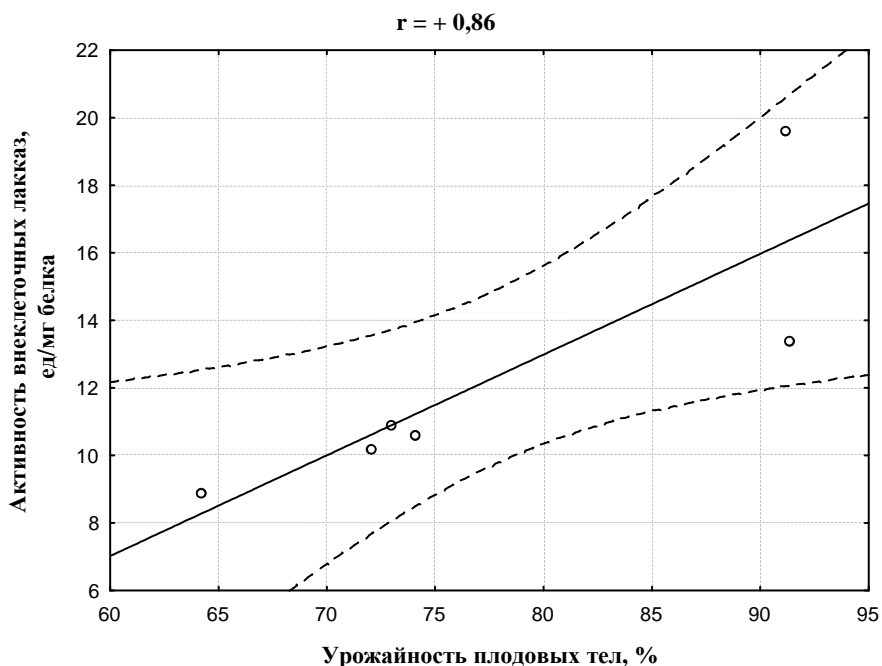


Рис. 6. Корреляционная зависимость между показателями лигнолитической активности штаммов *P. ostreatus* и урожайностью их плодовых тел

Выводы

Интенсивность ферментативного разложения целлюлозы и лигнина при твердофазном культивировании вешенки обыкновенной в значительной мере определяется фазой развития гриба и внутриштаммовой специфичностью. Установленная положительная корреляционная связь между урожайностью плодовых тел штаммов *P. ostreatus* и их целлюлозо- и лигнолитической активностью позволяет проводить отбор высокоурожайных штаммов *P. ostreatus* на стадии роста мицелия, определяя активность внеклеточных целлюлаз и лакказ.

Список литературы

1. Барсукова Т. Н. *Pleurotus ostreatus* – перспективный вид для искусственного культивирования / Т. Н. Барсукова // Микология и фитопатология. – 1987. – Т. 5, № 1. – С. 113-117.
2. Бисько Н. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода Вешенка / Н. А. Бисько, И. А. Дудка. – К. : Наук. думка, 1987. – 148 с.
3. Билай В. И. Основы общей микологии : учеб. пособие для вузов / В. И. Билай. – К. : Высш. шк., 1980. – 360 с.
4. Воробьева Л. И. Генетические основы селекции растений и животных / Л. И. Воробьева, О. В. Тиглина. – Харьков : Колорит, 2006. – 224 с.
5. Дудка И. А. Культивирование съедобных грибов / И. А. Дудка, Н. А. Бисько, В. Т. Билай. – К. : Урожай, 1992. – 160 с.
6. Иванов Г. И. Выявление и использование гаплотипов гриба *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. с повышенной активностью лакказы мицелия в селекции на урожайность плодовых тел / Г. И. Иванов, С. В. Копыльцов // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. – 2008. – Вып. 5. – С. 137-141.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 350 с.
8. Методы экспериментальной микологии : справочник / [Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. и др.]; под ред. В. И. Билай. – К. : Наук. думка, 1982. – 550 с.
9. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии : учеб. пособие / Г. А. Кочетов. – М. : Высш. шк., 1980. – 272 с.
10. Основы биотехнологии высших грибов : учеб. пособие / [Н. А. Заикина, А. Е. Коваленко, В. А. Галынкин и др.]. – СПб. : Проспект Науки, 2007. – 336 с.
11. Ручин А. Б. Урбоэкология для биологов : учеб. пособие / А. Б. Ручин, В. В. Мещеряков, С. Н. Спиридонов. – М. : КолосС, 2009. – 195 с.
12. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк : Кассиопея, 1999. – 201 с.
13. Семенов С. М. Лабораторные среды для актиномицетов и грибов : справочник / С. М. Семенов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 240 с.
14. Сеницын А. П. Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов / А. П. Сеницын, В. М. Черноглазов, А. В. Гусаков // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. – 1993. – Т. 25. – 152 с.
15. Сычев П. А. Методические рекомендации по технологии промышленного выращивания ценного съедобного гриба вешенки обыкновенной / П. А. Сычев, С. Ф. Негруцкий, А. В. Лупашевский. – Донецк : Изд-во Донецкого гос. ун-та, 1994. – 32 с.
16. Сычев П. А. Грибы и грибоводство / П. А. Сычев, Н. П. Ткаченко. – М. : ООО «Изд-во АСТ»; Донецк : Изд-во «Сталкер», 2003. – 512 с.
17. Шаповалов Р. С. Динамика разложения целлюлозы и лигнина в субстрате при культивировании природных изолятов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. / Р. С. Шаповалов, С. И. Демченко // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : зб. доп. XX Міжнар. наук. конф. асп. та студ. (Донецьк, 13–15 квітня 2010 р.). – Донецьк : Вид-во ДонНТУ, ДонНУ, 2010. – Т. 1. – С. 218-219.
18. Ghose T. K. Measurement of cellulase activity / T. K. Ghose // Pure and Applied Chemistry. – 1987. – Vol. 59, N 2. – P. 257-268.

Demchenko S. I., Dudka I. V., Shvindina K. S. The cellulase and laccase activity of fungus *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. strains in a solid phase cultivation. – In this thesis the results of individual variability of six *Pleurotus ostreatus* collection strains on cellulase and laccase activity, productivity of fungal fruiting bodies are presented. The biochemical parameters of mycelial cultures that correlate with the harvest of investigated oyster's strains are identified.

Key words: fungus *Pleurotus ostreatus*, collection strains, individual variability, harvest, cellulase and laccase activity.

© А. В. Чайка, Д. В. Шершень

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕСТРУКЦИИ КРАСИТЕЛЯ METHYL ORANGE ШТАММАМИ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: alexander.v.chaika@gmail.com

Чайка А. В., Шершень Д. В. Эффективность деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании. – В работе представлены результаты исследования эффективности деструкции красителя methyl orange культуральным фильтратом и полифенолоксидазной активности ряда штаммов ксилотрофных грибов при глубинном культивировании. Установлены наиболее перспективные штаммы и оптимальный срок их культивирования для образования внеклеточных веществ, участвующих в деградации methyl orange.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, эффективность деструкции, methyl orange, полифенолоксидазная активность.

Введение

В результате стремительного развития промышленного производства и химизации народного хозяйства в окружающую среду поступают различные поллютанты, такие как пестициды, минеральные удобрения, моющие средства (детергенты), радионуклиды, синтетические красители, полиароматические углеводороды и др. [1, 6]. Появление большого количества разнообразных химических соединений, постоянно загрязняющих биосферу и пагубно влияющих на живую природу, приводит к сокращению природных ресурсов, нарушению функций и состава окружающей среды [12].

Экотоксикологическое значение многих ксенобиотиков определяется не только их токсичностью и способностью к биодеградации, но также скоростью поступления этих поллютантов в экосистемы. Если скорость поступления разлагаемых поллютантов превышает скорость их естественной биодеградации, то это может вызвать нарушения в составе и структуре экосистем [6, 10]. К сожалению, на большинство ксенобиотиков, в том числе и текстильные красители, не действуют обычные процессы очистки сточных вод, поэтому они накапливаются в окружающей среде [1, 13, 18].

В связи с потребностями экологической безопасности, важной задачей является разработка способов деградации ксенобиотиков, восстановления техногенно-нарушенных экосистем. В ряде работ [3, 11, 13] показан высокий потенциал методов биологической очистки окружающей среды. В качестве биологических агентов подобных методов очистки большой интерес представляют дереворазрушающие грибы. Основная функция ксилотрофов в природе – разложение лигнина и целлюлозы. Дереворазрушающие грибы обладают лигнолитическим комплексом ферментов, среди которых основными являются ферменты полифенолоксидазы (лакказа, катехолоксидаза, тирозиназа) и различные пероксидазы (лигнинпероксидазы, марганец-пероксидазы, секреторные пероксидазы растительного типа), а также вспомогательный комплекс метаболитов [2, 5, 11, 19, 21]. По мнению некоторых ученых [5, 7, 8, 20], ксилотрофные грибы являются наиболее эффективными биодеструкторами в природе.

Исходя из вышеизложенного, целью работы было изучение эффективности деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании.

Материал и методы исследования

Материалом исследования были культуральный фильтрат (КФ) и глубинный мицелий 6-ти штаммов ксилотрофных грибов. Штамм *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel. P-er принадлежит к порядку Agaricales отдела Basidiomycota, был получен из ООО «Укрмицелий». Штаммы *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd – Th-11, Th-1983, *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Quel. – Tv-11-11, *Daedalea quercina* (L.) Pers. – Dq-08 принадлежат к порядку Polyporales отдела

Basidiomycota. Штамм *T. hirsuta* Th-11 выделен в чистую культуру из плодовых тел, собранных на пне листовенного дерева (вероятно, рода *Populus*) на территории г. Донецка. Штамм Th-1983 *T. hirsuta* был получен из Коллекции культур шляпочных грибов (ИВК) Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины. Штамм *T. versicolor* Tv-11-11 выделен в чистую культуру из плодовых тел, собранных на стволе *Prunus armeniaca* на территории г. Дзержинска, а штамм *D. quercina* Dq-08 – на стволе *Quercus robur* в Краснолиманском лесничестве. Штамм *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev. Хр-1301 относится к порядку Xylariales отдела Ascomycota. Штамм был выделен из плодового тела, собранного на неидентифицированных гнилых останках дерева на территории с. Дроновка Донецкой обл.

Для изучения эффективности деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов, их культивировали глубинным методом на среде следующего состава (г/л): глюкоза – 10 г, лигносульфонат – 5 г, пептон – 3 г, Твин-80 – 1 г, раствор минеральных элементов Кирка – 70 мл, K_2HPO_4 – 0,6 г, K_2HPO_4 – 0,4 г [17]. Начальный водородный показатель pH среды составлял $5,77 \pm 0,01$. Процесс глубинного культивирования штаммов ксилотрофных грибов проводили на протяжении 11-ти суток в колбах емкостью 250 мл с 50 мл среды на возвратно-поступательной лабораторной качалке АВУ-6С с режимом 45 мин. работы с частотой 120 колебаний в мин. и интервалом 15 мин. Инокулюмом служил гомогенизированный глубинный мицелий, который выращивался в аналогичных условиях в колбах с шиповидными отбойниками в течение 7 суток. Инокулюм вносили в количестве 10% по объему. Перед инокуляцией асептически отбирали пробы и определяли абсолютно сухую биомассу и отсутствие контаминации инокулюма с помощью светового микроскопа XS-5520 MICROmed.

Культивирование проводили при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$ – температурном оптимуме роста большинства штаммов [9].

Определяли абсолютно сухую биомассу (АСБ) мицелия весовым методом. По полученным данным рассчитывали прирост биомассы [9].

С целью определения эффективности окислительной деструкции (ЭД) модельного соединения – красителя methyl orange культуральным фильтратом штаммов проводили инкубацию раствора красителя с КФ штаммов в течение 24 часов. Обесцвечивание раствора определяли фотометрически при максимуме поглощения 506 нм в буферном растворе по сравнению с контрольным образцом красителя [14].

Определение полифенолоксидазной активности (ПФО) культурального фильтрата штаммов основано на способности полифенолоксидазы окислять полифенолы до хинонов, которые реагируют с пирокатехином. В результате реакции образуется окрашенный в коричневый цвет окисленный пирокатехин. Для определения активности фермента измеряется время окисления полифенолов [4].

Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с использованием MS Excel и пакета программ для проведения статистической обработки результатов биологических экспериментов [16].

Результаты и обсуждение

Накопление АСБ исследуемыми штаммами определяли на 2-е, 4-е, 7-е, 9-е и 11-е сутки культивирования. Установлено, что наибольшее содержание АСБ мицелия штаммов приходилось на конец культивирования – 9-е и 11-е сутки. Наиболее интенсивный рост в глубинной культуре характерен для штамма *T. versicolor* Tv-11-11. Так, на 9-е сутки концентрация АСБ составила $8,07 \pm 0,08$ г/л, но на 11-е сутки культивирования уровень накопления АСБ штаммом достоверно не изменился, что говорит о затухании ростовых процессов. У остальных штаммов максимальные показатели биомассы были установлены на 11-е сутки роста. Здесь наибольшее значение АСБ характерно для штамма *T. hirsuta* Th-11 – $7,64 \pm 0,5$ г/л. Далее следовал штамм Th-1983 с показателем накопления АСБ $5,26 \pm 0,20$ г/л. Еще более низкие значения концентрации АСБ к концу культивирования зафиксированы у следующих штаммов: *D. quercina* Dq-08 и *P. eringii* P-er – $5,82 \pm 0,20$ г/л и $3,4 \pm 0,20$ г/л,

соответственно. Самый низкий уровень накопления биомассы был зафиксирован у штамма *X. polymorpha* – $3,0 \pm 0,19$ г/л.

Результаты исследования эффективности деградации модельного соединения methyl orange культуральным фильтратом исследуемых штаммов при глубинном культивировании представлены на рис. 1.

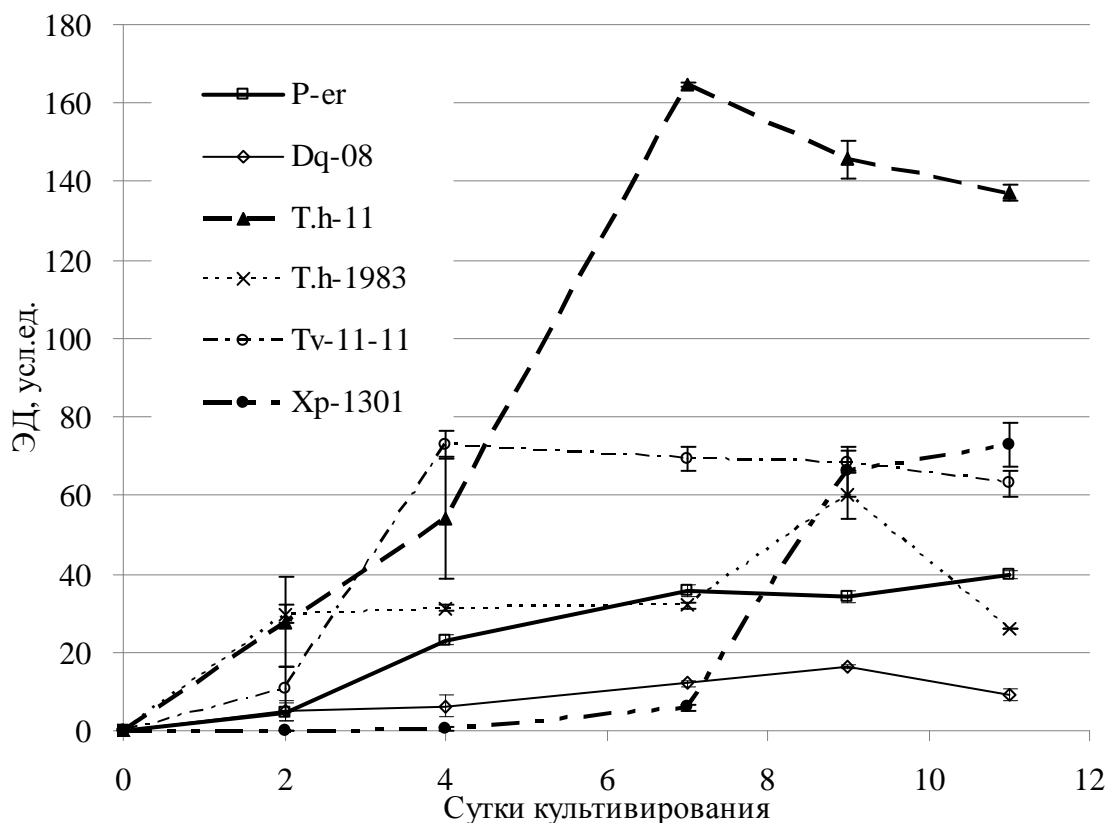


Рис. 1. Эффективность деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании

Как показывает график, исследуемые штаммы имели индивидуальную динамику ЭД methyl orange. Наивысший уровень окислительной деструкции модельного соединения установлен у штамма *T. hirsuta* Th-11. С начала культивирования и до 7-х суток эффективность деградации стремительно повышалась. Максимальная эффективность деградации выявлена на 7-е сутки культивирования ($164,6 \pm 0,6$ усл. ед.). Затем, на 9-е и 11-е сутки культивирования показатель ЭД снижались, что может быть связано с истощением питательных компонентов среды, необходимых для поддержания высокой активности лигнолитического комплекса данной культуры.

Другой штамм данного вида – *T. hirsuta* Th-1983 показал значительно более низкий уровень ЭД methyl orange. Динамика исследуемого показателя также отличалась. Так, со 2-х и до 7-х суток показатель ЭД находился практически на одном уровне. На 9-е сутки наблюдался максимум окислительной деструкции модельного соединения ($60,3 \pm 6,2$ усл. ед.). Как видно на графике, это значение в 2,7 раза ниже максимальной эффективности деградации methyl orange штаммом *T. hirsuta* Th-11 (на 7-е сутки). Оба исследуемых штамма *T. hirsuta* показали значительное снижение ЭД methyl orange на 11-е сутки культивирования.

Анализ результатов исследования эффективности деградации methyl orange глубинной культурой еще одного представителя рода *Trametes* – *T. versicolor* Tv-11-11 показал, что показатель ЭД имел максимальное значение на 4-е сутки культивирования – $73,0 \pm 3,5$ усл. ед. и с течением времени происходило его незначительное постепенное снижение.

Гриб *D. quercina* Dq-08, вызывающий бурую гниль древесины, при выращивании на

данной питательной среде показал самую низкую эффективность деградации methyl orange. В течение всего времени культивирования показатель ЭД модельного соединения находился в пределах от $5,2 \pm 2,5$ усл. ед. (минимум, установлен на 2-е сутки роста) до $16,5 \pm 0,5$ усл. ед. (максимум, на 9-е сутки роста). В конце культивирования, на 11-е сутки, этот показатель снизился практически в 2 раза. Такие низкие показатели ЭД КФ данного штамма могут свидетельствовать об ингибировании образования внеклеточных веществ, участвующих в деградации methyl orange, какими-либо факторами, в частности, составом питательной среды. В исследовании [15] было установлено, что недостаток органического азота и глюкозы в среде приводит к значительному увеличению ЭД methyl orange КФ штамма *D. quercina* Dq-08.

Что касается динамики эффективности деградации methyl orange КФ штамма *P. eringii* P-er, то в отличие от описанных выше полипоровых грибов, у этого агарикового гриба уровень ЭД плавно увеличивался от практически нулевого уровня на 2-е сутки культивирования до максимального значения $39,8 \pm 1,2$ усл. ед. на 11-е сутки культивирования. Однако по сравнению со штаммом *T. hirsuta* Th-11, показатель ЭД methyl orange штаммом *P. eringii* P-er ниже в 4,1 раза.

Аскомицет *X. polymorpha* Xp-1301 в начале культивирования (на 2-е и 4-е сутки роста) не образовывал внеклеточные вещества, участвующие в деградации methyl orange. Некоторое обесцвечивание раствора красителя было установлено при использовании культурального фильтрата 7-дневной культуры *X. polymorpha* Xp-1301 (показатель ЭД составил $5,9 \pm 0,6$ усл. ед.). Однако за следующие 2 дня культивирования ЭД methyl orange КФ данного штамма выросла более чем в 11 раз и составила $66,1 \pm 6,3$ усл. ед. На 11-е сутки роста исследуемый показатель был практически на том же уровне – $72,9 \pm 5,4$ усл. ед.

Таким образом, среди изученных штаммов, наивысшая ЭД methyl orange установлена у *T. hirsuta* Th-11. У следующих штаммов – *T. hirsuta* Th-1983, *T. versicolor* Tv-11-11 и *X. polymorpha* Xp-1301 максимальная эффективность деградации methyl orange ниже, чем у *T. hirsuta* Th-11, в 2,3-2,4 раза. У штаммов *P. eringii* P-er и *D. quercina* Dq-08 максимальная ЭД methyl orange ниже, чем у *T. hirsuta* Th-11, соответственно в 4,1 и 10,0 раз. При этом срок культивирования, соответствующий максимальной ЭД модельного соединения для каждого штамма различен. Так, для *T. versicolor* Tv-11-11 это 4-е сутки, для *T. hirsuta* Th-11 – 7-е, для *T. hirsuta* Th-1983 и *D. quercina* Dq-08 – 9-е, а для *P. eringii* P-er и *X. polymorpha* Xp-1301 – 11-е сутки роста.

Значительные отличия в динамике ЭД methyl orange исследуемых культур могут быть связаны одновременно как с генетическими различиями штаммов, так и с разноплановым влиянием состава среды на физиологические процессы исследуемых культур ксилотрофов. Так, указанный состав среды был подобран с целью увеличения эффективности деструкции модельного соединения methyl orange штаммом *T. hirsuta* Th-11, который в данном исследовании и показал наибольшую эффективность деструкции. Для остальных штаммов данная среда может не быть оптимальной для синтеза внеклеточных веществ, участвующих в деградации methyl orange. В связи с этим, немаловажным этапом разработки технологии культивирования штаммов дереворазрушающих грибов, способных к эффективной деструкции широкого спектра соединений естественного и искусственного происхождения, является исследование ферментных систем ксилотрофов и путей влияния на их активность. Одними из важнейших ферментов лигнолитического комплекса ксилотрофных грибов являются полифенолоксидазы [5, 19], поэтому следующим этапом исследований было изучение динамики полифенолоксидазной активности культурального фильтрата исследуемых штаммов.

Результаты исследования полифенолоксидазной активности культурального фильтрата исследуемых штаммов при глубинном культивировании показаны на рис. 2.

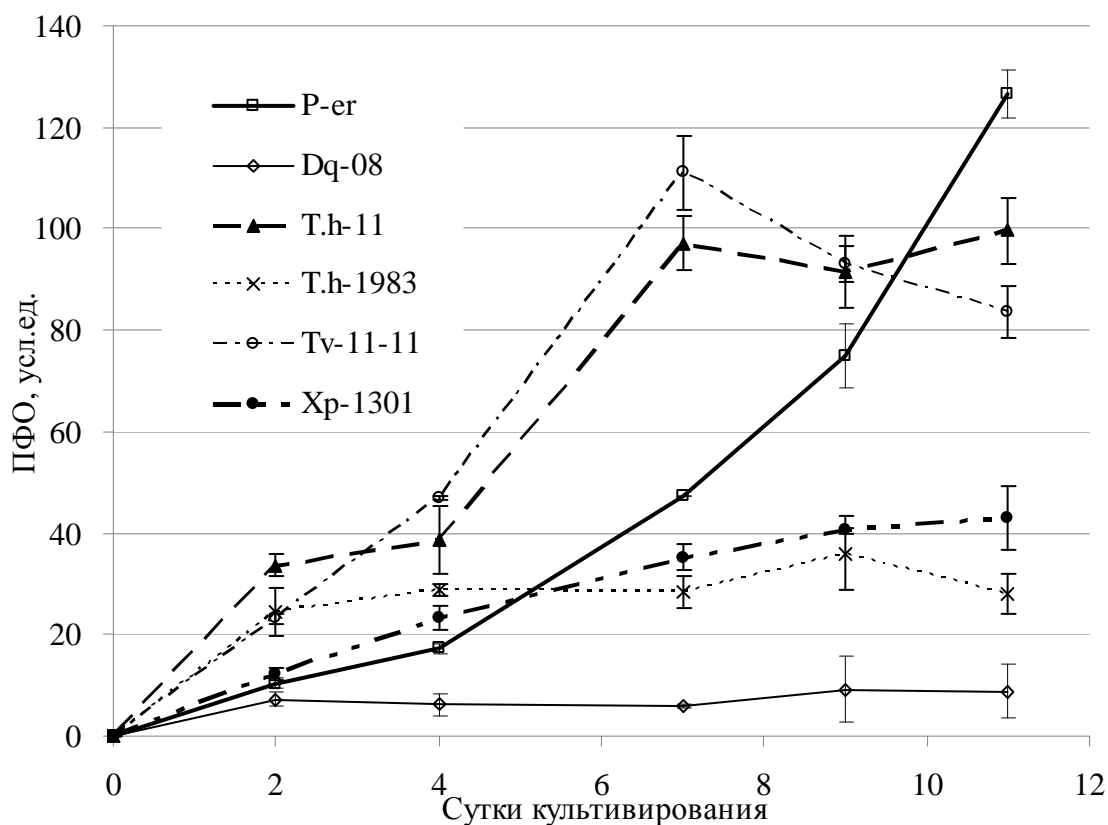


Рис. 2. Полифенолоксидазная активность культурального фильтрата штаммов ксилотрофных грибов при глубинном культивировании

В ходе исследования было выявлено, что полифенолоксидазная активность культурального фильтрата штаммов значительно изменяется в ходе культивирования. У каждого штамма динамика ферментативной активности имеет свои особенности. Так, у одних штаммов ПФО КФ практически линейно увеличивалась на протяжении всего срока культивирования (штаммы *P. eringii* P-er и *X. polymorpha* Xp-1301). У обоих штаммов наибольшая полифенолоксидазная активность установлена на 11-е сутки культивирования, но у *X. polymorpha* Xp-1301 она в 3 раза ниже, чем у *P. eringii* P-er.

У штамма *T. versicolor* Tv-11-11 максимум такой активности приходился на 7-е сутки роста, а затем она снижалась. У штамма *T. hirsuta* Th-11 полифенолоксидазная активность КФ резко возрастала с 4-х по 7-е сутки роста, а далее до конца культивирования она достоверно не изменялась. У штаммов *T. hirsuta* Th-1983 и *D. quercina* Dq-08 на протяжении культивирования полифенолоксидазная активность КФ оставалась практически на одном уровне. Причем у штамма *D. quercina* Dq-08 ПФО КФ в течение всего срока культивирования находилась на очень низком уровне (менее 10 усл. ед., что почти в 14 раз ниже, чем ПФО КФ *P. eringii* P-er на 11-е сутки роста). Низкой уровень ПФО также, как и низкая ЭД methyl orange КФ данного штамма, может свидетельствовать об ингибирующем действии избытка азот- и углеродсодержащих компонентов среды на синтез полифенолоксидаз культурой. Что касается штамма *T. hirsuta* Th-1983, то со 2-х по 11-е сутки культивирования полифенолоксидазная активность КФ штамма оставалась на одном уровне, – между 24,5 и 35,9 усл. ед. (что в 4,5-5,0 раз ниже, чем ПФО КФ *P. eringii* P-er на 11-е сутки роста), а синтез полифенолоксидаз, видимо, произошел в самом начале культивирования.

Наибольшее значение полифенолоксидазной активности КФ в эксперименте установлено у штамма *P. eringii* P-er ($126,6 \pm 4,7$ усл. ед.) на 11-е сутки роста. Это единственный штамм из исследуемых, у которого наиболее интенсивный синтез полифенолоксидаз происходил на заключительной стадии культивирования (за 4 суток

культивирования (с 7-х по 11-е) ПФО КФ штамма выросла в 2,7 раза). Тем не менее, как было отмечено выше, показатели ЭД methyl orange КФ данного штамма в этот период аналогичного увеличения не имели. Хотя статистический анализ полученных данных показал наличие некоторой зависимости показателей ЭД модельного соединения и полифенолоксидазной активности КФ штамма (коэффициент корреляции r составил 0,79), видно, что одной только высокой полифенолоксидазной активности КФ недостаточно для эффективной деструкции methyl orange.

Высокие значения ПФО КФ показали и штаммы *T. versicolor* Tv-11-11 ($111,1 \pm 7,2$ усл. ед.) и *T. hirsuta* Th-11 ($97,1 \pm 5,2$ усл. ед.). Хотя эти показатели ниже, чем у штамма *P. eringii* P-er, использование указанных штаммов может быть экономически более выгодным для получения полифенолоксидаз, так как максимум ПФО КФ приходился здесь на 4 суток раньше. Статистический анализ полученных данных выявил очень сильную корреляцию показателей ЭД methyl orange и ПФО КФ штамма *T. hirsuta* Th-11 ($r = 0,98$). У штамма *T. versicolor* Tv-11-11 такая связь слабее ($r = 0,71$). В целом, у всех исследуемых штаммов, за исключением *D. quercina* Dq-08 (отсутствие корреляции) и *T. hirsuta* Th-11 (очень сильная корреляция), была установлена сильная корреляция между данными показателями. Это подтверждает значительную роль полифенолоксидаз в деструкции модельного соединения methyl orange.

Выводы

Все исследуемые штаммы ксилотрофных грибов имеют значительные различия в динамике ЭД methyl orange и ПФО КФ. Для каждого из штаммов установлен оптимальный срок культивирования для образования внеклеточных веществ, участвующих в деградации methyl orange.

Наибольшая эффективность деструкции модельного соединения установлена у штамма *T. hirsuta* Th-11, в связи с чем данный штамм можно рекомендовать в качестве биологического агента в процессах деструкции красителей.

Установлена очень сильная корреляционная связь между показателями деструкции модельного соединения и полифенолоксидазной активности штамма *T. hirsuta* Th-11 и сильная корреляционная связь – *T. hirsuta* Th-1983, *T. versicolor* Tv-11-11, *P. eringii* P-er и *X. polymorpha* Xp-1301.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на подбор наиболее благоприятных условий культивирования перспективных штаммов ксилотрофных грибов для повышения эффективности деградации различных ксенобиотиков.

Список литературы

1. Андросов В. Ф. Синтетические красители в легкой промышленности / В. Ф. Андросов, И. Н. Петрова. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 467 с.
2. Бабицкая В. Г. Ферментативная деградация лигнина, содержащегося в растительных субстратах, мицелиальными грибами / В. Г. Бабицкая // Прикладная биохимия и микробиология. – 1994. – Т. 30, вып. 6. – С. 827-835.
3. Бекер М. Е. Использование микробной биотехнологии в кормопроизводстве и утилизации отходов / М. Е. Бекер // Биотехнология. – 1985. – Вып. 5. – С. 14-24.
4. Бойко М. І. Великий практикум з фізіології та біохімії рослин (білки, ферменти, вітаміни, нуклеїнові кислоти) : методичні вказівки / М. І. Бойко, Ю. Г. Приседський, О. В. Ветрова. – Донецьк: ДонНУ, 2012. – 110 с.
5. Васина Д. В. Изучение организации мультигенного семейства лакказ базидиального гриба *Trametes hirsuta* – эффективного деструктора лигнина : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.21 / Д. В. Васина. – М., 2015. – 24 с.
6. Глазунов Г. П. Основы восстановления нарушенных земель / Г. П. Глазунов // Почвоведение. – М., 2004. – С. 282-287.

7. Горшина Е. С. Грибы рода *Trametes* Fr. как объекты биотехнологии / Е. С. Горшина // Современная микология в России : II съезд микологов России (Москва, 16-18 апреля 2008 г.). – М. : Национальная академия микологии, 2008. – С. 328-329.
8. Древаль К. Г. Біотехнологічні особливості базидіальних грибів – продуцентів целюлозолітичних ферментів : Автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.20 / К. Г. Древаль. – Одеса, 2014. – 20 с.
9. Дудка И. А. Методы экспериментальной микологии / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. А. Элланская. – К. : Наук. думка, 1982. – 550 с.
10. Карасевич Ю. Н. Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения / Ю. Н. Карасевич. – М. : Наука, 2002. – 144 с.
11. Королева О. В. Использование биокаталитических процессов лигниноцеллюлозного действия для комплексной переработки отходов целлюлозно-бумажной промышленности. Фундаментальные и прикладные аспекты / О. В. Королева, Т. В. Федорова, Н. В. Лукина, Д. Н. Тебенькова, Р. А. Воробьев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – Вып 5. – С. 24-48.
12. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды : биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
13. Мухин В. А. Экология процессов биологического разложения / В. А. Мухин // Эколого-водохозяйственный вестник. – Екатеринбург, 1998. – С. 128-135.
14. Патент 114311 України. Спосіб визначення рівноваги прооксидантно-антиоксидантних процесів мікологічного матеріалу / Чайка О. В. Заявка № u201607936, від 18.07.2016, МПК (2006.01), кл. A01G 1/04, G01N 33/52. Бюл. № 5, від 10.03.2017.
15. Патент 91405 України. Спосіб індукції окислювальної деструкції барвника Methyl Orange штамом дереворуйнівного базидіоміцета *Daedalea quercina* (L.) Pers. Dq-08 / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201310638, від 03.09.2013, МПК (2014.01), кл. C12N 1/00. Бюл. № 13, від 10.07.2014.
16. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
17. Чайка О. В. Підвищення ефективності біодеградації Methyl Orange культурами ксилотрофів при глибинному культивуванні / О. В. Чайка, О. В. Федотов // Біологічні системи. – 2013. – № 5 (3). – С. 316-324.
18. Erkurt A. Decolorization of synthetic dyes by white rot fungi, involving laccase enzyme in the process / A. Erkurt, A. Ünyayar, H. Kumbur // Process Biochemistry. – 2007. – 42 (10). – P. 1429-1435.
19. Halaouli S. M. Fungal tyrosinases: new prospects in molecular characteristics / S. M. Halaouli, J. C. Asther, M. Sigoillot, A. Lomascolo // Bioengineering. – 2006. – 3 (7). – P. 237-252.
20. Knapp J. S. Use of Wood – rotting fungi for the decolorization of dyes and industrial effluents / J. S. Knapp, E. J. Vantoch-Wood, F. Zhang. In: Fungi in Bioremediation (G. M. Gadd (Ed.)). – Cambridge : Cambridge University Press, 2001. – P. 253-261.
21. Wariishi H. Manganese peroxidase from the lignin degrading basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. Transient state kinetics and reaction mechanism / H. Wariishi, H. B. Dunford, D. I. MacDonald, M. H. Gold // J. Biol. Chem. – 1989. – 264. – P. 3335-3340.

Chaika A. V., Shershen D. V. The methyl orange dye destruction effectiveness by xylophilic fungi strains during submerged cultivation. – The article presents the research study results of the methyl orange dye destruction effectiveness by a culture filtrate and polyphenol oxidase activity of some xylophilic fungi strains during submerged cultivation. The most promising strains and the optimal period of their cultivation for the excretion of extracellular substances involved in methyl orange dye degradation are established.

Key words: xylophilic fungi, destruction efficiency, methyl orange, polyphenol oxidase activity.

УДК 577.3 : 57.043 : 57.033

© В. О. Корниенко, А. Г. Тарабарова

**ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ ЧАСТОТОЙ 10-50 ГЦ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ (*ZEA MAYS L.*)**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: dayterry@rambler.ru

*Корниенко В. О., Тарабарова А. Г. Влияние вибрации частотой 10-50 Гц на ростовые показатели кукурузы сахарной (*Zea mays L.*). – Установлено, что под влиянием механических колебаний происходило достоверное снижение длины стебля и корней ($p < 0,05$) на частотах 10, 20, 30, 40 Гц и незначительный стимулирующий эффект на частоте 50 Гц. Изучено влияние вибрации на кинетику выработки этилена и метана кукурузой сахарной *Zea mays L.* Установлено, что среднее значение выхода этилена и метана у растений опытных групп, в основном, было ниже ($p > 0,95$), чем у контрольной группы. Вибрационная обработка растений перед посевом, при правильном подборе частот и времени обработки для определённых видов, может повысить механическую устойчивость взрослых растений и всхожесть семян.*

Ключевые слова: кукуруза сахарная, ростовые показатели, вибрация, частота, фитовибрационный эффект, ингибитор

Введение

Вибрационные процессы лежат в основе многих эколого-биологических эффектов. Значение этих процессов в структуре биогеоценозов отмечено ещё в 1960 г. Ю. П. Бялловичем, однако изучение их влияния требует более детального рассмотрения. До сих пор практически не исследованными остаются вибрационные воздействия антропогенного и естественного характера на растительные организмы в городской среде. Техногенная вибрация распространена в широком диапазоне от сверхнизких до высоких частот в мегаполисах [1, 3, 4]. Вдоль загруженных автомагистралей она, посредством почвы, передаётся на довольно большие расстояния и влияет на рост и развитие с/х культур.

В процессе эволюции растения выработали механизмы адаптации к воздействию стресса (механических стимулов, вибрации) [9, 13, 14]. Большинство растений, после воздействия механического фактора, испытывают морфологические изменения называемые тигмоморфогенезом [9, 13, 19, 20]. Процессы, лежащие в основе морфологических ответов растения на действие вибрации, остаются мало исследованными [11].

Целью настоящей работы было исследование влияния вибрации частотой 10-50 Гц на онтогенез кукурузы сахарной *Zea mays L.*

Задачи: исследовать влияние вибрации на ростовые процессы и онтогенез *Zea mays L.*, изучить влияние вибрации на кинетику выработки этилена и метана *Zea mays L.*

Материал и методы исследования

В условиях Донбасса *Zea mays L.* – одна из самых распространённых зерновых культур, используемых при высадке на полях для с/х целей. Исследования проводились на кафедре биофизики биологического факультета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» и в отделе исследования электрофильных реакций Донецкого Института физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко.

Проведено 2 серии исследований.

I серия. Исследовали влияние вибрации на ростовые процессы и онтогенез *Zea mays L.* Образцы кукурузы (зерновки) проращивались в ростовых камерах, при одинаковой освещённости, температуре, поливе. Для предотвращения комбинированного действия химических веществ и вибрации, полив всех образцов кукурузы сахарной (зерновок) осуществлялся только дистиллированной водой 1 раз в сутки. Диапазон выбранных частот

лежал в интервале от 10 до 50 Гц (шаг 10 Гц). Выборка опытных образцов для каждой частоты и контроля составляла 50 шт.

Закладка образцов (зерновок) и действие фактора происходило одновременно, т. е. воздействие техногенной вибрации моделировали с ранних стадий онтогенеза *Zea mays* L., исключая возможность набухания семени и дальнейшего его прорастания без воздействия механического стимула. Контрольные образцы были удалены от виброустановки. Каждая серия в эксперименте и контроле имела выборку 50 шт.

Проращивание осуществлялось в течение 14 дней с воздействием вибрации на каждой частоте по 2 ч. через каждые сутки. После проведения экспериментальной части с использованием виброустановки производили измерения длины, диаметра стебля и корней опытных и контрольной групп штангенциркулем ШЦ-1 0-125 (0,05).

Фитовибрационный эффект (ФВЭ) рассчитывали с помощью формулы:

$$\text{ФВЭ} = 1 - l_k / l_0 \quad (1)$$

где l_k – средняя длина корня растения, выращенного в контроле; l_0 – средняя длина корня растения, выращенного под воздействием вибрационного фактора. Значения больше нуля свидетельствовали о стимулирующем влиянии фактора, значения меньше нуля – об ингибирующем.

Также исследовали период восстановления растения после воздействия вибрации в диапазоне $f = 10-50$ Гц.

II серия. Изучали влияние вибрации на кинетику выработки этилена и метана *Zea mays* L. Концентрации углеводородов определялись на газовом хроматографе ЛХМ-8-МД с пламенно-ионизационным детектором. Хроматограф оснащён программой сбора и обработки хроматографических данных МультиХром (фирма «Амперсенд»), использование которой позволяет производить интегрирование сигнала. Разделение компонентов смеси производили на набивной колонке, заполненной адсорбентом Силахром С 120.

Проба отбиралась при помощи шприца-дозатора из реактора (пенициллиновая пробирка) через резиновую прокладку и вводилась в испаритель хроматографа.

В качестве хроматографического стандарта использовался метан. Газы используемые для питания хроматографа: газ-носитель (азот), водород и воздух подаются в соотношении 1:1:10 соответственно.

Температура хроматографической колонки составляла 60°C. Колонка – силохром 120 (С-120). Датчик – ДИП. Метан, содержащийся в атмосфере лаборатории – 10,7 мВ*С (хроматографические единицы). В контрольных величинах количество метана было близко, поэтому в качестве стандарта можно использовать остатки метана в атмосфере.

Достоверность отличий средних значений полученных данных определяли с использованием t-теста и T-критерия Вилкоксона. Для статистической обработки данных использовали программы «Statistica 8» (StatSoft Inc.) и «Excel 2003» (Microsoft Corporation).

Результаты и обсуждение

Влияние вибрации на ростовые процессы и онтогенез *Zea mays* L.

Образцы кукурузы сахарной (зерновки) делились на 6 групп по 50 шт. в каждой.







I группа – это контрольные образцы, которые произрастали в тех же условиях, что и опытные, но в отсутствии вибрационной нагрузки. Группы II-VI являются выборками, которые подвергались воздействию вибрации в диапазоне от 10 до 50 Гц с шагом 10 Гц. Такой диапазон выбран в связи с преобладанием низкочастотной вибрации в техногенно загруженном регионе г. Донецка (автотранспорт, ж/д транспорт, промышленные предприятия) [1-6].

В результате все образцы контрольной группы (I) попали в фазу развития всходов (у 14 наличествовал coleoptиль, у 21 был один лист, а у 15 – два), II группа – 46 образцов имели развитый coleoptиль и только 4 достигли стадии распускания одного листа; III – 50 образцов находились в фазе всходов (выпустили coleoptиль); IV и V претерпели наибольшие изменения вследствие вибрационной нагрузки, т. к. в среднем 30% остались не проросшими,

30% только проклюнулись и 30% выпустили небольшой стебель, в длину не превышающей 1-2 см, и только у 10% был развит coleoptиль; VI группа является наиболее приближенной к контролю, при этом количество развитых образцов меньше, однако для развития корневой системы вибрационный фактор проявил стимулирующий эффект (табл. 1).

Таблица 1

Количество образцов кукурузы сахарной по фазам онтогенеза после воздействия вибрации

Группы	Фазы развития					
	Набухание	Прорастание		Всходы		
						
I	–	–	–	14	21	15
II	–	–	–	46	4	–
III	–	–	–	50	–	–
IV	15	14	16	5	–	–
V	13	18	12	7	–	–
VI	–	–	4	24	17	5

Примечание. I – контрольная группа (50 шт.), II – выборка подвергалась воздействию вибрации при частоте 10 Гц (50 шт.), III – 20 Гц (50 шт.), IV – 30 Гц (50 шт.), V – 40 Гц (50 шт.), VI – 50 Гц (50 шт.)

В табл. 2 приведены значения средних длин и диаметра стебля и корней после окончания эксперимента через 2 недели. Выборка для экспериментальных групп составила: II – 204 корни, 50 стеблей; III – 200 корней, 50 стеблей; IV – 150 корней, 35 стеблей; V – 150 корней, 37 стеблей; VI – 215 корней, 50 стеблей; для контрольной группы – 212 корней, 50 стеблей.

Таблица 2

Значения средней длины (l , м) и диаметра (d , м) для стеблей и корней исследуемых групп *Zea mays* L.

Группы	Ср. знач. l , м \pm станд.откл		Ср. знач. d , м \pm станд.откл	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень
I	0,05 \pm 0,017	0,08 \pm 0,039	0,002 \pm 0,0002	0,0009 \pm 0,0003
II	0,03 \pm 0,010	0,04 \pm 0,030	0,002 \pm 0,0001	0,0007 \pm 0,0002
III	0,03 \pm 0,007	0,05 \pm 0,019	0,002 \pm 0,0004	0,0009 \pm 0,0003
IV	0,02 \pm 0,005	0,03 \pm 0,017	0,001 \pm 0,0009	0,0006 \pm 0,0002
V	0,02 \pm 0,01	0,03 \pm 0,010	0,001 \pm 0,0008	0,0007 \pm 0,0003
VI	0,04 \pm 0,010	0,09 \pm 0,015	0,002 \pm 0,0003	0,001 \pm 0,0003

Так как эксперименты проводились в течение довольно длительного времени, а также для удобства сравнения, результаты, полученные в группах II-VI, относили к результатам контрольной группы:

$$d = d \text{ среднее опыт} / d \text{ среднее контроль},$$

$$l = l \text{ среднее опыт} / l \text{ среднее контроль}.$$

Влияние механических колебаний на длину стебля и корней кукурузы оказалось значительным ($p > 0,95$) на частотах 10, 20 Гц и в большей степени ($p > 0,99$) на частотах 30 и 40 Гц (см. табл. 1). Так, статистически значимое увеличение средних длин проростков

кукурузы происходило при частоте 50 Гц. Подобный эффект отмечен ранее в работе П. К. Хиженкова, М. В. Нецветова [6]. Влияние вибрации на растения в меньшей степени отразилось на значениях среднего диаметра корней и стебля (см. табл. 2).

На частоте в 10 Гц отмечалось усыхание корневой системы, что для других исследуемых частот не являлось ярко выраженным эффектом (рис. 1, 2). Корни распределили по диаметру на 7 групп для контрольных и экспериментальных образцов:

1. ($d = 0,0003-0,0004$); 2. ($d = 0,0005-0,0006$); 3. ($d = 0,00065 - 0,0007$);

4. ($d = 0,00075-0,0008$); 5. ($d = 0,00085-0,0009$); 6. ($d = 0,001-0,0011$); 7. ($d = 0,0012-0,0018$).

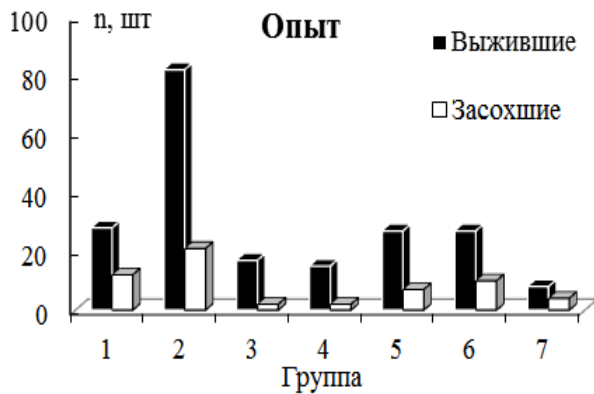


Рис. 1. Количество живых и засохших корней, распределённых по диаметру, после вибрационного воздействия с частотой 10 Гц

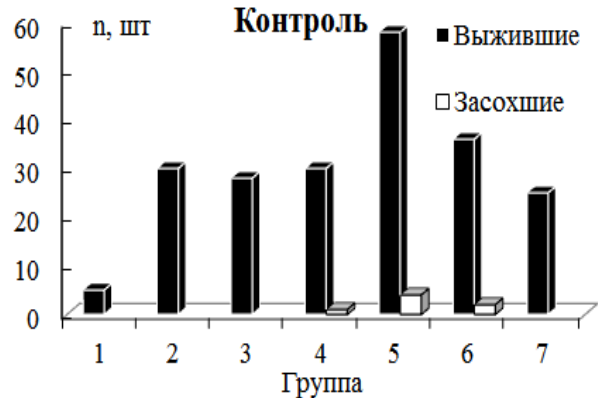


Рис. 2. Количество живых и засохших корней, распределённых по диаметру, для контрольной группы

Из рис. 3 видно, что наибольшее количество образцов кукурузы сахарной после воздействия вибрации частотой 10 Гц находится во 2 группе с $d = 0,0005-0,0006$ м, для растений контрольной группы распределение является более плавным, однако в 5 группе наблюдается максимум с $d = 0,00085-0,0009$ м.

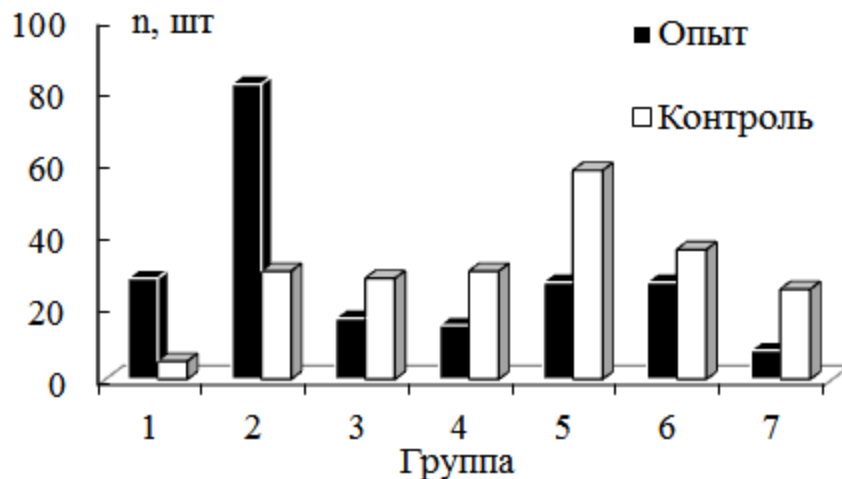


Рис. 3. Отношение количества корней, распределённых по диаметру в группах, для контроля и эксперимента:

1. ($d = 0,0003-0,0004$); 2. ($d = 0,0005-0,0006$); 3. ($d = 0,00065-0,0007$); 4. ($d = 0,00075-0,0008$);

5. ($d = 0,00085-0,0009$); 6. ($d = 0,001-0,0011$); 7. ($d = 0,0012-0,0018$)

Также исследовали период восстановления растения после вибрационного воздействия ($f = 10-50$ Гц). Для II группы восстановление (длина стебля, общее состояние надземной части) происходило на 10-14 сутки после прекращения вибрационного воздействия, но корневая система оставалась повреждённой (прекращение роста, усохшие корни не восстанавливались, корневые волоски «утрачивались»). Для III-VI групп наблюдается

подобный эффект. Исследование площади всасывающей поверхности корня показало, что вибрация является ингибитором и для II-V групп с частотой вибрации 10, 20, 30 и 40 Гц приводит к уменьшению площади всасывания на 50-80% ($p > 0,95$). Для VI группы снижение корневых волосков было статистически недостоверным.

В наибольшей степени фитовибрационный эффект проявляется на частотах 30 и 40 Гц для надземной части и корневой системы (рис. 4). Значение ФВЭ больше нуля на частоте 50 Гц свидетельствует о стимулирующем действии вибрации на растение.

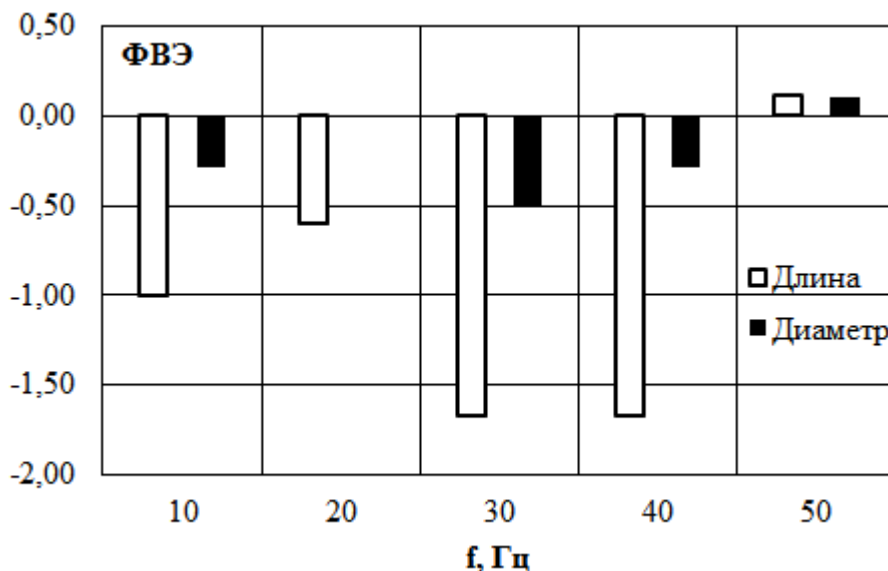


Рис. 4. Зависимость фитовибрационного эффекта от частоты вибрации (f, Гц) на корневую систему кукурузы сахарной *Zea mays L.*

Можно предположить, что после вибрационного воздействия происходит замедление развития растений, т. е. потенциально они вполне могут восстановиться после исключения стрессового фактора, однако повреждения корневой системы остаются. На разных частотах вибрационный эффект проявляется с разной интенсивностью. В большей степени ингибирующим действием обладали частоты 30 и 40 Гц, небольшим стимулирующим – 50 Гц.

Влияние вибрации на кинетику выработки этилена и метана Zea mays L.

После воздействия механического стимула (вибрации) в тканях растения начинается синтез этилена [19], который, по всей видимости, участвует в регуляции вторичного роста [8, 10]. Затем в течение нескольких часов происходит интенсивное деление клеток, которое прекращается приблизительно через сутки после стимуляции одновременно с возвращением концентрации каллозы и этилена до нормального уровня [19]. В связи с этим, в современных работах интенсивно стали изучать выход Ca^{2+} , NO_2 , CH_4 , C_2H_4 и др. после вибрации, для раскрытия механизмов действия вибрации на растения [7, 16].

Действие вибрации является основной причиной открытия устьиц и потери воды из листьев [17], однако в низкочастотном диапазоне, из-за действия абсцизовой кислоты, устьица остаются сомкнутыми, и газ накапливается в растении, тем самым угнетая его ростовые процессы. У проростков, подвергшихся действию вибрации, изменяется скорость фотосинтеза, по сравнению с контролем, и постепенно происходит адаптация к стрессу в виде вибраций на более поздних стадиях [18]. Эти стратегии перекрестной адаптации были выявлены на культуре табачных клеток [15].

Исследования по влиянию углеводов на ростовые процессы *Taxus cuspidate* показали, что у растения, из-за накопления газа, происходило перераспределение биомассы. Они имели меньшую массу стебля и более высокую массу листьев, чем в контроле [17].

В связи с вышесказанным, в работе было исследовано влияние низкочастотной вибрации на кинетику выработки этилена и метана на проростках кукурузы сахарной *Zea mays* L.

Хроматографические исследования показали, что среднее значение выхода этилена и метана у опытных образцов кукурузы сахарной (*Zea mays* L.), в основном, был значительно ниже ($p > 0,95$), чем у контрольных, и только на 50 Гц наблюдается повышенный выход углеводов (рис. 5).

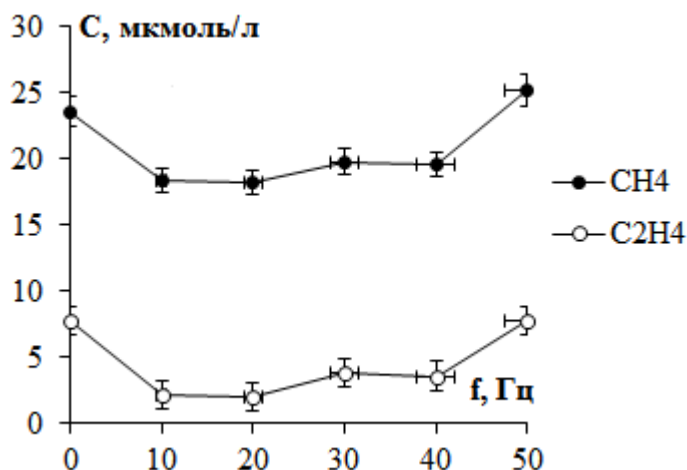


Рис. 5. Среднее значение выхода метана и этилена для образцов кукурузы сахарной (*Zea mays* L.)

Данные, полученные в результате проведения исследований на кукурузе сахарной, позволяют сделать предположение, что вибрация в диапазоне 10-40 Гц способствует накоплению газа в растении и угнетению его ростовых процессов. Согласно данным из работы Д. Марковича [16], растения, подвергшиеся вибрационной обработке, являются менее предпочтительными для насекомых вредителей *Macrosiphum euphorbiae* и *Muzus persicae*. Возможно, что вибрационная обработка растений перед посевом, при правильном подборе частот и времени обработки для определённых видов, может повысить устойчивость взрослых растений, повысить всхожесть и стать экономически выгодным не химическим способом обработки семян.

Выводы

Установлено, что под влиянием механических колебаний происходило достоверное снижение длины стебля (II-III – 40%; IV-V – 60%) и корней (II – 50%; III – 37,5%; IV-V – 62,5%) на частотах 10-40 Гц (II-V группы, соответственно) ($p < 0,05$) и незначительный стимулирующий эффект (12,5%) на частоте 50 Гц (VI группа). Изменение диаметра корней и стебля статистически недостоверны.

Исследования влияния вибрации на кинетику выработки этилена и метана *Zea mays* L. показали, что среднее значение выхода этилена и метана у опытных образцов кукурузы сахарной, в основном, было ниже ($p > 0,95$), чем у контрольных, и только на частоте 50 Гц наблюдался повышенный выход углеводов.

Список литературы

1. Корниенко В. О. Вибрации растений, индуцированные естественными источниками и автомобильным транспортом / В. О. Корниенко, М. В. Роменский, М. В. Нецветов // Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии. «БФФХ-2008»: тез. докл. IV Всеукр. науч.-техн. конф. – Севастополь : СевНТУ, 2008. – С. 155-157.
2. Нецветов М. В. Вибрационная экология леса / М. В. Нецветов // Экологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 3–4. – С. 40-50.

3. *Нецветов М. В.* Введение в вибрационную экологию / М. В. Нецветов, П. К. Хиженков, Е. П. Сулова. – Донецк : Вебер, 2009. – 164 с.
4. *Нецветов М. В.* Вибрации деревьев, индуцированные движением трамваев / М. В. Нецветов, Е. П. Сулова // Вісник Запорізького нац. ун-ту. Сер. біол. – 2008. – № 2. – С. 151-156.
5. *Нецветов М.* Механическая устойчивость деревьев к антропогенным вибрационным нагрузкам / М. Нецветов, Е. Сулова, В. Никулина, В. Корниенко // Фізичні методи в екології, біології та медицині : зб. тез II Міжнар. конф. (Львів – Ворохта, 2–6 вересня 2009 р.). – Львів, 2009. – С. 22-23.
6. *Хиженков П.* Накопление свинца растениями под влиянием электрических токов и вибраций / П. Хиженков, М. Нецветов // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 17, № 1–2. – С. 51-54.
7. *Arasimowicz M.* Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses / M. Arasimowicz, Floryszak, J. Wiczorek // Plant Science. – 2007. – Vol. 172. – P. 876-887.
8. *Braam J.* In touch: plant responses to mechanical stimuli / J. Braam // New Phytologist. – 2005. – Vol. 165. – P. 373-389.
9. *Braam J.* Rain-, wind-, and touch-induced expression of calmodulin and calmodulin-related genes in *Arabidopsis* / J. Braam, R. W. Davis // Cell. – 1990. – Vol. 60. – P. 357-364.
10. *Chehab E. W.* *Arabidopsis* touch-induced morphogenesis is jasmonate mediated and protects against pests / E. W. Chehab, Ch. Yao, Z. Henderson, S. Kim, J. Braam // Current Biology. – 2012. – Vol. 22. – P. 701-706.
11. *Chehab E. W.* Mechanical force responses of plant cells and plants / E. W. Chehab, Y. Wang, J. Braam. – Mechanical integration of plant cells and plants. – Springer, 2011. – P. 173-194.
12. *Gagliano M.* Towards understanding plant bioacoustics / M. Gagliano, S. Mancuso, D. Robert // Trends Plant Sci. – 2012. – Vol. 17. – P. 323-325.
13. *Jaffe M. J.* Thigmomorphogenesis: the response of plant growth and development to mechanical stimulation / M. J. Jaffe // Planta. – 1973. – Vol. 114. – P. 143-157.
14. *Lee D.* Genome-wide identification of touch- and darkness-regulated *Arabidopsis* genes: a focus on calmodulin-like and XTH genes / D. Lee, D. H. Polisensky, J. Braam // New Phytol. – 2005. – Vol. 165. – P. 429-444.
15. *Li Z.* Mechanical stimulation-induced chilling tolerance in tobacco suspension cultured cells and its relation to proline / Z. Li, M. Gong // Russian Journal of Plant Physiology. – 2013. – Vol. 60. – P. 149-154.
16. *Markovic D.* Plant responses to brief touching : a mechanism for early neighbour detection? / D. Markovic, N. Nikolic, R. Glinwood, G. Seisenbaeva, V. Ninkovic // PLoS ONE 11(11). – 2016. – 19 p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165742>
17. *Sarmast M. K.* In vitro regenerated plants response to seismomorphogenic stimuli / M. K. Sarmast // Electronic Journal of Biology. – 2016. – Vol. 12(4). – P. 422-425.
18. *Sarmast M. K.* Seismomorphogenesis : A novel approach to acclimatization of tissue culture regenerated plants / M. K. Sarmast, H. Salehi, M. Khosh-Khui // 3 Biotech. – 2014. – Vol. 4 – P. 599-604.
19. *Telewski F. W.* A unified hypothesis of mechanoperception in plants / F. W. Telewski // Am. J. Bot. – 2006. – Vol. 93. – P. 1466-1476.
20. *Telewski F. W.* Thigmomorphogenesis: anatomical, morphological and mechanical analysis of genetically different sibs of *Pinus taeda* in response to mechanical perturbation / F. W. Telewski, M. J. Jaffe // Physiol. Plant. – 1986. – Vol. 66. – P. 219-226.

Korniyenko V. O., Tarabarova A. G. The effect of vibration frequency of 10-50 Hz at growth rates of *Zea mays* L. – Established that under the influence of mechanical vibrations have significantly reduced the length of the stem and roots ($p < 0,05$) at frequencies of 10, 20, 30, 40 Hz and a slight stimulating effect at a frequency of 50 Hz. The

influence of vibration on the kinetics of production of ethylene and methane *Zea mays* L. The average value of the output of ethylene and methane in plants of experimental groups, in general, was lower ($p > 0,95$), than in the control group. Vibrating treatment of plants before planting, with proper selection of frequencies and processing time for certain kinds, can increase the mechanical resistance of adult plants and seed germination.

Key words: maize, growth performance, vibration, frequency, phytovibrating effect, inhibitor.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в научно-практическом журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.), которые касаются проблем экологии и охраны природы.

В печать принимаются научные статьи на русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

2. Статья набирается в редакторе MS Word 2003 как документ Word (*.doc) или текст в формате RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

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

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:
УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ

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

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

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

Ключевые слова: не более 5-8 слов.

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

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

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

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках.

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

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия *родов* и *видов* необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования

(например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

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

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 2003. Их следует размещать в «книжном», а не в «альбомном» формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

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

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

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

13. К статье прилагается заявка с указанием для каждого автора фамилии, имени и отчества (полностью), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (обязательно!) и контактного телефона.

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

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

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

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **eco-1999@mail.ru**

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ,
ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 283050

Отв. секретарь: к.б.н. Штирц Артур Давыдович

Тел.: (062) 302-09-95; (050) 240-78-02

RULES FOR AUTHORS

1. The scientific and practical journal «Problems of ecology and nature protection of technogenic region» publishes scientific works in all fields of biology (botany, physiology of plants, zoology, physiology of man and animals, biophysics and others) that were not previously published and touches problems of ecology and nature protection.

We accept scientific articles in Russian and English, containing all the necessary elements: general problem statement and its connection with major scientific and practical objectives; analysis of latest achievements and publications on the given problem the author refers to, underlining the parts of the general problem that were not solved before, the article being aimed at solving; formulating the aim and stating tasks; presenting basic research data with full justification of the scientific results obtained; conclusion to this research and prospects for further research in this direction.

2. The article must be typed in MS Word. Font Times New Roman of size 12, single space, 2 cm in all margins; with indentation of 1 cm; justified alignment with no word division; style «Ordinary». Pages of manuscripts must not be numbered.

The length of an article (including illustrations, tables, bibliography, summary) is 5-16 pages.

3. The text of the article should correspond to the following structural scheme:
UDC (in the upper left corner)

Initials and surname of the author(s)

The title of the article – **IN CAPITAL LETTERS**

Full official name of the institution and its mailing address with postal code

(for each author, if they represent different institutions) and e-mail

4. Extended abstract in English (up to 1 page, not longer than 3000 symbols) must be attached to the article. The extended abstract has to be written according to the following example (font size 12):

Surname and initials of the author(s).

The title of the article.

Full official name of the institution and its mailing address with postal code (for each author, if they represent different institutions).

The extended abstract must contain short narration of article structure (including introduction, the purpose and objectives, methods, main results and conclusions), should be original and independent from the article source of information.

Key words: no more than 5-8.

5. The body of the article should contain the following elements: **Introduction, Material and methods of the research, Results and discussion, Conclusions, Bibliographic references.**

Acknowledgements are given at the end of the article before bibliographic references.

6. Latin names of *genus* and *species* should be typed *in italics*. The name of any organism mentioned for the first time should be accompanied with the full scientific (Latin) name with indication of the author (full surname) and publication year (for example, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)). Further mentioning doesn't require the author's name and year, and the name can be shortened (*P. domesticus*).

7. The text of the article should be carefully checked, without orthographic errors. Abbreviations of words, except for generally accepted ones, are not permissible or otherwise they must be deciphered.

8. Tables should be made in MS Word. Sheet size – Letter, lines are to be maximally filled with information. Names of the columns should not contain shortened words. You should avoid creating too bulky tables. Table's title should be made as follows:

Table 1

Title of the Table

9. Figures, graphs, diagrams, photos in electronic form should be inserted in the text immediately after the reference to them (or on the next page). The legend is placed under the graph in MS Word (Fig. 1. Legend). All the elements of the text in the graphs and diagrams must be typed

in Times New Roman font. The pictures must be of high quality and contrast. The volume of illustrations should not exceed 30% of the article.

10. Mathematical formulas and equations are to be given using MS Equation 3.0.

11. You should enclose to your article the following documents on separate sheets: an application with full names (surname, name and patronymic) of every author, academic status and academic degree, full name and address of the organization, where the work was carried out, e-mail (obligatory!) and contact telephone.

12. The authors bear the responsibility for the article content and the figures quality.

13. The submitted manuscript is anonymously peer-reviewed by experts on the subject of its scientific value, compliance with the requirements and profile of the journal. On the recommendations of the reviewers editorial board makes a decision on the possibility of the article publication. The Editorial Board reserves the right to itself to edit the text as agreed with the authors.

All the materials are to be sent to: **eco-1999@mail.ru**

Editorial office address:

Biological faculty of Donetsk National University

Schorsa Str., 46/310

Donetsk, 283050

Managing editor: PhD in biology, Arthur Shtirts

Tel.: +38 (050) 240-78-02

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

№ 1–2

Учредитель: Донецкий национальный университет

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

Оригинал-макет: А. Д. Штирц

Адрес редакции:
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
биологический факультет

Тел.: (062) 302-09-95
+38(050) 240-78-02
e-mail: eco-1999@mail.ru

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