

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

2019

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 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»
Глухов А. З. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Демченко С. И. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» НИИ травматологии и ортопедии
Калинкин О. Г. , проф., д-р мед. наук	ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»
Мацюра А. В. , проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Россия)
Остапко В. М. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Сафонов А. И. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» Гуманитарно-педагогическая академия
Соболев В. И. , проф., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» (Россия)
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 г.).

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

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

Адрес редакции:

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
Биологический факультет
Тел.: (062) 302-09-95; (071) 419-59-19
Сайт журнала: <http://donnu.ru/ecolog>

e-mail: eco-1999@mail.ru

Печатается по решению Ученого совета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» протокол № 5 от 31.05.2019 г.

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2019

Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 2019, № 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
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Demchenko S. I.	Donetsk National University
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
Safonov A. I.	Donetsk National University
Sobolev V. I.	Humanities and Education Science Academy Crimean Federal University (Russia)
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
(071) 419-59-19

e-mail: eco-1999@mail.ru

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

*Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council
proc № 5 dated 31.05.2019*

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Калинина А. В.</i> Диагностика эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки методами фитотестирования	6
<i>Мирненко Э. И., Садловская В. В.</i> Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса	13
<i>Морозова Е. И.</i> Новые находки видов Bryobionta в Донецко-Макеевской промышленной агломерации	22
<i>Павлова М. А.</i> Итоги интродукции <i>Iris sibirica</i> L. в Донецком ботаническом саду	28
<i>Сафонов А. И.</i> Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов	35

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Амолин А. В., Кузичева Н. Н., Соболева А. А.</i> Пчелы (Hymenoptera, Apoidea, Ariformes) приусадебных участков Центрального Донбасса (на примере г. Донецка, г. Харцызска, г. Горловки)	44
<i>Рева М. В., Семушин Р. Д.</i> Мошки (Diptera, Simuliidae) Приазовья	53
<i>Рязанцева А. Е.</i> Фенология и сезонная активность нападения кровососущих комаров рода <i>Culex</i> (Diptera, Culicidae) в условиях г. Донецка	61
<i>Штирц А. Д., Колосова Ю. Е.</i> Экологическая структура населения панцирных клещей окрестностей Енакиевского металлургического завода	65
<i>Ярошенко Н. Н.</i> Панцирные клещи и сопутствующие почвообитатели балки Брандта заповедника «Хомутовская степь – Меотида»	83

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Демченко С. И., Грановский И. А.</i> Пероксидазная активность монокарионов гриба <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm.	91
<i>Кудинова О. В.</i> Изменение изоферментного спектра пероксидазы в корнях проростков <i>Pinus sylvestris</i> L. под действием инфекции <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref	97
<i>Чемерис О. В.</i> Влияние условий культивирования (температура, рН питательной среды) на биосинтез протеиназ молокосвертывающего действия штаммами <i>Irpex lacteus</i>	103

C O N T E N T S

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Kalinina A. V.</i> The diagnostics of edaphotopes of some dumps of coal mines in Makeevka by means of phyto-testing	6
<i>Mirnenko E. I., Sadlovskaya V. V.</i> Hydrochemical features and phytoplankton formation in artificial reservoirs of Donbass	13
<i>Morozova E. I.</i> New finds of Bryobionta species in Donetsk-Makeevka industrial agglomeration	22
<i>Pavlova M. A.</i> The results of <i>Iris sibirica</i> L. introduction in the Donetsk Botanical Garden ..	28
<i>Safonov A. I.</i> Expertise of industrial enterprises of Donbass based on the status of phytocomponents	35

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Amolin A. B., Kuzicheva, N. N., Soboleva A. A.</i> Bees (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) on household plots of the Central Donbass on the example of the cities of Donetsk, Khartsyzsk, Gorlovka	44
<i>Reva M. V., Semuschin R. D.</i> Black-flies (Diptera, Simuliidae) of the Asov region	53
<i>Ryazantseva A. E.</i> Phenology and seasonal activity of the attack of blood-sucking mosquitoes of the genus <i>Culex</i> (Diptera, Culicidae) in the conditions of the city of Donetsk	61
<i>Shtirts A. D., Kolosova Yu. E.</i> Ecological structure of oribatid mites communities in Yenakievo iron and steel works environs	65
<i>Yaroshenko N. N.</i> Oribatid mites and related soil arthropods of Brandta gulch of reserve «Khomutovskaya steppe – Meotida»	83

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Demchenko S. I., Granovskyi I. A.</i> The peroxidase activity of fungus <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. monokaryons	91
<i>Kudinova O. V.</i> Changes in the isoenzyme spectrum of peroxidase in the roots of <i>Pinus sylvestris</i> L. seedlings under the influence of infection <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref ..	97
<i>Chemeris O. V.</i> The influence of cultivation conditions (temperature, pH of the nutrient medium) on the biosynthesis of milk-clotting proteinases by <i>Irpex lacteus</i> strains	103

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

УДК 579.64 : 581.5 : 622.693.26 : 504.06 (477.60)

© А. В. Калинина

ДИАГНОСТИКА ЭДАФОТОПОВ НЕКОТОРЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ
Г. МАКЕЕВКИ МЕТОДАМИ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: kalinina.angela91@mail.ru

Калинина А. В. Диагностика эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки методами фитотестирования. – В докладе представлены результаты оценки эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки с использованием методов фитотестирования. Рассмотрена возможность применения *Medicago sativa* L. и *Berteroa incana* (L.) DC. в качестве тест-культур специфических экотопов породных отвалов. Выявлено фитотоксическое действие породы отвалов угольных шахт на рост и развитие фитотестов – *M. sativa* и *B. incana*.

Ключевые слова: породный отвал, угольная шахта, эдафотоп, фиторекультивация, фитотоксичность, г. Макеевка.

Введение

Породные отвалы угольных шахт Донбасса являются причиной долговременной экологической опасности. Отвалы оказывают негативное влияние на все компоненты окружающей природной среды, в том числе и на состояние здоровья населения [1, 5, 6].

Вынесенные горные породы на поверхность земли обладают уникальными свойствами, которые отличают их от почвы. Основными отличиями эдафотопов отвалов угольных шахт являются фитотоксичность породы, неблагоприятный водный режим, высокая каменистость, низкий потенциал плодородия и т.п. [7]. Порода отвалов содержит большое количество токсичных веществ, которые образуются в ходе биохимического разложения, аккумулирует загрязняющие вещества и распределяет их по другим компонентам среды [1, 5].

Фиторекультивация – самый доступный и эффективный способ минимизации негативного влияния отвалов на окружающую среду. Учитывая особенности таких техногенных объектов, очевидно, что формирование естественного растительного покрова значительно затруднено – идет замедленными темпами [1, 5-7].

Актуальность исследования заключается в необходимости изучения эдафотопов породных отвалов угольных шахт, процессов самовосстановления отвалов, влияния фитотоксичности на естественное зарастание отвалов и т. п. Необходимым является накопление информации о породных отвалах, дальнейшее её использование с целью оптимизации техногенных экотопов и уменьшения экологической опасности в зонах повышенного антропогенного влияния [12, 13].

Диагностика и определение экологического состояния техногенных экотопов проводятся с помощью методов биотестирования, в качестве биологических тест-объектов используют высшие растения [14]. Устойчивость растений к негативным факторам среды зависит от фазы индивидуального развития. Проростки обладают максимальной чувствительностью к неблагоприятным воздействиям и являются удачными объектами для изучения [2, 12, 13].

Фитотестирование является частью комплексной оценки токсичности техногенных экотопов. Суть метода заключается в непосредственном взаимодействии растений с исследуемым материалом. Показателем токсичности субстрата выступает степень изменения выбранной тест-функции растения при его взаимодействии с опытным образцом [2].

Цель исследования – провести биологическую диагностику эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки на основании изучения параметров экспериментов по фитотестированию.

Материал и методы исследования

Для адекватной оценки токсического воздействия породы отвалов угольных шахт на объекты исследования использовали методики фитотестирования на водных вытяжках из исследуемой породы отвалов и контактные методы тестирования [2]. Такое решение объясняется тем, что оценка токсичности субстратов по фитотестированию водных вытяжек не всегда диагностирует наличие загрязнения и не всегда достоверна. Субстратный способ тестирования обеспечивает непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом, что позволяет установить уровень воздействия твердых загрязнителей [2, 12, 13].

Успех проведения фитотестирования на семенах высших растений во многом определяется подбором тест-культур, чувствительных к загрязнителям. Отвалы угольных шахт являются специфическим эдафотопом для растительности, соответственно нами была осуществлена попытка подбора подходящих тест-культур для определения токсичности.

Для исследования были выбраны тест-культуры – *Medicago sativa* L. и *Berteroa incana* (L.) DC. Опытные фитотесты – представители разных семейств (*M. sativa* – Fabaceae, *B. incana* – Brassicaceae), являются биоиндикаторами, произрастают в техногенных условиях, в том числе и на отвалах угольных шахт; их семенной материал характеризуется высокими качественными показателями, быстрым прорастанием семян и высокой степенью всхожести [11, 12, 14].

В качестве тест-объектов использовали семена *M. sativa* и *B. incana* с условно чистой территории. Семенной материал *B. incana* собран в Советском районе г. Макеевки (48°04'35.0" северной широты, 38°02'42.7" восточной долготы), *M. sativa* – в дендрарии ГУ «Донецкий ботанический сад» (48°01'23.0" северной широты, 38°88'34" восточной долготы).

Материалы исследования: водные вытяжки, изготовленные из проб породы, отбор которой осуществляли осенью 2018 г., а также подготовленный субстрат взят весной 2019 г. на отвалах некоторых угольных шахт Советского района г. Макеевки: образцы вытяжки и субстрата № 1 изготовлены из породы отвала № 1 шахты «Калиновская-Восточная» (48°04'18.1" северной широты, 38°00'49.0" восточной долготы); опытный материал № 2 – из породы породного отвала № 2 шахты «Калиновская-Восточная» (48°04'25.1" северной широты, 38°00'55.4" восточной долготы); № 3 – из породы отвала № 3 шахты «Капитальная» (48°05'07.0" северной широты, 38°00'54.9" восточной долготы).

В качестве контроля были взяты: контроль № 1 – отстоянная водопроводная вода, контроль № 2 – дистиллированная вода с комплексным минеральным удобрением.

Оценку фитотоксичности породы отвалов угольных шахт с использованием водных вытяжек из исследуемой породы проводили в лабораторных условиях с применением МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности [9]. Контактный способ тестирования проводили на основании методики, разработанной в НИЦЭБ РАН, включенной в Федеральный Реестр [8], методики использовали с определенной модификацией.

Проращивание семян осуществляли в чашках Петри на подготовленном субстрате и фильтровальной бумаге, с использованием опытных водных вытяжек. На 3-й день определяли энергию прорастания, на 7-й день – всхожесть семян *M. sativa*, на 8-й день – всхожесть семян *B. incana*. Опыт по проращиванию проводили в трехкратной повторности.

В процессе исследования рассматривали такие параметры, как всхожесть, энергия прорастания, длина надземной и подземной частей проростков. Определяли фитотоксический эффект (E_T) всхожести, длины побегов и зародышевых корешков проростков, отмечали характер роста и развития проростков.

Методом фитотестирования проводили сравнительный анализ жизнеспособности семенного материала тест-культур, пророщенных на экспериментальных образцах. Фитотоксическое действие считали доказанным, если фитоэффект (E_T) составляет больше 20% [9]. Степень токсичности устанавливали на основании определения изменения выявленных тест-функций по сравнению с контрольной пробой, для установления степени токсичности использовали шкалу токсичности [8].

Результаты и обсуждение

На первом этапе определения токсичности эдафотопов породных отвалов угольных шахт осуществили проращивание семенного материала *M. sativa* и *B. incana* на опытных водных вытяжках. Анализ всхожести и энергии прорастания на вытяжках показал незначительное снижение опытных параметров в сравнении с контролем. Фитотоксический эффект всхожести семенного материала в исследуемых вытяжках меньше 10%, угнетение не проявляется (табл. 1).

Таблица 1

Показатели всхожести семян тест-культур

Наименование показателя	Вытяжка № 1	Вытяжка № 2	Вытяжка № 3
<i>Medicago sativa</i> L.			
Среднее значение всхожести, %	87,3±1,76	80,7±2,33	85,0±2,23
Фитотоксический эффект (E _T)	2,0	9,1	4,5
Контроль № 1	89,0±1,4		
<i>Berberoa incana</i> (L.) DC.			
Среднее значение всхожести, %	77,4±1,67	80,7±3,16	82,0±1,73
Фитотоксический эффект (E _T)	7,6	3,7	2,1
Контроль № 1	83,8±1,95		

Наблюдая за особенностями роста и развития растений, были отмечены отклонения морфологических параметров проростков *M. sativa*. Выделили следующие отклонения от нормы:

- проростки с короткими зародышевыми корешками, прекратившими рост;
- со слабыми, спирально закрученными корешками;
- проростки с недоразвитыми семядолями;
- проростки с увеличенным количеством семядолей, или их расщеплением (рис. 1).



А

Б

Рис 1. Морфологические отклонения от нормы проростков *Medicago sativa* L.:

А – проростки с видоизмененными зачаточными корешками;

Б – проростки с увеличенным количеством семядолей

Такая особенность роста и развития проростков характерна как для опытных вытяжек, так и для эксперимента с образцами субстрата отвалов. Отметим закономерность: наибольшее количество морфологических отклонений наблюдали в опыте с вытяжкой № 1, наименьшее – с вытяжкой № 3.

Наблюдения за развитием проростков *B. incana* показали, что отклонения от нормы были единичны и не являются информативным показателем.

Сравнивая влияние водных вытяжек на развитие надземной и подземной частей проростков, установлено, что угнетающее воздействие оказывается на рост корешка.

Фитотоксический эффект длины корешков проростков *M. sativa*, выращенных на вытяжках проб субстрата отвалов № 1 и № 2, не превышает 20%, токсическое воздействие не подтверждается. Эффект торможения опытной вытяжки № 3 считаем доказанным, т. к. $E_t = 20,1\%$ (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение длины надземной и подземной частей проростков *Medicago sativa* L. в исследуемых вытяжках и контроле

Наименование показателя	Значение в пробах			Среднее значение	Et, (%)	Оценка фитотоксичности
Вытяжка № 1						
Длина корешка, мм	43,9±3,65	44,5±2,5	38,5±2,36	41,8±1,91	10,1	норма
Длина надземной части, мм	8,4±0,63	7,4±0,6	9,4±0,34	8,4±0,71	2,4	норма
Вытяжка № 2						
Длина корешка, мм	42,9±1,83	42,9±2,29	47,1±3,26	44,3±2,01	4,7	норма
Длина надземной части, мм	12,6±0,52	11,4±0,7	12,1±2,32	12,0±0,35	-0,08	норма
Вытяжка № 3						
Длина корешка, мм	34,9± 2,14	36,9±3,29	37,6±2,51	37,5±1,44	20,1	эффект торможения
Длина надземной части, мм	11,4±0,56	10,8±0,62	11,2±0,37	11,1±0,18	0	норма
Контроль						
Длина корешка, мм	46,5±2,24					
Длина надземной части, мм	11,1±0,26					

Проростки *B. incana* опытных вытяжек характеризуются уменьшением длины корешка в сравнении с контрольными проростками. Фитотоксический эффект длины корешков выращенных проростков на всех опытных вытяжках подтверждается, угнетающее воздействие на развитие побегов не наблюдали (табл. 3).

Результаты тестирования водных вытяжек позволили выявить, что выбранные тест-культуры характеризуются разной степенью устойчивости к токсическому действию породы отвалов угольных шахт. Полученные данные свидетельствуют, что наиболее чувствительные тест-отклики проявляется по отношению к фитотесту *B. incana* – длина корешка проростка и наличие морфологических отклонений проростков *M. sativa* по сравнению с контролем.

На следующем этапе оценки эдафотопов отвалов угольных шахт применяли контактное лабораторное тестирование. Анализируя полученные показатели токсичности, установили снижение всхожести семян и изменения длины корней проростков по сравнению с контролем. Эти параметры выступают тест-функциями, позволяют диагностировать уровни токсичности субстрата отвалов.

Энергия прорастания семенного материала используемых тест-объектов на субстрате является высокой, не отличается от контроля – не является показателем токсичности породы.

Всхожесть семенного материала *M. sativa* и *B. incana*, выращенного на опытном субстрате, снижается по сравнению с контрольными показателями и показателями, полученными на опытных водных вытяжках.

Результаты тестирования токсичности субстрата отвалов приведены в табл. 4. Из данных табл. 4 видно, что практически все опытные образцы породы оказывают негативное воздействие на изучаемые тест-функции растений при проведении фитотестирования.

Таблица 3

**Сравнение длины надземной и подземной частей проростков *Berteroa incana* (L.) DC.
в исследуемых вытяжках и контроле, фитотоксический эффект**

Наименование показателя	Значение в пробах водной вытяжки			Среднее значение	Ет, (%)	Оценка фитотоксичности
Вытяжка №1						
Длина корешка, мм	25,1±1,27	25,3±1,89	23,7±1,74	24,7±0,50	41,7	эффект торможения
Длина надземной части, мм	6,4±0,65	7,4±0,29	6,3±0,71	6,7±0,35	4,6	норма
Вытяжка №2						
Длина корешка, мм	25,1±1,63	28,7±1,87	27,3±2,07	27,03±1,05	36,3	эффект торможения
Длина надземной части, мм	8,8±0,38	8,6±0,42	8±0,51	8,47±0,44	отсутствует	норма
Вытяжка №3						
Длина корешка, мм	28,6±2,37	28,4±2,13	27,3±2,78	28,1±0,26	33,7	эффект торможения
Длина надземной части, мм	6,36±0,35	8,32±0,79	7,32±0,54	7,33±0,4	отсутствует	норма
Контроль						
Длина корешка, мм	42,4±1,83					
Длина надземной части, мм	7,04±0,26					

Таблица 4

Результаты субстратного фитотестирования породы отвалов угольных шахт

№ пробы субстрата	Всхожесть семян, %	Длина корешка, мм	N1	Степень токсичности	N2	Степень токсичности
<i>Medicago sativa</i> L.						
Контроль	84,7±2,02	38,9±3,01				
1	63,6±1,8	3,7±0,46	0,74	низкая степень токсичности	0,1	высокая степень токсичности
2	78,0±2,31	41,1±2,34	0,92	норма	1,05	норма
3	71,9±1,32	32,5±2,28	0,84	низкая степень токсичности	0,83	низкая степень токсичности
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC						
Контроль	80,0 ± 2,54	38,5±2,10				
1	20±3,72	3,2±0,31	0,25	высокая степень токсичности	0,08	не пригодная для жизни
2	56,8±2,61	21,9±2,08	0,71	низкая степень токсичности	0,57	средняя степень токсичности
3	65,2±1,87	23,1±3,01	0,81	низкая степень токсичности	0,6	средняя степень токсичности

Фитотоксическое влияние исследуемых материалов на рост и развитие выбранных тест-объектов проявляется в разной степени снижения величины тест-реакции в опыте по сравнению с контролем. Наибольший угнетающий эффект отмечен у образцов субстрата отвала № 1, здесь наблюдаются наименьшие показатели всхожести, а также значительное снижение длины зародышевых корешков, – характеризуем субстрат практически не пригодным для существования тест-объектов. Обратная ситуация наблюдается для *M. sativa*, пророщенных на пробе породы отвала № 2. Анализируя индексы фитотоксичности тест-функций, следует отметить, что субстрат не оказывает существенного влияния на развитие объекта, параметры тест-откликов находятся на уровне контрольного значения.

Выводы

Проведенные исследования показали, что при установлении фитотоксичности породы некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки лучшей чувствительностью обладает метод контактного тестирования. Допускаем предположение, что такая закономерность прослеживается по причине разного периода отбора проб породы.

Эдафотопы отвалов угольных шахт города Макеевки не обладают выраженной фитотоксичностью по отношению к используемым растительным тест-культурам. Однако отрицательный эффект токсичности все-таки проявляется, – она более выражена в опыте с *V. incana*. Это важно учитывать при подборе видов для проведения биологической рекультивации отвала.

Выявлены наиболее чувствительные тест-отклики: всхожесть, длина корешков проростка, наличие морфологических отклонений проростков *M. sativa* по сравнению с контролем. На основании анализа, можно расположить исследуемые эдафотопы отвалов г. Макеевки в убывающий ряд токсичности: породный отвал № 1 шахты «Калиновская-Восточная» > породный отвал № 3 шахты «Капитальная» > породный отвал № 2 шахты «Калиновская-Восточная». Такое расположение связываем с возрастом отвалов. Это дает нам основание утверждать, что чем старше породный отвал, тем меньше проявляется токсическое воздействие породы на растительный покров.

Исследование фитотоксичности эдафотопов отвалов угольных шахт позволяют сделать общий вывод: посредством опытов фитотестирования можно предварительно дать оценку чувствительности определенных видов растений к токсическому воздействию конкретных техногенных экотопов.

Список литературы

1. Агурова И. В. Особенности развития эдафотопов в условиях отвалов угольных шахт Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2009. № 1 (9). С. 150–157.
2. Бакина Л. Г., Бардина Т. В., Маячкина Н. В. К методике фитотестирования техногенно загрязненных почв и грунтов // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения : матер. Междунар. конф. Апатиты, 2004. Ч. 1. С. 167–169.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 1986-01-07. М. : Изд-во стандартов, 1986. 64 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 1984-30-06. М. : Изд-во стандартов, 2004. 4 с.
5. Жуков С. П. Растительность отвалов угольных шахт Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 13–17.
6. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Донецк, 2017. Т. 2. С. 80–82.

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

8. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв. ФР 1.39.2006.02264. СПб., 2009. 19 с.

9. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. 2007. 30 с.

10. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.

11. *Сафонов А. И.* Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанofлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.

12. *Сычева В. Г., Мюллера Л.* Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. 2. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах. М. : Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. 456 с.

13. *Шенелев Е. Н.* Оценка экотоксичности экспериментальных смесей, разработанных для санации территории, прилегающей к шламохранилищу АО «РУСАЛАЧИНСК» // Вестник КрасГАУ. 2017. № 12. С. 203–210.

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

Kalinina A. V. The diagnostics of edaphotopes of some dumps of coal mines in Makeevka by means of phytotesting. – The report presents the results of the edaphotopes assessment of some coal mines waste rock dumps in Makeevka using the methods of phytotesting. The possibility of applying *Medicago sativa* L. and *Berteroa incana* (L.) DC. as test cultures of specific ecotopes of waste dumps is considered. The phytotoxic effect of the rock of the coal mine dumps on the growth and development of phytotests – *M. sativa* and *B. incana* is identified.

Key words: waste dumps, coal mines, edaphotop, phytotoxicity, phytoremediation, Makeevka.

УДК 574.522 : 543.31(477)

© Э. И. Мирненко, В. В. Садловская

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМАХ ДОНБАССА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Мирненко Э. И., Садловская В. В. Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса. – В работе представлены данные о гидрохимических и гидробиологических показателях 10 водоемов Донбасса. Дана оценка антропогенного влияния и современного состояния исследуемых водоемов Донбасса.

Ключевые слова: пруды, гидрохимия, фитопланктон.

Введение

Проблема использования водных ресурсов является одним из главных и актуальных вопросов в экологии и привлекает все большее внимание. Массовое уничтожение имеющихся запасов пресной воды рек, озер, водохранилищ и других источников воды приводит к тому, что вода становится непригодной для употребления [2].

Донбасс расположен в северо-восточной части степной зоны северного Причерноморья, что и определяет данную территории как наиболее низко обеспеченную водными ресурсами в восточной Европе. Местный сток незначителен, однако имеет достаточно развитую гидрографическую сеть, состоящую из большого количества водоемов. Ресурсы стока региона невелики, особенно при достаточно развитой гидрографической сети, имеющей в своем составе многочисленные водные объекты, такие как реки, озера, подземные воды, искусственные водоемы (пруды, водохранилища) и каналы (Северский Донец – Донбасс, Днепр – Донбасс).

Реки Донбасса относят к разряду малых и средних, преобладают небольшие, неглубокие, с небольшим водосборным бассейном, малым стоком. Характерной чертой является значительная весенняя полноводность и кратковременные подъемы уровня воды летом и осенью после интенсивных дождей [2].

В гидрографической сети Донбасса имеются озера, но почти все они незначительны по размеру и в большинстве пресноводны. По своему происхождению в основном представляют староречья – остатки прежних русел рек. Питание озер происходит за счет грунтовых вод и атмосферных осадков, они богаты рыбой, в них развито также и искусственное рыборазведение (например, в Орлином, Краснокутском, Зимовном, Подпесочном, Большом Лимане).

Донбасс располагает значительными площадями прудов. Эти небольшие водохранилища создаются в долинах рек, естественных понижениях (в верховьях балок, оврагов) для задержания и хранения главным образом вод поверхностного стока. Наполняются они снеговыми, дождевыми и подземными водами [2].

Пруды в такой гидрографической сети решают комплексно следующие задачи: повышение надежности водоснабжения населения, сельского хозяйства (орошаемое земледелие); снижение концентрации загрязняющих веществ в реках; защита от наводнения; улучшение условий для возможной рекреации и ведения рыбного хозяйства. Водоемы отличаются мелководьем и могут использоваться для выращивания влаголюбивых растений, птицеразведения, охотничьих и звероводческих нужд, рекреации [3].

Однако, в связи с тем, что пруды отличаются малыми размерами водного зеркала, небольшой глубиной, слабым перемешиванием водных масс, они подвергаются антропогенному стрессу, впоследствии происходит эвтрофикация, «цветение» и загрязнение водоемов разного типа. Пруды, находясь в черте городов, испытывают множественное воздействие разных факторов, наиболее существенными из которых являются

поверхностный сток с городских территорий и аварийные (залповые) сбросы загрязняющих веществ промышленными предприятиями через ливневую канализацию.

Таким образом, к внутренним водам Донецкого бассейна относятся реки, озера, подземные воды, искусственные водоемы (пруды, водохранилища) и каналы. Для регулирования и рационального использования естественных водных ресурсов Донбасса было необходимо создание и использование искусственных водоемов, которые в настоящее время решают большое количество задач и являются необходимыми.

Целью работы является определение современных гидрохимических характеристик водных объектов и условий формирования фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса.

Материал и методы исследования

Гидрохимический анализ проб прудов Донбасса проводили с мая по сентябрь 2018 г. в соответствии с установленными ГОСТ [5] определения качества вод.

Материалом для проведения работы послужили пробы простого типа с однократным отбором всего количества воды, отобранные в 10 прудах на территории Донбасса:

пруд № 1, площадью водного зеркала 10,2 га, объемом 413,14 тыс. м³, расположенный в балке Калиновая, бассейн р. Крынка, на территории Успенской сельской администрации, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 2, площадью водного зеркала 5,6 га, объемом 87,09 тыс. м³, расположенный в балке Калиновая, бассейн р. Крынка, на территории Успенской сельской администрации, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 3, площадью водного зеркала 12,76 га, объемом 229,33 тыс. м³, расположенный в балке Кошарная, бассейн р. Сухой Еланчик, на территории Новоивановской сельской администрации, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 4, площадью водного зеркала 6,97 га, объемом 75,55 тыс. м³, расположенный в балке Осыкова, бассейн р. Кальмиус, на территории Многопольской сельской администрации, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 5, площадью водного зеркала 11,12 га, расположенный в балке Осыковая, бассейн р. Кальмиус, на территории Многопольского городского совета, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 6, площадью водного зеркала 40,8 га, объемом 898,0 тыс. м³, расположенный в балке Сухой Еланчик, бассейн р. Мокрый Еланчик, на территории Новоивановской сельской администрации, административно относящейся к Амвросиевскому району;

пруд № 7, площадью водного зеркала 9,75 га, объемом 212,59 тыс. м³, расположенный в балке Карапулька, бассейн р. Лугань, на территории Коммуновской сельской администрации, административно относящейся к г. Дебальцево.

пруд № 8, площадью водного зеркала 45 га, объемом 1250 тыс. м³, расположенный в балке Долын-Тарама, бассейн р. Сухая Волноваха, на территории Докучаевского городского совета;

пруд № 9, площадью водного зеркала 6,56 га, объемом 115,18 тыс. м³, расположенный в балке Обеточная, бассейн р. Кальмиус, на территории, административно относящейся к г. Донецку;

пруд № 10, площадью водного зеркала 6,10 га, объемом 181,21 тыс. м³, расположенный в безымянной балке, бассейн р. Кальмиус, на территории Кировского района г. Донецка.

В ходе исследования были определены следующие гидрохимические параметры водоемов: температура воды, цветность, запах, электрометрическое определение активной реакции воды (рН), определение кислорода по Винклеру, определение количества ионов аммония, определение количества нитрат-ионов, определение количества нитрит-ионов, определение щелочности, определение количества сероводорода, определение количества сухого остатка, определение массовой концентрации взвешенных веществ, определение численности и биомассы фитопланктона [5].

Результаты и обсуждение

Определение температуры проводили непосредственно в водоеме, для этого использовался термометр со шкалой Цельсия с ценой деления $0,5^{\circ}\text{C}$. Полученные результаты отражены на рис. 1.

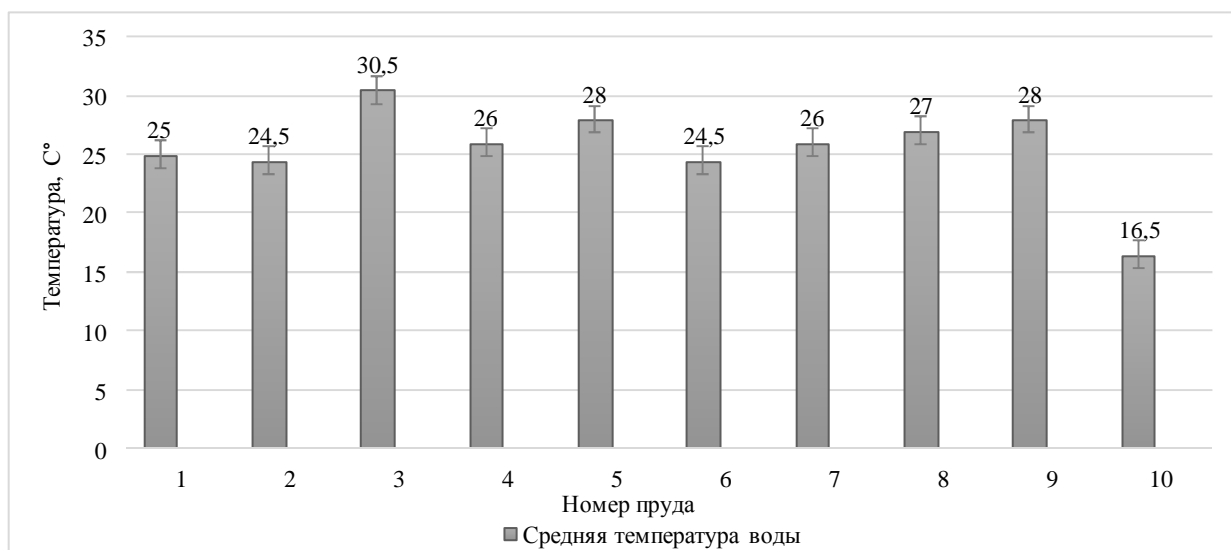


Рис. 1. Средняя температура воды в исследуемых прудах Донбасса

На рис. 1 видно, что сезонные колебания температуры воды в исследуемых водоемах имеют типичную картину для бореальной географической зоны. В летний период температура воды в поверхностном слое не поднимается выше $+30,5^{\circ}\text{C}$ (пруд № 3), а минимальная температура $+16,5^{\circ}\text{C}$ была отмечена для пруда № 10. Такое колебание значений температуры связано с изменением погодных и климатических условий в период проведения исследований.

Приближенное определение цветности определяли по окрашиванию при рассматривании сбоку и сверху в пробирке бесцветного стекла. Результаты исследований показаны на рис. 2.

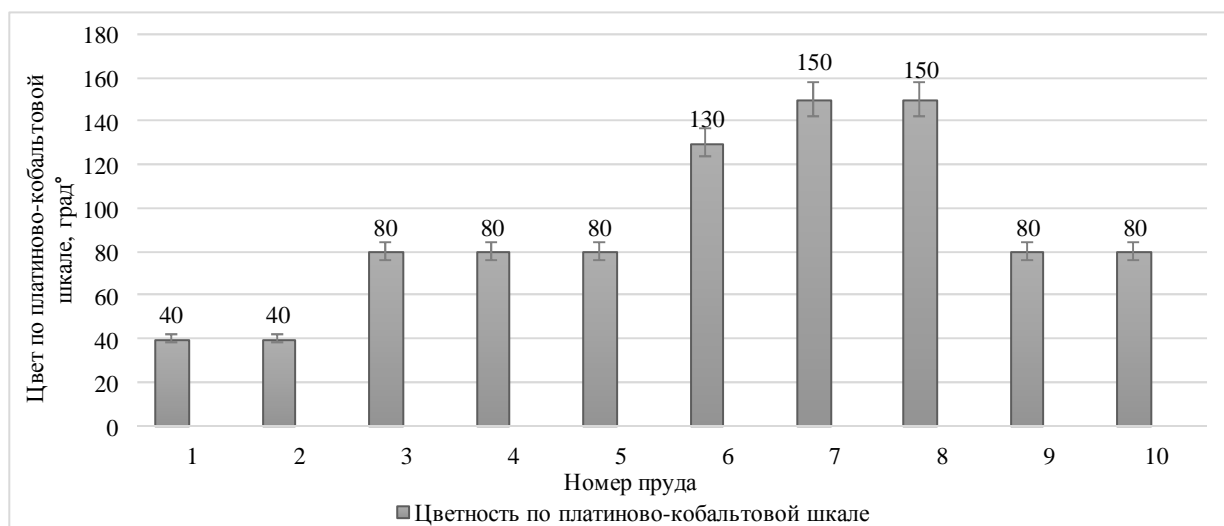


Рис. 2. Средняя цветность воды по платиново-кобальтовой шкале в исследуемых прудах Донбасса

Необходимо отметить, что цветом воды является воспринимаемый глазом окрас воды, который в небольших объемах имеет прозрачный цвет, но при увеличении толщи воды она приобретает различный оттенок, это происходит из-за внутренних свойств воды по селективному поглощению и рассеиванию света. Цвет воды в водоеме зависит от условий освещенности, а также наличия растворенных веществ, например, органические вещества или взвеси могут придавать воде различный цвет, гуминовые вещества, вымываемые из почвы, окрашивают воду в желто-бурый и бурый цвет.

В исследуемых прудах было отмечено, что цвет воды варьирует от едва бледно-желтоватой до хорошо отличимых цветов желтого и зеленого, что соответствует по платиново-кобальтовой шкале диапазону от 40 до 150 градусов. Для природной воды данные параметры являются допустимыми.

Определение интенсивности и характера запаха исследуемых прудов определяли органолептическим методом в соответствии СанПиН 4630-88 [5], полученные результаты показаны на рис. 3.

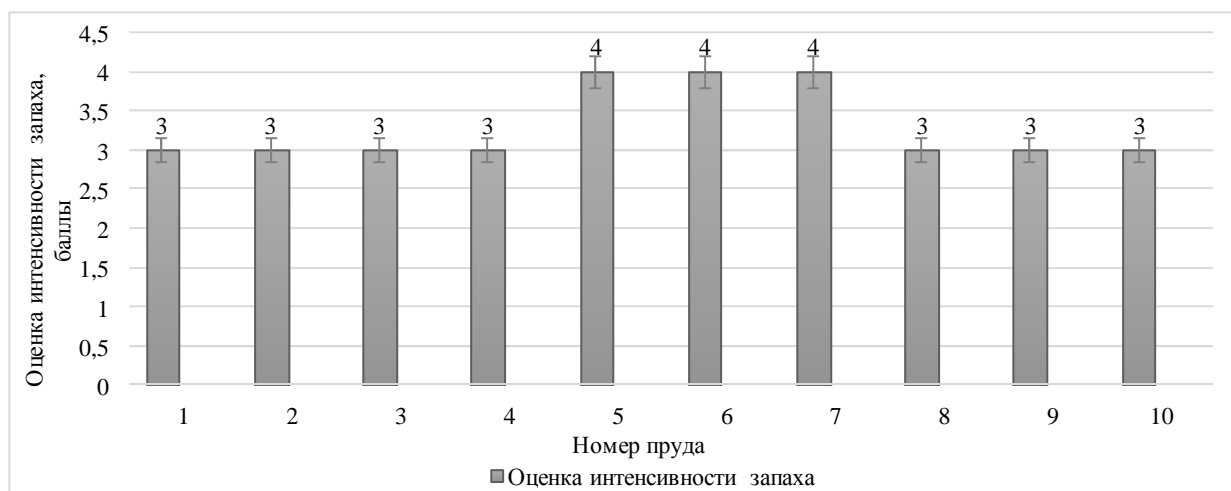


Рис. 3. Оценка интенсивности запаха воды в исследуемых прудах Донбасса

В наблюдаемых прудах № 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 интенсивность запаха отчетливая, при этом запах обращает на себя внимание, характер запаха естественный, торфяной, землистый. В прудах № 5, 6, 7 интенсивность запаха сильная, что делает воду непригодной для употребления в хозяйственных нуждах, характер запаха в прудах № 5, 6 естественного происхождения, гнилостный, а в пруду № 7 – искусственного происхождения, хлорный.

Для электрического определения активной реакции воды (рН) использовался потенциометр со стеклянным электродом. Полученные результаты отражены на рис. 4.

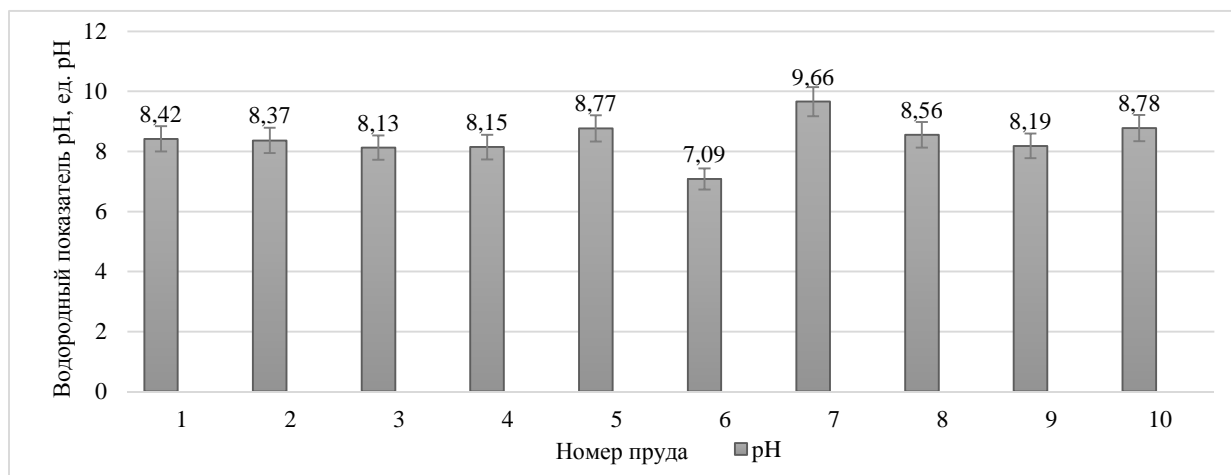


Рис. 4. Средняя активная реакция воды (рН) в исследуемых прудах Донбасса

Концентрация водородных ионов в исследуемых водоемах довольно устойчива из-за буферности водной системы. Полученные результаты показывают, что в пробах самый низкий показатель pH был в пруду № 6 – 7,09, здесь наблюдаются условия отсутствия карбонатов и насыщения воды CO_2 . Наивысший показатель активной реакции воды (pH) наблюдался в водоеме № 8 – 9,66, что указывает на высокую фотосинтетическую активность фитопланктона, вследствие почти полного истощения молекул CO_2 . Учитывая, что нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [5], является показатель 6,5-8,5, превышение pH наблюдается в прудах № 5, 7, 8, 10.

Таким образом, можно отметить, что во всех исследуемых прудах преобладают эврионные алкафилы, виды, адаптированные для обитания в щелочной среде.

Количественное определение кислорода имеет важное значение при изучении санитарного состояния открытых водоемов. Полученные результаты по данному показателю отражены на рис. 5.

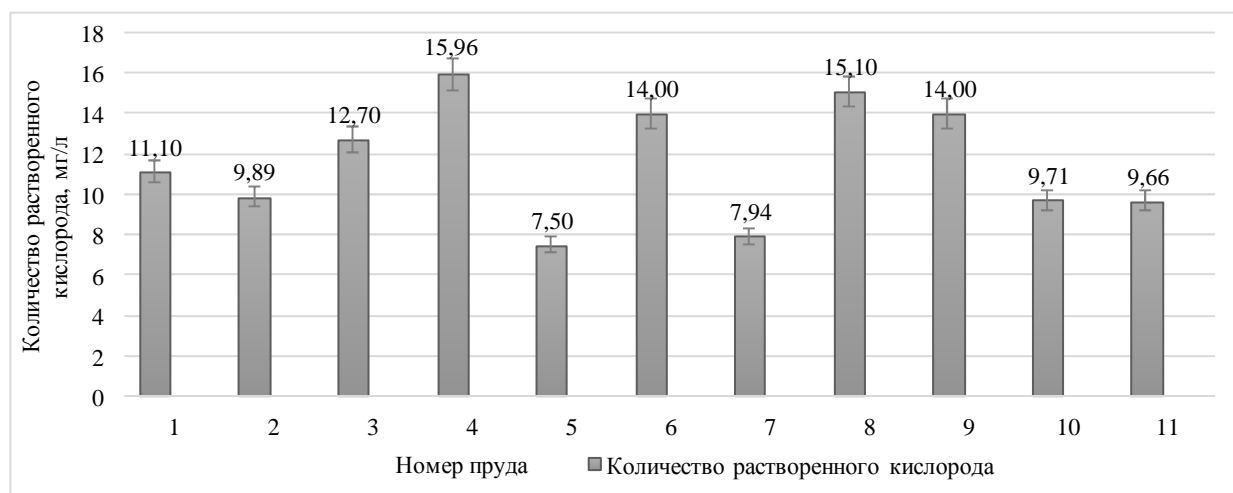


Рис. 5. Среднее количество кислорода в воде исследуемых прудов Донбасса

Установлено, что максимальное количество растворенного кислорода отмечено в пруду № 4 – 15,96 мг/дм³, самый низкий показатель зафиксирован в пруду № 5 – 7,5 мг/дм³. Учитывая, что нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [5], является количество растворенного кислорода большее, чем 4 мг/дм³, то во всех прудах, без исключения, показатели были в норме, соответственно в воде доминируют эвриксидные организмы. Таким образом, концентрация растворенного кислорода в воде находилась на высоком уровне, что обеспечивает нормальное функционирование и самоочищение водоемов.

Количество ионов аммония устанавливали фотометрическим методом с помощью фотоколориметра. Полученные результаты отражены на рис. 6.

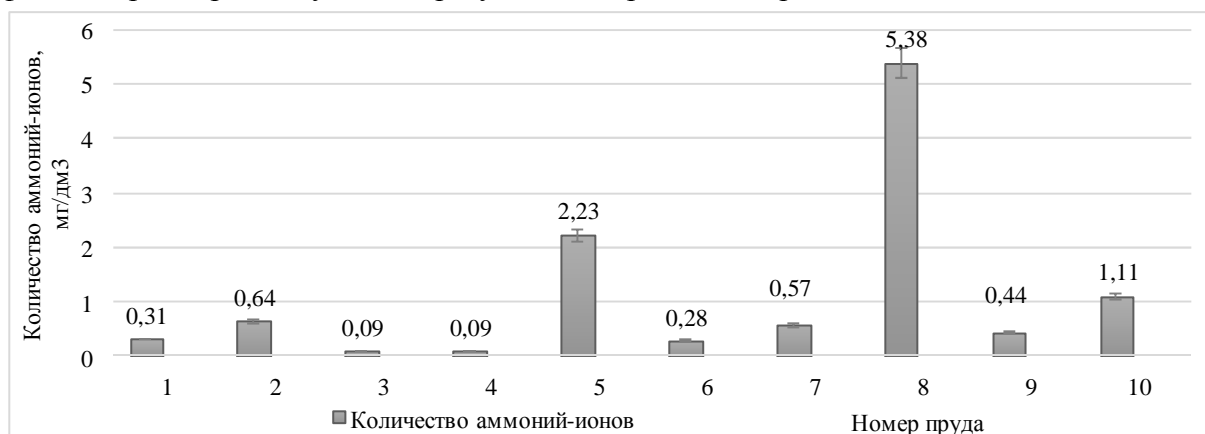


Рис. 6. Среднее количество ионов аммония в воде исследуемых прудов Донбасса

Содержание ионов аммония в исследуемых природных водах варьирует в интервале от 1,52 до 25 мкг/дм³ в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм³ аммония, в бытовых стоках от 2 до 7 мг/дм³; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота (на одного жителя) [8].

Как видно из рис. 6, в некоторых водоемах аммоний в воде практически не обнаруживался. Концентрация аммония в воде варьировала от 0,9 до 0,64 мг/дм³, по классификации вод [6] это соответствует уровню умеренного загрязнения, а пруды № 2 и 5 соответствуют водам бытовых стоков.

Количество нитрат-ионов устанавливали фотометрическим методом с помощью фотоколориметра. Результаты исследования показаны на рис. 7.

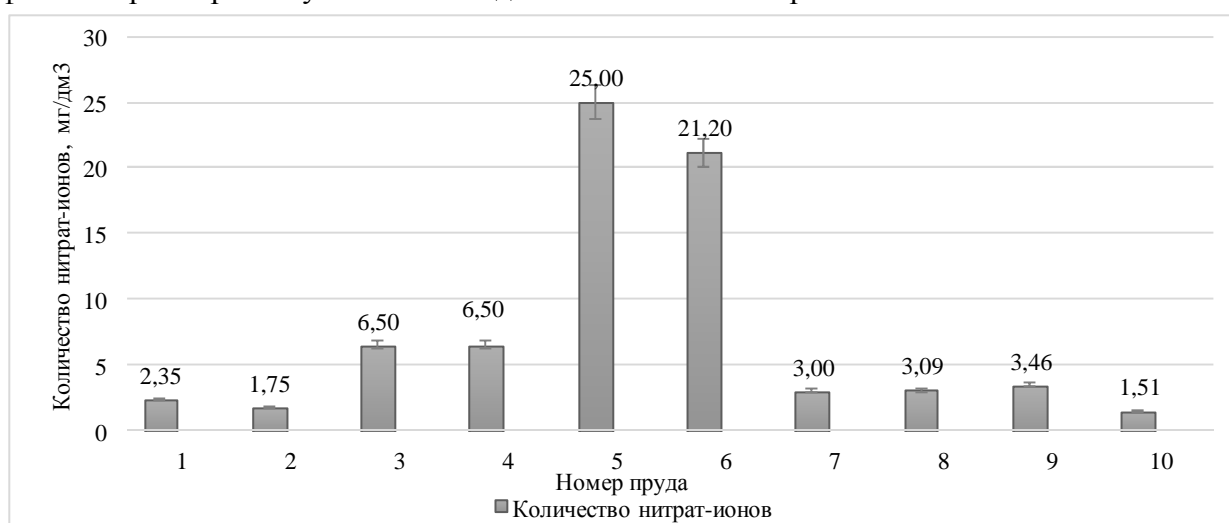


Рис. 7. Среднее количество нитрат-ионов в воде исследуемых прудов Донбасса

Нитраты являются неустойчивыми компонентами природных вод, поэтому при благоприятных для их окисления условиях, характерных для поверхностных вод, они встречаются в незначительных количествах (сотые и даже тысячные доли миллиграмма в литре). Присутствие в незагрязненных поверхностных водах нитритных ионов связано главным образом с процессами минерализации органических веществ и нитрификации.

Как видно из рис. 7, концентрация нитритных ионов в прудах варьировала от 1,51 до 25,00 мг/дм³. В прудах № 5 и 6 наблюдается увеличение концентрации нитратных ионов в летнее время в период массового отмирания фитопланктона и высокой активности нитрификаторов, также большое количество нитратов может поступать с промышленными и бытовыми сточными водами, особенно со стоками после биологической очистки воды.

Таким образом, учитывая, что нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [5], является показатель, не превышающий 45,0 мг/дм³, то все исследуемые пруды не превышают среднего количества нитрат-ионов.

Сероводород (H₂S) измеряли фотометрическим методом с помощью фотоколориметра. В водоемах H₂S образуется почти исключительно биогенным путем за счет деятельности различных бактерий. Появление в воде этого газа может вызывать заморы. Количество H₂S, образованного в результате деятельности десульфлирующих бактерий (главным образом *Desulfovibrio*), иногда настолько велико, что им насыщаются придонные слои воды толщиной в десятки метров.

В пробах воды наивысший показатель количества сероводорода $0,05 \text{ мг/дм}^3$ наблюдался в исследуемых водоемах № 1, 2, 3, 4, 9, в остальных прудах сероводород обнаружен не был. Учитывая, что нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [5], является отсутствие сероводорода, то его превышение отмечается в вышеперечисленных прудах.

Одним из важных показателей качества воды является сухой остаток (минерализация) воды – сумма всех растворимых в воде веществ – ионов, биологически активных элементов (исключая газы). Анализ сухого остатка воды прудов Донбасса представлен на рис. 8.

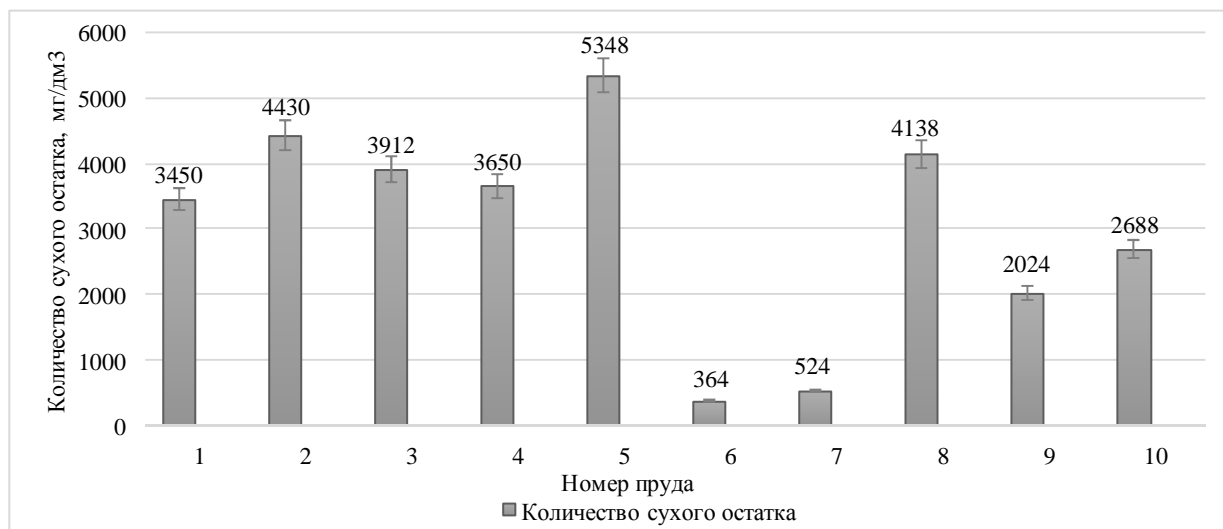


Рис. 8. Количество сухого остатка в воде исследуемых прудов Донбасса

Максимальная концентрация сухого остатка наблюдается в исследуемом водоеме № 5 – 5348 мг/дм^3 , самый низкий показатель был в пруду № 7 – 364 мг/дм^3 . Учитывая, что нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [5], является показатель, не превышающий 1000 мг/дм^3 , то превышение количества сухого остатка наблюдалось во всех исследуемых прудах, кроме № 6 и 7.

Подсчет численности водорослей фитопланктона проводили методом микрофотоирования на счетной камере Горяева. Результаты исследований отражены на рис. 9.

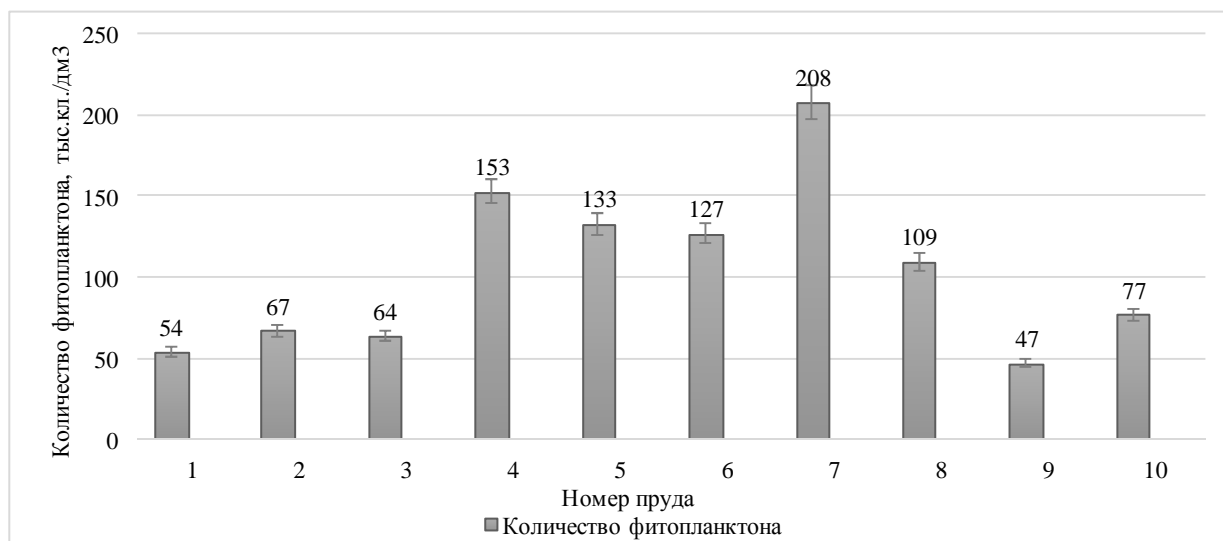


Рис. 9. Численность фитопланктона в исследуемых прудах Донбасса

В пробах воды наибольшее количество фитопланктона наблюдалось в исследуемом водоеме № 7 – 208 тыс. кл./дм³, самый низкий показатель отмечен в пруду № 9 – 47 тыс. кл./дм³.

Вычисление биомассы фитопланктона производили методом суммирования биомасс отдельных популяций [6]. Полученные результаты показаны на рис. 10.

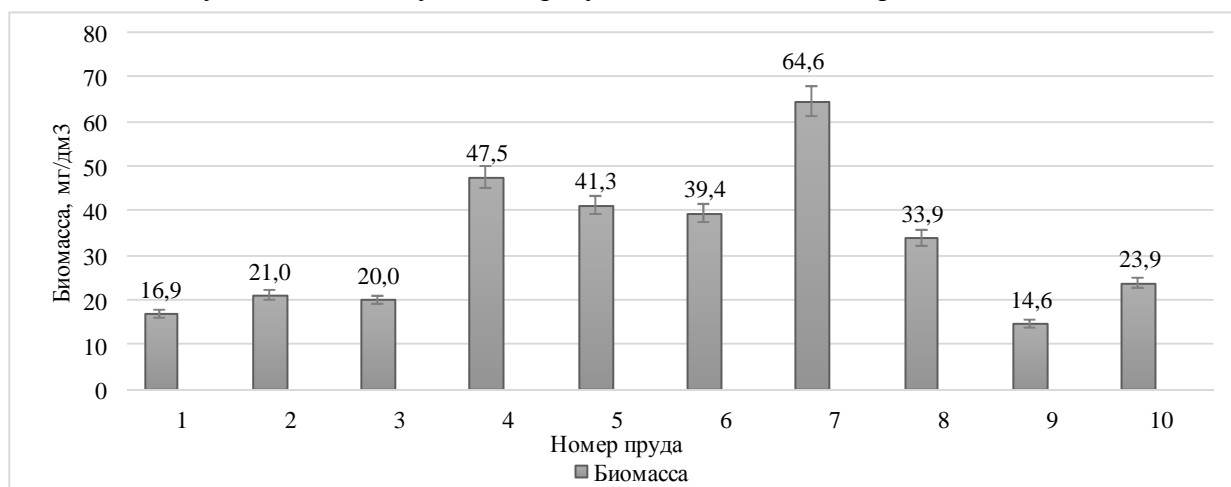


Рис. 10. Биомасса фитопланктона в исследуемых прудах Донбасса

В исследуемых пробах максимальный показатель биомассы фитопланктона наблюдался в водоеме № 7 – 64,6 мг/дм³, минимальный показатель определен в пруду № 9 – 14,6 мг/дм³.

Таким образом, полученные данные по численности и биомассе водорослей фитопланктона свидетельствуют о летней стагнации водоема и «цветению» в исследуемых прудах.

Выводы

Проведенные гидрохимические исследования 10 прудов Донбасса показали, что температура воды исследуемых водоемов имеет большую амплитуду колебаний, что связано с изменением погодных условий в период отбора проб; цвет воды по платиново-кобальтовой шкале варьирует от 40 до 150 градусов; наиболее интенсивный запах наблюдается в прудах № 5, 6, 7; рН воды составляет 7-9; концентрация растворенного кислорода в воде варьирует от 7,50 до 15,96 мг/дм³, что обеспечивает нормальное функционирование и самоочищение водоемов; формы азота: аммония – 0,09-5,38 мг/дм³; нитритных ионов – 1,51-25,00 мг/дм³; по анионному (минеральному) составу вода прудов относится к сульфатному типу; количественные показатели фитопланктона указывают на развитие «цветения» в исследуемых прудах.

Таким образом, экосистемы исследуемых прудов испытывает незначительную антропогенную нагрузку и процессы самовозобновления сообществ организмов не нарушены. Данные водные объекты должны находиться под тщательным надзором со стороны санитарно-эпидемиологических и экологических служб г. Донецка и при необходимости на данных объектах может быть введен природоохранный режим.

Список литературы

1. Константинов А. С. Общая гидробиология. М. : Высш. шк., 1986. 472 с.
2. Мирненко Э. И. Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке. Saarbrucken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 93 с.
3. Наумчук А. Э., Мирненко Э. И., Мирненко Н. С. Роль прудов-отстойников в формировании альгофлоры р. Грузская (альгофлора и экологическое состояние). Saarbrucken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 138 р.
4. Национальная экологическая политика. Государственный экологический контроль : достижения и задачи // Наш край. 2009. № 10. С. 45–50.

5. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПиН 4630-88 от 04.07.1988 г.

6. *Фомин Г. С.* Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам : энциклопедический справочник. М. : Протектор, 2000. 838 с.

7. Государственный комитет водного и рыбного хозяйства Донецкой Народной Республики. [Электронный ресурс]. URL : <https://gkvrh.ugletele.com>

8. Экология и охрана окружающей среды. [Электронный ресурс]. URL : <http://icolog.ru/gidrosfera/ammoniy-v-vode.htm>

Mirnenko E. I., Sadlovskaya V. V. Hydrochemical features and phytoplankton formation in artificial reservoirs of Donbass. – The paper presents data on hydrochemical and hydrobiological indicators of 10 reservoirs of Donbass. An assessment of anthropogenic influence and the current state of the studied reservoirs of Donbass is given.

Key words: ponds, hydrochemistry, phytoplankton.

НОВЫЕ НАХОДКИ ВИДОВ BRYOBIONTA В ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: chocolate7739@gmail.com

Морозова Е. И. Новые находки видов Bryobionta в Донецко-Макеевской промышленной агломерации. – Представлены данные о находках *Dicranum fulvum* Hook., *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Orthotrichum diaphanum* Brid. для территории Донецко-Макеевской промышленной агломерации: составлено морфологическое описание и указаны экологические особенности.

Ключевые слова: мохообразные, Донецк, Макеевка, Bryobionta.

Введение

Бриофлора Донецко-Макеевской промышленной агломерации, в отличие от сосудистых растений, изучена с меньшей систематической детализацией: часто отсутствуют сведения не только о состоянии отдельных популяций редких видов, но и не составлен полный список видов, произрастающих на территории. Сведения о современной видовой представленности *Bryobionta* содержатся в нескольких публикациях [3, 6, 12, 13]. Благодаря возрастающей потребности в проведении биомониторинговых исследований в степной зоне Северного Приазовья [4, 5, 8, 9, 16], мохообразные рассматривают как перспективные объекты в реализации экологических программ [7, 9, 11, 13, 15, 16], требующих государственной поддержки. Результаты внедрения таких целевых биосенсорных диагностических разработок приводят к меньшему риску появления проблем с возможным для коррекции загрязнением различного характера проявления и воздействия на природные среды.

Одной из важных составляющих региональных флористических работ является планомерное изучение динамики процессов антропогенной трансформации флоры. Исследования бриофлоры в Донецко-Макеевской промышленной агломерации, проводившиеся в последние несколько лет, позволили расширить представление о распространении и таксономическом разнообразии представителей надотдела *Bryobionta* в регионе. Бриофлора является важным компонентом растительных сообществ и служит важным индикатором состояния окружающей среды по ряду показателей (содержание тяжелых металлов, уровень кислотности почв, загрязненности атмосферы диоксидом серы, другими компонентами) для эксплуатируемой территории. Данные об охраняемых и новых обнаруженных видах необходимы при планировании мероприятий по мониторинговым исследованиям в регионе и дальнейшего решения прикладных задач по оценке состояния его природных сред. Такими задачами могут являться проведение экологического мониторинга состояния экотопов и мероприятия по экспертизе и экологическому контролю, что в настоящее время при динамически изменяющихся условиях урбогеосистемы является актуальным [4, 8, 9, 16].

Цель работы – дать регионально адаптированные биоморфологические описания и указать экологические характеристики новых видов мохообразных по результатам инвентаризационных работ в период осени 2018 г. и весны 2019 г.

Материал и методы исследования

Современные рекогносцировочные и маршрутные сборы образцов *Bryobionta* проведены в 2018-2019 гг. Категории экотопов и схема их зонально-территориальной дифференциации в Донецко-Макеевской агломерации были описаны ранее [4, 6, 12].

Таксономическая идентификация и микропрепарирование проведены в соответствии с рекомендациями приоритетных определителей и справочных списков [1, 2, 14].

При описании каждого вида используются сведения о таксономической принадлежности и биоморфологической характеристике, общем распространении и условиях произрастания как экологическом параметре. Также из-за способности осваивать широкий спектр субстратов, частого уклонения от конкуренции и связанного с этим повышения выносливости, указываются регионально типичная бриоморфа (т. н. жизненная форма) и доминирующая жизненная стратегия по имеющимся территориальным особенностям на регистрируемой местности.

Результаты и обсуждение

Ниже представлен список четырех видов мохообразных, которые были зарегистрированы и описаны для последующего добавления в полный список мохообразных Донецко-Макеевской агломерации:

- 1) *Dicranum fulvum* Hook. – дикранум желтый;
- 2) *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander – дидимодон обманчивый;
- 3) *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm. – гриммия подушковидная;
- 4) *Orthotrichum diaphanum* Brid. – ортотрихум прозрачный.

Приведены соответствующие оригинальные иллюстрации (рис. 1-4) и составлены морфо-экологические описания.

Семейство Dicranaceae Schimp.

Род *Dicranum* Hedw.

Вид *Dicranum fulvum* Hook.

Заселяет и колонизирует тенистые и влажные места, обнажения песчаника, стволы деревьев, валуны и обрывы.



А



Б

Рис. 1. *Dicranum fulvum* Hook.: А – общий вид, Б – спорогон

Дерновинки рыхлые, похожи на пучки, сверху темно-зеленые, снизу черновато-зеленые, тусклые, 1,5-3,5 см в высоту. Листья до 6 мм длиной, игольчатые, с изогнутыми кончиками, как правило, в одном направлении, при высыхании прижимаются постепенно к стеблю и выглядят курчавыми, закрученными. Жилка занимает до $\frac{1}{3}$ основания листа, далеко выступает, вверху на спинке зубчатая.

Двудомный. Коробочка прямостоячая, продолговато-цилиндрическая, гладкая, в сухом виде слегка бороздчатая, красновато-коричневая. Крышечка с косым клювиком. Спороносит редко, весной.

Жизненная форма: настоящая или подушковидная дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопациент.

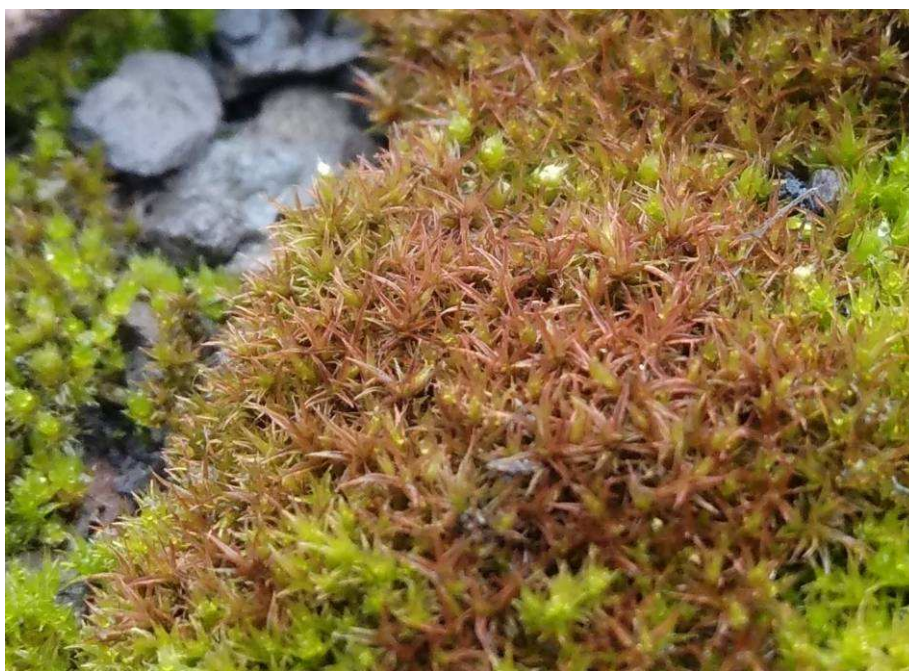
Семейство Pottiaceae Schimp.

Род *Didymodon* Hedw.

Вид *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander

Можно встретить на влажных глинистых или известняковых почвах, бетоне или трубах, обочинах дорог, часто колонизирует нарушенные участки, карьеры и предпочитает полутень.

Дерновинки в виде рыхлых пучков или рассеянные, коричневатого цвета, часто с оттенком оранжевого или реже тускло-зеленого цвета, 0,75-2,00 см в высоту. Листья 1-2 мм длиной, яйцевидно-треугольные или ланцетные, отстоящие вдоль стебля, растягивающиеся или изогнутые, когда влажные и скрученные при высыхании, вершина острая. Жилка заканчивается у кончика листа.



А



Б

Рис. 2. *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander: А – общий вид, Б – спорогон

Двудомный. Коробочка прямостоячая, продолговато-яйцевидная или цилиндрическая, темно-бурая. Крышечка вытянутая и заостренная. Спороносит перманентно в любое время года при созревании.

Жизненная форма: настоящая дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопациент ценоотический.

Семейство Grimmiaceae Arn.

Род *Grimmia* Hedw.

Вид *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm.

Колонизирует множество поверхностей, включая камни, бетон и стволы деревьев, а также места после пожаров (пионерный вид).

Дерновинки в виде небольших подушек, немного пушистых на вид, от серовато-зеленого до оранжево-желтого, 1-2 см в высоту. Листья 3-4 мм длиной, ланцетные, плоские, кончик листа резко сжимается в длинную точку волоса, которая может быть почти такой же длины, как листовая пластинка, сгибаются в сухом состоянии. Жилка мощная, выступает длинной, гладкой остью образуя нитевидный волосок.



А

Б

Рис. 3. *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm.: А – общий вид, Б – спорогон

Однодомный. Коробочка в форме эллипсоида, коричневатая и ребристая (при высыхании), обычно имеются в большом количестве, отгибаясь назад в подушку на изогнутых ножках (однако, что важно при диагностике гербарных образцов и хранении, когда они старые и сухие, ножки выпрямляются и капсула держится прямо). Крышечка с длинным клювиком. Спороносит весной и в начале лета.

Жизненная форма: дернистая подушка.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопатент экотопический.

Семейство Orthotrichaceae Arn.

Род *Orthotrichum* Hedw.

Вид *Orthotrichum diaphanum* Brid.

Занимает основания и стволы деревьев, встречается на сухих, обычно открытых участках, колонизирует бетон и асфальт в городских районах.

Дерновинки рыхлые, светло- или чёрно-зелёные, 3-7 мм в высоту. Листья мелкие, около 1,8-3,5 мм длиной, слабо выпрямлены, яйцевидно-ланцетные, постепенно вытянуто-заострённые, на верхушке с пильчатым гиалиновым волоском, в основании сильно расширенном и переходящим в обесцвеченную верхушку листа. На листьях нередко развиваются простые выводковые тела. Жилка заканчивается перед верхушкой листа и сталкивается с ярко-гиалиновым (мерцающим) стекляннным наконечником.

Однодомный. Коробочка от продолговатой до продолговато-цилиндрической формы, погруженная и немного выступающая, сморщенная и умеренно 8-ребристая в сухом виде, оранжевого оттенка или светло-коричневая. Крышечка складчатая, гладкая, с небольшими волосками. Спороносит часто, с весны по осень.



А

Б

Рис. 4. *Orthotrichum diaphanum* Brid.: А – общий вид, Б – спорогон

Жизненная форма: настоящая подушка.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопациент экотопический.

Сформулированные описания дополняют систематический список представителей надотдела Bryobionta биотопов городов Донецка и Макеевки. Вид *G. pulvinata* довольно распространен в двух исследуемых городах, является пионерным видом, что отражает его эксплоренцию при захвате новых экологических ниш в результате трансформации или нарушения экотопа. Кроме того, его устойчивость к неспецифическому загрязнению позволяет колонизировать городские селитебные субстраты, такие как крыши, стены и асфальт. Полученная информация является достаточным условием для рекомендации использования этого вида для проведения детальных мониторинговых исследований в урбанизированной среде и на буферных территориях промышленных и заповедных объектов при реализации пассивного и активного мониторингологического подходов.

Выводы

Приведённые в статье новые находки видов Bryobionta территории Донецко-Макеевской промышленной агломерации отражают общую для региона тенденцию локализации редких таксонов в специфических механически малонарушенных местообитаниях, расширяют показатель биоразнообразия и должны быть включены в последующем в обновленные списки бриофлоры.

Доказана актуальность работы в связи с проводимыми мероприятиями по изучению и мониторингу видов Bryobionta на территории промышленного Донбасса.

Принимая в расчет распространенность обнаруженных видов на урбанизированной территории городов Донецка и Макеевки, для дальнейших биоиндикационных исследований, как активных, так и пассивных, рекомендуется использовать вид *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., т. к. другие три вида отмечены редкой частотой встречаемости.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в рамках научных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Гарибова Л. В., Дундин Ю. К., Коптяева Т. Ф.* Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. М. : Мысль, 1978. 365 с.
2. *Игнатов М. С., Игнатова Е. А.* Флора мхов средней части европейской России. М. : КМК, 2003. Т. 1. 608 с; М. : КМК, 2004. Т. 2. С. 608–994.
3. *Морозова Е. И.* Бриофлора горняцкого района г. Макеевки // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2018. Вып. 10, т. 1. С. 70–73.
4. *Морозова Е. И., Сафонов А. И.* Фиторазнообразие как информационный ресурс эффекта промышленного загрязнения // Комплексное использование природных ресурсов : матер. науч. конф. (Донецк, 10 декабря 2015 г.). Донецк : Изд-во ДонНТУ, 2015. С. 86–88.
5. *Морозова Е. И., Сафонов А. И.* Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 317–318.
6. *Морозова Е. И., Сафонов А. И.* Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017 : Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 100–102.
7. *Сафонов А. И.* Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 23–29.
8. *Сафонов А. И.* Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017. Вып. 3. С. 6–14.
9. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.
10. *Сафонов А. И.* Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанofлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.
11. *Сафонов А. И., Захаренкова Н. С.* Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 18–24.
12. *Сафонов А. И., Морозова Е. И.* Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–31.
13. *Сафонов А. И., Морозова Е. И.* Мохообразные Донецкой агломерации : иллюстрированный атлас и бриоиндикация. Донецк : ДонНУ, 2018. 128 с.
14. *Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A.* Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1–130.
15. *Safonov A. I.* Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*. 2013. N 1 (13). P. 52–59.
16. *Safonov A. I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk // *A science. Thought : Scientific journal*. 2016. N 4. P. 58–70.

Morozova E. I. New finds of Bryobionta species in Donetsk-Makeevka industrial agglomeration. – Data on finds of *Dicranum fulvum* Hook., *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Orthotrichum diaphanum* Brid. for the territory of Donetsk-Makeevka industrial agglomeration: a morphological description was compiled and environmental features were indicated.

Key words: bryophytes, Donetsk, Makeevka, Bryobionta.

© М. А. Павлова

ИТОГИ ИНТРОДУКЦИИ *IRIS SIBIRICA* L. В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ*Донецкий республиканский краеведческий музей*

283048, г. Донецк, ул. Челюскинцев, 189-а; e-mail: mario777@list.ru

*Павлова М. А. Итоги интродукции *Iris sibirica* L. в Донецком ботаническом саду.* – В статье представлены результаты многолетнего интродукционного эксперимента по культивированию *Iris sibirica* L. в Донецком ботаническом саду. Изучены морфология вегетативных и генеративных органов, сезонный ритм развития, способность к вегетативному и семенному размножению, онтогенез. Определены оценка успешности интродукции и пути использования данного вида в зеленом строительстве региона.

Ключевые слова: интродукция, *Iris sibirica* L., морфология, сезонный ритм развития, онтогенез, успешность интродукции.

Введение

Виды семейства Iridaceae Juss. на протяжении многих лет привлекали внимание интродукторов и фитодизайнеров оригинальностью и разнообразием [1, 13, 20-22]. Введение дикорастущих видов в культуру позволяет расширить ассортимент декоративных растений для озеленения, одновременно способствуя сохранению биоразнообразия в природе, и потому является одной из главных задач ботанических садов. В коллекциях декоративных многолетников Донецкого ботанического сада (ДБС) особое место занимают редкие и исчезающие виды растений природной флоры. Одним из таких видов является *Iris sibirica* L. – ирис сибирский, занесенный в Красную книгу Украины [18], а в России, согласно Красным книгам различного уровня, имеющий статус объектов охраны «редкие» [1, 9].

Условия степной зоны [14] предъявляют к интродуцентам ДБС определенные требования, среди которых на первом месте стоит их засухоустойчивость, поэтому наиболее успешно здесь осуществляется интродукция ксерофитов и ксеромезофитов. Тем не менее, наш многолетний опыт свидетельствует о возможности введения в культуру региона наряду с растениями этих гидротипов также мезофитов и даже гигрофитов [10], и успешная интродукция *I. sibirica*, гигромезофита, подтверждает правомерность такой практики.

Целью работы является оценка адаптационных возможностей *I. sibirica* на основе комплексных интродукционных исследований в условиях культуры в степной зоне, включающих изучение морфологии вегетативных и генеративных органов, сезонного ритма развития, способности к репродукции, онтогенеза и оценку успешности интродукции.

Материал и методы исследования

В природе *I. sibirica* растет на пойменных, болотистых и лесных лугах, по березовым колкам, лесным опушкам от таежной до теплоумеренной зон Европы, Кавказа, Западной и Средней Сибири [6, 17, 19]. В ДБС интродуцирован в 1970 г. из природной флоры.

Изучение морфологических особенностей и сезонного ритма развития растений проводили по общепринятой методике с учетом основных этапов вегетации [8], феноритмотип определяли по И. В. Борисовой [4]. Периоды и возрастные состояния онтогенеза выделяли в соответствии с классификацией Т. А. Работнова [11, 12], дополненной А. А. Урановым [16], для их изучения использовали методику И. И. Игнатъевой [7]. Растения выращивали из семян собственной репродукции, высеванных в отапливаемой теплице в начале марта. Семенную продуктивность определяли по И. В. Вайнагий [5], для определения жизненной формы использовали классификацию А. Б. Безделева, Т. А. Безделевой [3] с дополнениями согласно В. В. Тарасову [15]. Для определения успешности интродукции вида применяли 7-балльную шкалу, разработанную для декоративных многолетников [2].

Результаты и обсуждение

В условиях ДБС *I. sibirica* – многолетний летнезеленый травянистый короткокорневищно-кистекарневой плотнодерновинный симподиально нарастающий вегетативно малоподвижный поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом. Корневище короткое, сильно ветвящееся, в бурых волокнах, образует плотную дерновину, многочисленные придаточные корни достигают длины 16-18 см. Один вегетативный побег-веер состоит из 5-7 линейных листьев 40-65 см длиной, 0,8-1,1 см шириной. Цветоносы цилиндрические, 80-105 см высотой, внутри полые. Цветки в количестве 4-6 фиолетово-синие, со слабым ароматом, 7 см в диаметре, 6,0-6,5 см высотой. Трубка околоцветника короткая, бокаловидная. В коллекции есть сорт Alba с белыми цветками, отличающийся от базового вида только окраской околоцветника (рис. 1, А, Б). Плод – продолговато-овальная, суженная к концам коробочка, 3,1-4,2 см длиной, 1,1-1,9 см диаметром, семена коричневые, ребристые, плоско сдавленные, длиной 0,7, шириной 0,4-0,5 см (рис. 1, В).

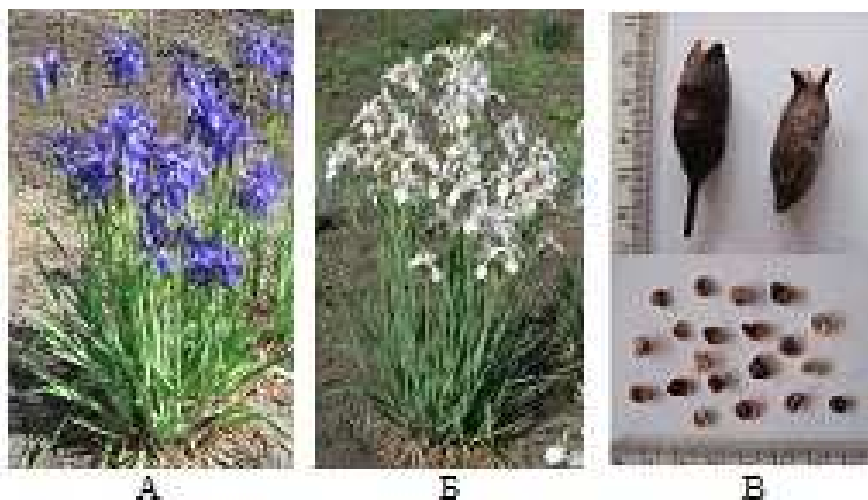


Рис. 1. *Iris sibirica* L.: базовый вид (А), сорт Alba (Б), плоды и семена (В)

По характеру фенологического развития *I. sibirica* относится к весенне-летне-осеннезеленым видам поздневесеннего-раннелетнего цветения. Сроки наступления основных фенологических фаз представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сроки основных фенологических фаз *Iris sibirica* L. в Донецком ботаническом саду (2008-2016 гг.)

Лимиты фенофазы, дата					
начало вегетации	бутонизация	начало цветения	конец цветения	плодоношение	конец вегетации
1.04-22.04	1.05-18.05	6.05-29.05	20.05-11.06	24.08-10.09	25.10-16.11
амплитуда фенофазы, количество дней					
21	17	23	22	17	22

Вегетация начинается после оттаивания почвы, с устойчивым переходом среднесуточных температур воздуха через отметку +5°C, заканчивается в конце октября – начале ноября, после осенних заморозков. Период активного роста побегов сравнительно короткий, не более 3-х месяцев, что составляет около 40% от продолжительности всего вегетационного периода. Ростовые процессы надземной части *I. sibirica* заканчиваются до 5 июля, что совпадает с началом созревания семян. Цветение – в мае, на протяжении 2-2,5 недель, его продолжительность в значительной степени определяется возрастом особей:

период цветения 6-7-летних растений с большим количеством цветоносов длится на несколько дней дольше, чем 4-5-летних с меньшим их количеством. На продолжительность цветения влияют и метеорологические условия: майские суховеи на несколько дней сокращают этот период. Семена созревают в начале сентября, плодоношение ежегодное.

Важным показателем степени адаптации интродуцентов является их способность к самосеву. В условиях ДБС *I. sibirica* способен давать единичный самосев, сеянцы зацветают на 3-4-й год. При искусственном размножении семена можно высевать как осенью, так и весной. В случае весеннего посева в теплице (начало марта) всходы появляются на 40-46-й день, и в первый год развития сеянцы проходят следующие возрастные состояния прегенеративного периода.

Проросток (рис. 2, р). Прорастание гипогеальное, период прорастания растянут: всходы появляются на протяжении двух недель, что предопределяет динамическую поливариантность онтогенеза, проявляющуюся в неодновременном достижении всеми сеянцами очередного возрастного состояния. В первые дни проросток состоит из нитевидного связника семядоли длиной 2,0-2,3 см, coleoptиля и быстро растущего главного корня. Затем появляется первый настоящий лист узколинейной формы. В возрасте 10 дней длина главного корня проростка составляет около 7 см, coleoptиля – 2,5 см, длина первого настоящего листа 5-6 см, ширина – 2 мм. Затем появляется и растет второй настоящий лист, развиваются и начинают ветвиться до второго порядка придаточные корни, достигая 3,0-6,5 см длины. Продолжительность этого возрастного состояния составляет 15-18 дней.

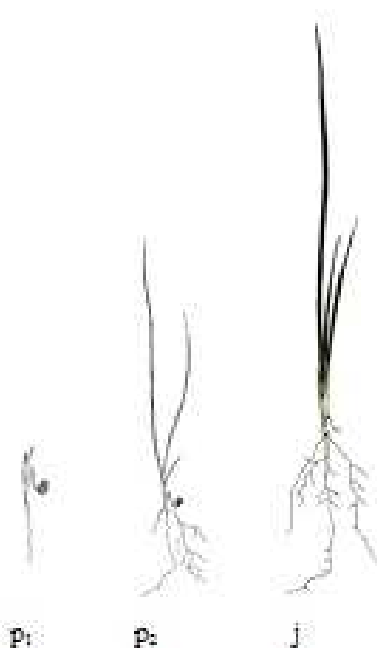


Рис. 2. Проростки (p₁, p₂) и ювенильная особь (j) *Iris sibirica* L.

Ювенильная особь характеризуется потерей связи с семенем и появлением третьего настоящего листа (см. рис. 2, j). Главный корень замедляет рост, одновременно продолжается рост и развитие придаточных корней, их длина достигает 5-7 см. Листья узколинейные, длиной от 10-12 до 20 см, до 0,5 см шириной. Продолжительность ювенильного возрастного состояния до 25 дней.

Имматурное растение в возрасте 110-115 дней представлено вегетативным побегом (веером) из 5 листьев длиной 20-25 см, шириной 0,5 см с системой придаточных корней длиной до 8 см (рис. 3, im). Большая часть корней ветвится до второго порядка, один-два – молодые, более короткие и толстые, шнуровидные.

К началу сентября примерно половина растений переходит в виргинильное возрастное состояние: моноподиальное нарастание сменяется симподиальным – начинается ветвление побега. Главный побег в это время состоит из 6 листьев длиной 30-35 см, шириной 0,5-0,7

см, формирующийся боковой – из трех листьев длиной от 6 до 26 см, шириной 0,3 см (см. рис. 3, v_1). Подземная часть представлена укороченным корневищем с множеством придаточных корней. Половина из них разветвленные, более длинные (12-15 см длиной), остальные более толстые и короткие (до 10 см), шнуровидные.

В середине августа происходит отмирание корней текущего года, часть из них становятся контрактильными, втягивая растение глубже в почву. Одновременно начинают отрастать новые корни, осенью они достигают 5-8 см длины и слабо ветвятся до первого порядка. В конце октября листья желтеют, затем засыхают и полегают, защищая почки возобновления от воздействия отрицательных температур в зимний период.

Во второй год развития все особи переходят в виргинильное возрастное состояние: в результате ветвления корневища формируются растения с двумя, тремя или четырьмя вегетативными побегами (см. рис. 3, v_2). Каждый побег состоит из двух низовых и 5-7 срединных линейных листьев длиной 50-60 см, шириной 0,7-0,8 см. Подземная часть представлена укороченным корневищем с множеством придаточных корней. Половина из них разветвленные, более длинные (до 12 см длиной), остальные более короткие и толстые (до 9 см длиной, 2 мм толщиной), шнуровидные.

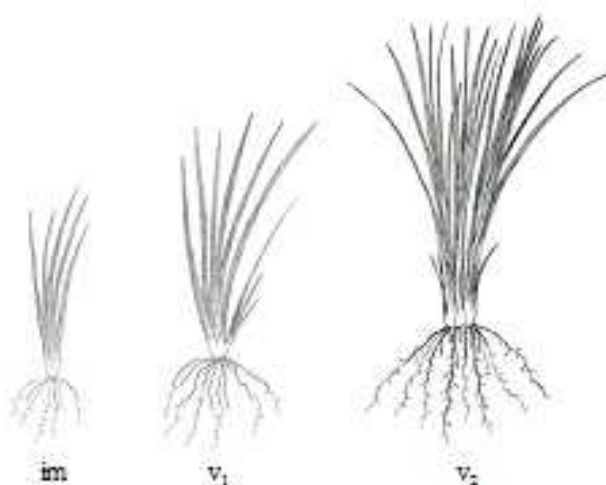


Рис. 3. Имматурная (im) и виргинильные (v_1, v_2) особи *Iris sibirica* L.

На третий год развития около 50% растений переходят в раннее генеративное возрастное состояние. От материнских особей растения отличаются меньшим количеством цветоносов, меньшими размерами цветков, а также особенностями семенной продуктивности и размерами плодов и семян (табл. 2, 3). Их вегетативные побеги в количестве 4-8, высотой 48-56 см состоят из 5-7 листьев длиной 49-58 см, шириной 0,6-0,8 см. Подземная часть представлена сильно укороченным корневищем с множеством придаточных корней до 14 см длиной. Во второй декаде мая развиваются 1-3 цветоноса высотой 58-90 см, на каждом раскрывается от 2 до 6 цветков диаметром 5 см, высотой 4,5 см. Около 40% из них завязывают полноценные плоды.

Таблица 2

Реальная семенная продуктивность ранних (g_1) и зрелых (g_2) генеративных особей *Iris sibirica* L. в условиях Донецкого ботанического сада

Возрастное состояние	Реальная семенная продуктивность			
	плода		побега	
	$M \pm m$	CV%	$M \pm m$	CV%
g_1	28,20±13,26	47,02	81,70±26,33	70,14
g_2	61,17±2,94	28,82	220,2±5,63	10,21

Примечание. $M \pm m$ – средняя величина \pm ошибка среднего; CV% – коэффициент вариации.

**Размеры плодов и семян ранних (g_1) и зрелых (g_2) генеративных особей *Iris sibirica* L.
в условиях Донецкого ботанического сада**

Возрастное состояние	Размеры, см							
	плода				семена			
	длина		диаметр		длина		ширина	
	M±m	CV%	M±m	CV%	M±m	CV%	M±m	CV%
g_1	2,57±0,34	13,03	1,28±0,17	13,67	0,50±0,03	14,12	0,42±0,03	14,38
g_2	3,39±0,43	12,70	1,39±0,15	10,88	0,65±0,03	9,11	0,43±0,02	8,90

Примечание. M±m – средняя величина ± ошибка среднего; CV% – коэффициент вариации.

Зрелые генеративные особи характеризуются максимальным развитием вегетативной и генеративной сферы. Растения мощные, побегообразование интенсивное, цветение обильное, плодоношение максимальное и регулярное.

Неустановившаяся стабильность генеративной сферы ранних генеративных особей по сравнению со зрелыми генеративными проявляется в значительно меньшей реальной семенной продуктивности (РСП) и элементарной единицы (плода), и побега, а кроме того, эти показатели у молодых растений отличаются очень высоким уровнем варьирования (коэффициент вариации РСП побега достигает 70%). Разница величин РСП особи еще более значительна вследствие гораздо большего количества генеративных побегов у зрелых генеративных особей. Однако реальная семенная продуктивность интродуцентов часто существенно снижается вследствие поражения плодов вредителем *Mononychus punctum-album* Herbst, поедающим семена (рис. 4).



Рис. 4. Семена *Iris sibirica* L., пораженные вредителем *Mononychus punctum-album* Herbs.

Соотношение размерных характеристик плодов и семян ранних и зрелых генеративных особей аналогично соотношению их семенной продуктивности (см. табл. 3.): размеры и плода, и семени больше у зрелых генеративных особей, кроме того, у растений этого возрастного состояния данные признаки более стабильны.

Таким образом, минимальная продолжительность прегенеративного периода онтогенеза *I. sibirica* составляет 2 года, на третий год растения переходят в молодое генеративное возрастное состояние. Часть особей и на третьем году развития не зацветает. Эта динамическая поливариантность онтогенеза изначально обусловлена неодновременным прорастанием семян, предопределяющей в дальнейшем различные темпы развития отдельных особей.

Искусственное размножение *I. sibirica* можно осуществлять не только семенным, но и вегетативным путем, посредством деления корневища виргинильных или генеративных особей по количеству вееров ранней весной (апрель – начало мая) или более крупными фрагментами в период покоя (август – сентябрь).

Успешность интродукции *I. sibirica* в ДБС нами оценена достаточно высоко, в 6 баллов по 7-балльной шкале: растения зимостойки и засухоустойчивы, проходят полный цикл сезонного развития и способны к самовозобновлению в условиях интродукционного пункта. Оценка не максимальная вследствие поражаемости плодов и семян насекомыми-вредителями и отсутствия у интродуцентов способности к массовому расселению.

I. sibirica можно рекомендовать как декоративное и неприхотливое растение для использования в зеленом строительстве Донбасса – для цветников ландшафтного типа, рокариев и гравийных садов, групп на газоне, у водоемов и в миксбордерах. В миксбордерах вид хорошо сочетается с нивяником, лихнисом халцедонским, кореопсисом крупноцветковым, ирисом болотным, мелколепестником крупноцветковым, колокольчиком средним, маком восточным и другими высокими многолетниками.

Выводы

Результаты комплексных интродукционных исследований *I. sibirica* в Донецком ботаническом саду доказали его высокий уровень адаптации к условиям степной зоны. Эти результаты позволяют нам рекомендовать данный вид как устойчивое и неприхотливое растение для использования в зеленом строительстве региона.

Список литературы

1. Алексеева Н. Б. Род *Iris* L. (Iridaceae) в России // Turczaninowia. 2008. № 11 (2). С. 5–68.
2. Баканова В. В. Цветочно-декоративные многолетники открытого грунта. К. : Наук. думка, 1984. 155 с.
3. Безделев А. Б., Безделева Т. А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2006. 296 с.
4. Борисова И. В. Сезонная динамика растительного сообщества // Полевая геоботаника. Т. 4. Л. : Наука, 1972. С. 5–136.
5. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботан. журнал. 1974. Т. 59, № 6. С. 826–831.
6. Декоративные травянистые растения для открытого грунта СССР. Л. : Наука, 1977. Т. 1. 169 с.
7. Игнатьева И. П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений. М., 1983. 55 с.
8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 42 с.
9. Му-За-Чин В. В., Шукаль В. В. Характеристика ценопопуляций *Iris sibirica* L. (Iridaceae) в поймах рек в Брянской области // Бюл. Брянского отд. РБО. 2016. № 2 (8). С. 36–42.
10. Павлова М. А. Итоги интродукции *Iris pseudacorus* L. в Донецком ботаническом саду // Hortus botanicus. 2018. Т. 13. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=4362>.
11. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. 1965. Сер. 3. № 6. С. 7–204.
12. Работнов Т. А. Определение возрастного состава популяций видов в сообществе // Полевая геоботаника. М., Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 132–208.
13. Решетникова Л. Ф. Оценка интродукции видов рода *Iris* L. в условиях предгорной зоны Крыма // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биол., хим. 2014. Т. 27 (66), № 5. С. 133–139.
14. Симоненко В. Д. Фізико-географічне районування Донбасу для цілей сільського господарства. Донецьк : Донбас, 1972. 120 с.

15. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Донецьк : Ліра, 2012. 296 с.
16. *Уранов А. А.* Жизненные состояния вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Сер. биол. 1960. Т. 67, вып. 3. С. 77–92.
17. *Федченко Б. А.* Род 307. Касатик – *Iris* // Флора СССР. М., Л. : Изд-во АН СССР, 1935. Т. IV. С. 518.
18. Червона книга України: Рослинний світ.
URL: <http://www.plantarium.ru/page/redbook/id/18.html>
19. Энциклопедия растений Сибири. URL: skazka.nsk.ru/atlas/
20. *Armitage A. M.* *Iris iridescence* // Amer. Nurseryman. 1990. Vol. 171, N 4. P. 111–118.
21. *Goldblatt P., Manning J.* The *Iris* family. Natural history & classification. Timber press, 2008. 290 p.
22. *Mathew B.* The *Iris*. London, 1981. 202 p.

***Pavlova M. A.* The results of *Iris sibirica* L. introduction in the Donetsk Botanical Garden.** – Results of long-term introduction experiment on cultivation of *Iris sibirica* L. in the Donetsk Botanical Garden are given in the article. Morphology of vegetative and generative organs, seasonal rhythm of development, ability to vegetative and seed propagation, and ontogeny are researched. Assessment of introduction success and ways of this species using in the region landscaping are defined.

Key words: introduction, *Iris sibirica* L., morphology, phenological rhythm, ontogeny, introduction successfulness.

УДК 574 : 58.632 : 581 : 502 (477)

© А. И. Сафонов

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОНБАССА ПО СОСТОЯНИЮ ФИТОКОМПОНЕНТОВ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов. – Представлены результаты ботанико-экологической экспертной оценки экотопов некоторых промышленных предприятий Донбасса. По анализу фитоиндикационных критериев установлен уровень техногенной нагрузки на среду. Используются экологические шкалы видов растений чек-листа индикаторов г. Донецка. Сопоставлены данные экологического скрининга 2008 и 2018 годов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, фитоиндикация, Донецк, Донбасс, экологическая экспертиза.

Введение

В связи с политизацией экологической ситуации и сопряженностью этого процесса с социально-экономическими и национальными интересами в промышленных регионах по всему миру население нуждается в получении достоверной информации о состоянии окружающей среды. И важно в данном случае не получить отдельные цифры по разрозненным факторам и алгоритмизированным знакам, а адекватная оценка степени трансформации экосистем и уровня нормированных показателей, качественно отражающихся по состоянию биоты в регионе. Безусловно, отдаленные воздействия не всегда прямо и специфично проявляются на визуальном состоянии биосистем, также затруднен и не всегда целесообразен процесс диагностики геномных трансформаций для своевременной коррекции уровней антропогенного прессинга, поэтому в сложившихся ситуациях оправданным и востребованным является проведение долгосрочного экологического фитомониторинга. Исследования в области фитоэкологии промышленного региона являются актуальной задачей многих ученых [1-4, 5-19]. Разработки посвящены изучению биоразнообразия на территориях горнодобывающих предприятий [1], биоиндикационным подходам [2, 4, 14, 19], мониторинговым системам [3, 16, 17], вопросам использования экологических шкал и толерантности растений [15, 18]. В рамках научного направления индикационной ботаники Донбасса разработана методология [6, 12, 20], методические подходы [5, 11, 21] и получены соответствующие результаты, доказывающие возможность реализации программ адекватной оценки природной среды в экологически напряженном и нестабильном регионе с помощью растений-индикаторов [7-10, 13, 21].

Цель работы – провести сравнительную оценку состояния экотопов промышленных зон некоторых предприятий Донбасса по критериям чек-листа индикаторной значимости, разработанного для фито-тесторов г. Донецка.

Материал и методы исследования

Использованная методология и регионально адаптированные методические подходы анализа индикационных свойств растений описаны публикациях [5, 8, 11]. В основу обработки данных положены значения индексов экологических вариаций признаков согласно сводным значениям по чек-листу индикаторных экспериментальных видов для г. Донецка [10]. Терминоэлемент «экспертная» использован в соответствии с [5].

В результирующей части представлены сведения о состоянии экотопов промышленных предприятий в 2008 и 2018 годах: 1) Донецкий металлургический завод; 2) Енакиевский металлургический завод; 3) Макеевский металлургический комбинат; 4) Енакиевский коксохимзавод; 5) Макеевский коксохимзавод; 6) Ясиновский коксохимзавод; 7) Харцызский трубный завод; 8) Зуевская ТЭС; 9) Старобешевская ТЭС; 10) Концерн Стирол. Специфика представленного блока данных не предусматривает необходимости сводок по контрольным

участкам – относительно малонарушенным территориям, где показатели общей трансформации экосистем не превышают индекса 3 по 10-балльной аддитивной шкале фитоиндикационной значимости индикаторов.

Для реализации поставленной цели использованы следующие критерии чек-листа индикаторов: 1) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDGCI* (1-10); 2) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Reseda lutea* L. – *MDGRI* (1-10); 3) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Berteroa incana* (L.) DC. – *MDGBi* (1-7); 4) индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv* (1-10); 5) индекс аномальности анастомозной сетки *C. intybus* – *AANCI* (1-10); 6) частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *C. intybus* с атипичным строением лакун – *KPCi* (1-10); 7) степень дефектности пыльцевых зерен *C. intybus* при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi* (1-10); 8) частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *C. intybus* – *KDNECi* (1-10); 9) проявление тератологической схизокотилии *C. intybus* – *TrShCi* (1-10); 10) индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *C. intybus* и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GCCi* и *GCTi* (1-10), а также приведены перспективные для изучения виды мохообразных, представленных на учетных площадках.

Результаты и обсуждение

Для каждой пробной площадки представлена сводная таблица значения фитоиндикационных параметров. Экологические шкалы составлены таким образом, что большее значение каждого параметра арифметически усиливает общий показатель антропогенной нагрузки на экотоп. В таблицах 1-10 содержатся индексные значения в 2008 и 2018 гг. результатов фитоиндикационного скрининга во всех указанных предприятиях-загрязнителях.

Таблица 1

Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Донецкого металлургического завода

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCI</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCI</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	7	9	6	8	7	7	7	8	9	8	76
2018	9	9	6	8	7	7	7	9	7	7	76

Донецкий металлургический завод наиболее подробно изучен во временном разрезе и диапазоне значений признаков. Сравнительная 10-летняя динамика указывает на тенденцию увеличения показателей общего габитуального изменения побегообразования и архитектоники *C. intybus*, а также частоты встречаемости деформированного или несформированного зародыша; при этом достоверно меньшими стали значения показателей, связанных с атипичным строением эмбрионального и карпологического материала растений-индикаторов.

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe, *D. tortile* (Schrad.) Brockm., *Dicranum polysetum* Sw., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al. и *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.

Базовые значения, в большинстве случаев, не имеют изменений в спектре сегментов индикаторных шкал. Фактический общий показатель нагрузки на локальную экосистему равен 76 и в общем балансе не изменился за всю экспозицию эксперимента.

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Енакиевского металлургического завода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Rl	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	10	6	9	7	7	7	8	10	8	79
2018	9	9	5	8	8	8	8	8	7	8	78

Для Енакиевского металлургического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDG*Ci, *AAN*Ci, *KPC*i, *SDP*msCi – в совокупности эти признаки сопряжены с общим строением индикаторов, формированием базовых единиц листового аппарата (как признаки пайноморфности) и состоянием мужской генеративной сферы – пыльцевого зерна. Это указывает на специфику большей нагрузки на аэрогоризонт в системе наблюдений. Значимая разница за 10-летнее наблюдение зафиксирована для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrSh*Ci, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата растений, – это связано с повышением качества семенного материала при формировании зародыша растения-индикатора.

Общий показатель суммы индексов существенно за 10 лет не изменился (зафиксировано уменьшение на один процентный показатель).

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *B. campestre*, *A. serpens*, *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra.

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Макеевского металлургического комбината**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Rl	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	8	6	6	7	6	6	8	9	8	71
2018	9	9	6	6	7	6	6	9	7	7	72

В соответствии с 10-летней разницей состояния индикаторов на пробной площадке Макеевского металлургического комбината выявлены следующие тенденции: возросли показатели габитуса индикаторных видов *C. intybus* и *R. lutea*, состояние зародышевого аппарата *C. intybus*. Важно отметить снижение последних двух критериев (как отмечалось и для Донецкого металлургического завода) по стабилизации разнокачественности эмбрионального аппарата и карпологической морфологии. Такие закономерности указывают на возможность восстановительных процессов для наследуемых признаков, поскольку качество семенного материала формирует возможность реализации репродуктивного потенциала в большей степени успешности.

Общая сумма показателей фитоиндикационной значимости пробной площадки Макеевского металлургического комбината, в сравнении с предыдущими двумя заводами этой же специфики производства, существенно меньше, радикальных колебаний внутри балльно-шкального оценивания не зафиксировано.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *O. pallens* (*O. paradoxum* Gronvall), *A. serpens*, *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp.

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Енакиевского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG_{Ci}</i>	<i>MDG_{Rl}</i>	<i>MDG_{Bt}</i>	<i>ITRE_v</i>	<i>AAN_{Ci}</i>	<i>KPC_i</i>	<i>SDP_{msCi}</i>	<i>KDNE_{Ci}</i>	<i>TrSh_{Ci}</i>	<i>GCC_i</i>	
2008	7	10	6	9	7	7	7	8	10	8	79
2018	10	9	5	8	9	9	9	8	6	8	81

Для Енакиевского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDG_{Ci}*, *AAN_{Ci}*, *KPC_i*, *SDP_{msCi}* – в совокупности эти признаки сопряжены с общим строением индикаторов, базовых единиц листового аппарата и состоянием пыльцевых зерен, что также отмечалось для этой городской агломерации (г. Енакиево), однако в этом конкретном случае отмечена большая статистическая разница. Это указывает на специфику большей токсической нагрузки на фитообъекты при коксохимическом производстве, чем того уровня загрязнения, установленного по зафиксированным показателям для металлургического завода. Значимая разница за 10-летнее наблюдение отмечена для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrSh_{Ci}*, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата индикаторного вида, – это предположительно отражается на повышении качества семенного материала при формировании зародыша растения-индикатора.

Общий показатель суммы индексов за 10 лет увеличился на два процентных показателя, что неблагоприятно для природной среды, однако доказывает рабочее состояние предприятия-загрязнителя, что важно для констатации этого факта.

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespitium*, *B. unguiculata*, *O. pallens*, *B. campestre*, *A. serpens*, *N. canescens* и *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. (*Amblystegium riparium* (Hedw.) Schimp.).

Таблица 5

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Макеевского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG_{Ci}</i>	<i>MDG_{Rl}</i>	<i>MDG_{Bt}</i>	<i>ITRE_v</i>	<i>AAN_{Ci}</i>	<i>KPC_i</i>	<i>SDP_{msCi}</i>	<i>KDNE_{Ci}</i>	<i>TrSh_{Ci}</i>	<i>GCC_i</i>	
2008	7	8	6	6	7	6	6	8	8	8	70
2018	8	9	6	6	7	6	6	9	7	7	71

В соответствии с 10-летней разницей состояния индикаторов на пробной площадке Макеевского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: увеличены показатели габитуса индикаторных видов *C. intybus* и *R. lutea*, состояние зародышевого аппарата *C. intybus*, что уже отмечено и для металлургического производства этой агломерации (г. Макеевка). Зафиксировано снижение последних двух критериев (как и отмечалось для Донецкого и Макеевского металлургических заводов) по стабилизации разнокачественности эмбрионов и плодов индикаторных видов.

Общая сумма показателей фитоиндикационной значимости пробной площадки Макеевского коксохимзавода изменилась в сторону увеличения на одно процентное значение, что является следствием суммации предыдущих форм воздействия с отдаленными эффектами загрязнений.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespitium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *P. schreberi*, *O. pallens* (*O. paradoxum*), *A. serpens*, *P. repens*.

Таблица 6

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Ясиновского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCI</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCI</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	8	10	6	9	8	8	8	8	10	8	83
2018	10	9	5	8	9	9	9	8	4	8	79

Для Ясиновского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDGCI*, *AANCI*, *KPCi*, *SDPmsCi*, что было отмечено и для других предприятий этого типа производства. Это указывает на специфику большей нагрузки на фитообъекты от коксохимических предприятий. Значимая разница за 10-летнее наблюдение зафиксирована для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrShCi*, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата индикаторного вида.

Суммарный показатель индексов за 10 лет уменьшился на четыре процентных значения, что указывает на благоприятные тенденции при оценке воздействия на территориально сопряженные экотопы. В целом завод продолжает рассматриваться как опасный загрязнитель природной среды.

Виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespitium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *Orthotrichum obtusifolium* Brid. (*Stroemia obtusifolia* (Brid.) J. Hag., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & Warncke), *A. serpens*, *Tortula mucronifolia* Schwaegr. (*Syntrichia mucronifolia* (Schwägr.) Brid.), *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (*Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaerth., B. Mey. & Schreb).

Таблица 7

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Харьковского трубного завода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCI</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCI</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	6	7	4	6	6	5	6	6	7	7	60
2018	5	4	3	5	5	4	4	4	6	5	45

Сравнительный анализ 10-летней разницы показывает значительное уменьшение воздействия промышленного объекта (Харьковского трубного завода) на природные среды. По всем без исключения параметрам наблюдается устойчивая тенденция уменьшения дегенеративных проявлений в индикаторных организмах, произрастающих в зоне воздействия этого предприятия.

Общий показатель фитоиндикационной значимости уменьшен на 15 процентных единиц, что является наиболее существенным результатом в сравнении со всеми предыдущими объектами промышленной деятельности. В таких случаях два сценария трактовки ситуации: уменьшение мощностей производства или увеличение экологичности работы предприятия.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur (*W. microstoma* (Hedw.) C. Mull., *Hymenostomum microstomum* (Hedw.) R. Br. ex Nees & Hornsch.), *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespitium*, *D. pusillum*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*.

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Зуевской ТЭС**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCi</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCi</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	5	5	3	5	4	6	5	6	5	5	49
2018	5	5	3	5	4	6	5	5	5	5	48

За весь период обозначенного диапазона мониторинговых исследований для пробной площадки Зуевской ТЭС определены средние или ниже среднего значения показатели структурной трансформации растений-индикаторов. 10-летний сравнительный анализ не выявил существенных изменений, что свидетельствует о стабильности системы «воздействие – реакция». Из всех признаков уменьшено значение одного параметра – частоты встречаемости деформированного или несформированного зародыша. Следовательно, по колебаниям фитоиндикационной значимости пробная площадка Зуевской ТЭС характеризуется максимальным консерватизмом.

Рекомендуемые виды мохообразных для анализа: *C. purpureus*, *Pleuridium acuminatum* Lindb., *B. argenteum* Hedw., *D. polysetum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*, *W. brachycarpa* (*W. microstoma*, *H. microstomum*), *Didymodon rigidulus* Hedw. (*Barbula rigidula* (Hedw.) Milde, *D. mamillosus* (Crundw.) M.O. Hill), *O. obtusifolium* (*S. obtusifolia*, *N. obtusifolia*).

Таблица 9

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов
пробной площадки Старобешевской ТЭС**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCi</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCi</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	5	5	3	5	4	6	5	6	5	5	49
2018	7	6	3	5	6	7	8	8	8	8	66

Ситуация с фитоэкологическим эффектом на пробной площадке Старобешевской ТЭС указывает на повышение уровня техногенного воздействия предприятия-загрязнителя на природные среды. Неизменными остались показатели типической разнокачественности габитуса *B. incana* и индекса аномальности анастомозной сетки *C. intybus*. Все другие показатели за 10 лет увеличились в значении трансформированности своих структур. Выявленная тенденция доказывает интенсификацию работы ТЭС, и, возможно, переход на менее экологичные топливные и очистительные технологии.

Скачок общей суммы индексов в 17 балльных значений требует детализации полученной тенденции по годам, что будет освещено в следующих публикациях.

На пробной площадке ТЭС зафиксированы следующие виды мохообразных: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *P. acuminatum*, *B. unguiculata*, *D. polysetum*, *B. campestre*, *A. serpens*, *Phascum cuspidatum* Hedw. (*Phascum acaulon* Lindb., *P. cuspidatum* var. *curvisetum* (Dicks.) Nees & Hornsch., *P. cuspidatum* var. *mitraeforme* Limpr., *Tortula acaulon* (With.) R. H. Zander, *T. atherodes* var. *cueviseta* (Dicks.) R. H. Zander), *Bryum torquescens* Bruch & Schimp. (*B. capillare* subsp. *icodense* (H. Winter) Podp., *B. capillare* subsp. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Kindb., *B. capillare* var. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Husn., *B. icodense* H. Winter, *B. obconicum* auct. non Hornsch. ex Bruch & Schimp., *Rosulabryum torquescens* (Bruch & Schimp.).

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов
пробной площадки Концерна Стирол**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGci</i>	<i>MDGRl</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANci</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	4	4	4	7	7	6	5	9	10	8	64
2018	4	4	4	7	7	8	7	9	10	8	68

Концерн Стирол по сумме показателей фитоиндикационной значимости в 2008 г. характеризовался 64 баллами, а к 2018 г. этот показатель увеличился на четыре процентных единицы. Особенностью растительных объектов этой территории является сравнительно низкие показатели общей архитектоники всех используемых индикаторных видов и максимальные значения, рассчитанные для показателей строения зародышей и плодов растений-индикаторов, – те и другие показатели сохранили свои значения в интервалах фитоиндикационных шкал. Изменения в 10-летнем периоде были определены по показателям состояния мужской генеративной сферы (пыльцевые зерна с атипичными лакунами при фиксации и окрашивании метиленовым синим и общая степень дефектности палинологического материала) – эти показатели функционально стали больше. Предположительно, такие закономерности можно получить при увеличении общей генотоксичности почвенного субстрата.

В достаточном количестве для сбора биоматериала обнаружены следующие виды мохообразных: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*, *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp. (*Platydictiasubtilis* (Hedw.) H. A. Crum, *Serpoleskeasubtilis* (Hedw.) Loeske, *Amblystegiella subtilis* (Hedw.) Loeske), *Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch et al., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al. (var. *capillaceum* (F. Weber & D. Mohr) Lorentz; ssp. *rotaeanum* (De Not.) J. J. Amann), *P. repens* и *N. canescens* (*R. canescens*).

Выводы

1. Проведенная эколого-ботаническая экспертиза позволила зафиксировать разницу в 10-летней динамике показателей фитоиндикационной значимости состояний экотопов по фитокомпонентам в зонах воздействия промышленных предприятий. Наибольшими значениями экологического дисбаланса характеризуются все анализируемые металлургические и коксохимические заводы Донбасса; существенно ухудшилась ситуация в зоне воздействия Старобешевской ТЭС; функционально более благоприятной экологической ситуацией определена в радиусах влияния Харцызского трубного завода и Ясиновского коксохимзавода.

2. Более 70% признаков индикаторной значимости сохранили свои высокие показатели на протяжении всего периода эксперимента, что предположительно подтверждает стабильно повышенный уровень воздействия индустриальных зон на природные системы и требует проведения постоянного детального мониторингового изучения.

3. Зарегистрированные виды бриобионтов своей спецификой экологической приуроченности к определенным промышленным биотопам характеризуют фрагментарный приземный покров изученных территорий; во всех 10 промышленных зонах были отмечены *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *A. serpens*, *B. campestre* и *B. unguiculata*.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в рамках научных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. Гурова О. Н. Экологическая нагрузка в приграничных регионах : сохранение биоразнообразия при развитии горнодобывающей отрасли (в рамках речных бассейнов юго-востока Забайкальского края) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 1. С. 217–225.
2. Душкова Д. О., Горецкая А. Г., Евсеев А. В. Применение биоиндикационных методов при проведении мониторинговых исследований окружающей среды // Проблемы региональной экологии. 2017. № 2. С. 10–15.
3. Ибрагимова Э. Э. Мониторинг состояния окружающей среды методами фитоиндикации техногенного химического загрязнения // Человек – Природа – Общество : Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2018. № 4 (11). С. 57–61.
4. Поспелова А. О., Мардра Ю. А., Зеленская Т. Г., Гудиев О. Ю. Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования. Ставрополь : Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. 161 с.
5. Сафонов А. И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. тр. Донецк : ДонНУ, 2006. Вып. 6. С. 19–31.
6. Сафонов А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. 2009. № 51. С. 58–59.
7. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 23–29.
8. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017. Вып. 3. С. 6–14.
9. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодеизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.
10. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.
11. Сафонов А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 216–217.
12. Сафонов А. И., Захаренкова Н. С. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 18–24.
13. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–31.
14. Фардеева М. Б., Шафигуллина Н. Р. Экология растений и методы фитоиндикации. Казань : Казанский фед. ун-т, 2018. 150 с.
15. Gibson D. J. Grasses and grassland ecology. Oxford, New York : Oxford University Press, 2009. 306 p.
16. Iqbal M. *Vicia faba* bioassay for environmental toxicity monitoring : a review // Chemosphere. 2016. Vol. 144. P. 785–802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.048>
17. Khondhodjaeva N. B., Ismillaeva K. B., Ruzimbayeva N. T. Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.

18. *Kumar R.* A review of phylogeography : biotic and abiotic factors // *Geology, Ecology, Landscapes*. 2018. Vol. 2, N 4. P. 268–274. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452486>

19. *Parmar T. K., Rawtani D., Agrawal Y. K.* Bioindicators : the natural indicator of environmental pollution // *Frontiers in Life Science*. 2016. Vol. 9, N 2. P. 110–118. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21553769.2016.1162753>

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

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

Safonov A. I. Expertise of industrial enterprises of Donbass based on the status of phytocomponents. – The results of botanical and ecological expert assessment of ecotopes of some industrial enterprises of Donbass have been presented. According to the analysis of phytoindication criteria, the level of anthropogenic load on the environment has been established. Ecological scales of plant species from indicators check list of the city of Donetsk have been used. The data of environmental screening for 2008 and 2018 have been compared.

Key words: environmental monitoring, phytoindication, Donetsk, Donbass, environmental impact assessment.

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

УДК 595.799(477.6) : 638.19

© А. В. Амолин¹, Н. Н. Кузичева², А. А. Соболева³

**ПЧЕЛЫ (HYMENOPTERA, APOIDEA, APIFORMES)
ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАССА
(НА ПРИМЕРЕ Г. ДОНЕЦКА, Г. ХАРЦЫЗСКА, Г. ГОРЛОВКИ)**

^{1,3} ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

² ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия»

286157, г. Макеевка, ул. Островского, 16; e-mail: nadua.kuzisheva@mail.ru

Амолин А. В., Кузичева Н. Н., Соболева А. А. Пчелы (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) приусадебных участков Центрального Донбасса (на примере г. Донецка, г. Харцызска, г. Горловки). – На приусадебных участках Центрального Донбасса нами отмечено не менее 59 видов пчел из 22 родов и 5 семейств. Наибольшим числом видов представлены два семейства Megachilidae (19 видов) и Apidae (14 видов), в сумме составляющие более половины (55,9%) от числа всех выявленных видов. Большинство видов (47 видов или 79,6%) относятся к политопным и мезо-ксерофильным полостникам, строящим свои гнезда в готовых полостях различного происхождения. Среди выявленных видов пчел отмечено 24 вида важнейших опылителей энтомофильных сельскохозяйственных растений. Для поддержания устойчивой численности видов пчел-опылителей на приусадебных участках необходимо устанавливать искусственные гнездовые конструкции и создавать цветочные конвейеры.

Ключевые слова: пчелы, фауна, приусадебные участки, г. Донецк, г. Харцызск, г. Горловка.

Введение

Приусадебные участки являются характерным элементом многих селитебных городских и сельских ландшафтов и представляют собой небольшие участки земли, расположенные возле жилых строений во многих городах, поселках, а также в окрестностях городов (дачные участки), где человеком возделывается целый ряд культурных и декоративных растений. Как показывает наш опыт [1, 3, 4] на приусадебных участках формируются устойчивые энтомокомплексы, включающие представителей различных отрядов насекомых, в частности, стебельчатобрюхих перепончатокрылых (наездники, осы, пчелы, муравьи).

Изучение энтомокомплексов приусадебных участков для целого ряда экологических исследований имеет многосторонний интерес. Например, они могут быть модельным объектом для изучения формирования консортивных связей различных культурных растений и связанных с ними насекомых. Кроме того, учитывая значительную суммарную площадь таких участков в урболандшафтах, они могут служить своеобразными рефугиумами для некоторых редких видов насекомых, а также удобным стационарным пунктом при исследовании различных аспектов поведения, питания, гнездовой биологии и экологии многих видов насекомых. Важно также отметить, что для получения стабильного урожая возделываемых человеком на этих участках культурных энтомофильных растений, например, плодово-ягодных или некоторых овощных культур, необходимо наличие комплекса насекомых-опылителей и насекомых-энтомофагов. В этой связи для получения хороших урожаев и снижения численности насекомых-вредителей, перспективно проводить привлечение на приусадебные участки пчел-опылителей и насекомых-энтомофагов (паразитических наездников, некоторых хищных видов жуков, клопов, сетчатокрылых, ос, мух, муравьев). Основоположником комплексного изучения фауны приусадебных участков в России можно считать зоолога Анатолия Александровича Силантьева, который по инициативе В. В. Докучаева, в 1890 году провел комплексное исследование имения «Пады» в Балашовском уезде Саратовской губернии [19].

Сведения о фауне жалоносных перепончатокрылых насекомых приусадебных участков немногочисленны, в частности, в специальной работе А. С. Шляхтёнка рассмотрены фауна и численность ос в сравнительном аспекте, собранных ловушками Малеза на приусадебных участках сельских поселений Беларуси и некоторых районов европейской части России [20]. Кроме того, в некоторых работах первого соавтора данной статьи приведены сведения о видовом составе и экологии ос приусадебных участков г. Донецка, а также сведения о пчелах-опылителях плодово-ягодных культур г. Донецка и данные о видовом составе пчел и ос, заселяющих искусственные гнездовые конструкции на приусадебных участках Донбасса [1, 3, 4].

Основная цель данной работы – показать видовой состав пчел, выявленных на приусадебных участках Центрального Донбасса (на примере г. Донецка, г. Харцызска, г. Горловки) и дать экологическую характеристику некоторых из постоянно обитающих видов. Результаты данной работы могут быть использованы при планировании мероприятий по охране и практическому использованию одиночных пчел Донбасса.

Материал и методы исследования

Исследования проводили на территории трех стационарных участков, расположенных в восточной части г. Донецка (пос. Калинкино, в период 1997-2018 гг.), в г. Харцызске (в период 2013-2017 гг.) и в г. Горловка (в период 2017-2018 гг.). При этом каждый год с апреля по сентябрь, на данных участках, регистрировали все встречаемые виды пчел, прослеживали их фенологию лета, сезонную динамику численности, места гнездования, гнездостроительную активность (для некоторых видов), трофические связи. Для клептопаразитических видов, по-возможности, устанавливали круг их хозяев. Кроме того, в отдельные годы указанного периода нами проводился маршрутный сбор пчел на огородах и дачных участках практически по всему периметру г. Донецка (за исключением Петровского района).

Пчел собирали энтомологическим сачком на цветущих растениях и возле гнезд методом кошения и индивидуального лова. В указанные периоды на стационарных приусадебных участках для привлечения пчел использовали искусственные гнездовые конструкции двух основных типов: для видов, заселяющих готовые полости (наблюдательные улья Фабра, тростниковые пучки, глинобитные улья с готовыми каналами, деревянные бруски с просверленными вдоль волокон каналами разного диаметра, одиночные полые, сухие стебли зонтичных) и для видов, гнездящихся с сухих стеблей с мягкой сердцевинкой, при этом самостоятельно выгрызающих гнездовой канал (пучки из отрезков сухих стеблей малины и бузины черной). При изготовлении искусственных гнездовых конструкций, кроме собственных модификаций [3], использовали методики С. И. Малышева [13], С. В. Гребенникова [10, 11], Т. Г. Романьковой и А. В. Романькова [18], С. П. Иванова [12]. Всего на участках за весь период исследований было установлено и учтено 76 гнездовых конструкций двух вышеуказанных типов. При изучении трофических связей проводили сбор пчел на кормовых растениях в пределах обследуемых участков. Для сравнительного анализа фауны пчел приусадебных участков использовали также материал по пчелам, собранный нами в других биотопах Донецкой и Луганской областей. При определении материала использовали работы А. З. Осычнюк [14, 15], Хольгера Дате [23], Ю. А. Песенко [16], В. Г. Радченко, Ю. А. Песенко [17], Ф. Амиета и др. [21], Й. Банашека и Л. Ромасенко [22], Ю. В. Астафуровой [6], Т. Павликовского и В. Келари [25], М. Кульмана и М. Ю. Прощалькина [24]. Материал по пчелам рода *Halictus* и некоторым видам рода *Evylaeus* был определен ведущим научным сотрудником Зоологического института РАН, докт. биол. наук Ю. А. Песенко. Большинство видов семейства Apidae (кроме шмелей) были определены доцентом кафедры зоологии и энтомологии Харьковского национального аграрного университета им. В. В. Докучаева, канд. биол. наук М. А. Филатовым.

Названия видов пчел приведены в соответствии с Аннотированным Каталогом перепончатокрылых насекомых России [5].

Результаты исследований

В табл. 1. приведен список выявленных видов пчел на исследованных приусадебных участках Донбасса.

Таблица 1

Видовой состав пчел приусадебных участков Донбасса

Таксоны пчел	Примечания
1. Семейство Colletidae	
1. <i>Hylaeus (Dentigera) gredleri</i> Förster, 1871	систематические находки
2. <i>Hylaeus (Hylaeus) bisinuatus</i> Förster, 1871	систематические находки
3. <i>Hylaeus (Hylaeus) communis</i> Nylander, 1852	систематические находки
4. <i>Hylaeus (Paraprosopis) sinuatus</i> (Schenck, 1853)	систематические находки
5. <i>Hylaeus (Patagiata) difformis</i> (Eversmann, 1852)	однократная находка
6. <i>Hylaeus (Prosopis) signatus</i> (Panzer, 1798)	систематические находки
7. <i>Hylaeus (Spatulariella) hyalinatus</i> Smith, 1842	систематические находки
8. <i>Hylaeus (Abrupta) cornutus</i> Curtis, 1831	однократная находка
9. <i>Colletes daviesanus</i> Smith, 1846	однократная находка
10. <i>Colletes cunicularius</i> (Linnaeus, 1758)*	спорадически
2. Семейство Andrenidae	
11. <i>Andrena (s. str.) varians</i> (Kirby, 1802)*	систематические находки
12. <i>Andrena (Biareolina) haemorrhoea</i> (Fabricius, 1781)*	систематические находки
13. <i>Andrena (Simandrena) dorsata</i> (Kirby, 1802)*	систематические находки
14. <i>Andrena (Plastandrena) carbonaria</i> (Linnaeus, 1767)*	однократная находка
15. <i>Andrena (Poliandrena) florea</i> Fabricius, 1793	однократная находка
16. <i>Andrena (Zonandrena) flavipes</i> Panzer, 1799*	спорадически (нерегулярно)
17. <i>Andrena (Melandrena) limata</i> Smith, 1853*	систематические находки
18. <i>Andrena (Melandrena) nitida</i> (Müller, 1776)*	спорадически
19. <i>Andrena (Hoplendrena) carantonica</i> Pérez, 1902*	спорадически
20. <i>Andrena (Micrandrena) sp.</i>	систематические находки
3. Семейство Halictidae	
21. <i>Halictus (Evylaeus) calceatus</i> (Scopoli, 1763)*	систематические находки
22. <i>Halictus (s. str.) quadricinctus</i> (Fabricius, 1776)*	спорадически
23. <i>Halictus (Seladonia) kessleri</i> Bramson, 1879*	спорадически
24. <i>Halictus (Seladonia) subauratus</i> (Rossi, 1792)*	систематические находки
25. <i>Lasioglossum (s. str.) sexnotatum</i> (Kirby, 1802)	систематические находки
26. <i>Lasioglossum (Leuchalictus) discum</i> (Smith, 1853)*	спорадически
27. <i>Rophites quinquespinosus</i> Spinola, 1808*	спорадически
4. Семейство Megachilidae	
28. <i>Lithurgus cornutus</i> (Fabricius, 1787)	систематические находки
29. <i>Heriades truncorum</i> (Linnaeus, 1758)	спорадически
30. <i>Hoplitis (Anthocopa) sp.</i>	спорадически
31. <i>Hoplitis adunca</i> (Panzer, 1798)	систематические находки
31. <i>Osmia coerulea</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки
32. <i>Osmia bidentata</i> Morawitz, 1876	спорадически
33. <i>Osmia brevicornis</i> (Fabricius, 1798)	спорадически
34. <i>Osmia bicornis</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки
35. <i>Osmia cornuta</i> (Latreille, 1805)*	систематические находки
36. <i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки
37. <i>Pseudoanthidium nanum</i> (Mocsáry, 1881)	систематические находки
38. <i>Stelis phaeoptera</i> (Kirby, 1802)	систематические находки
39. <i>Stelis punctulatissima</i> (Kirby, 1802)	однократная находка

Таксоны пчел	Примечания
40. <i>Stelis simillima</i> Morawitz, 1876	систематические находки
41. <i>Coelioxys inermis</i> (Kirby, 1802)	спорадически
42. <i>Coelioxys mandibularis</i> Nylander, 1848	спорадически
43. <i>Coelioxys elongatus</i> Lepeletier de Saint-Fargeau, 1841	спорадически
44. <i>Megachile centuncularis</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки
45. <i>Megachile ericetorum</i> Lepeletier de Saint-Fargeau, 1841	систематические находки в пределах одного из трех участков
5. Семейство Apidae	
46. <i>Xylocopa valga</i> Gerstäcker, 1872	систематические находки
47. <i>Ceratina chalcites</i> Germar, 1839	спорадически
48. <i>Ceratina chalybea</i> Chevrier, 1872	систематические находки
49. <i>Nomada ruficornis</i> (Linnaeus, 1758)	систематические находки
50. <i>Anthophora furcata</i> (Panzer, 1798)	систематические находки
51. <i>Anthophora plumipes</i> (Pallas, 1772)*	систематические находки
52. <i>Anthophora pubescens</i> (Fabricius, 1781)	систематические находки
53. <i>Melecta luctuosa</i> (Scopoli, 1770)	спорадически
54. <i>Thyreus orbatus</i> (Lepeletier de Saint-Fargeau, 1841)	спорадически
55. <i>Bombus argillaceus</i> (Scopoli, 1763)	однократная находка
56. <i>Bombus hypnorum</i> (Linnaeus, 1758)	систематические находки
57. <i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки
58. <i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli, 1763)*	спорадически
59. <i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)*	систематические находки

Примечание. * – важнейшие опылители энтомофильных сельскохозяйственных культур.

Как видно из табл. 1., к числу постоянных обитателей приусадебных участков, способных образовывать долгоживущие субпопуляции, следует отнести не менее 28 видов пчел из 14 родов и 5 семейств. Большинство отмеченных на приусадебных участках видов пчел (50 видов или 84,7%) представлены гнездостроящими видами. При этом большинство из них (не менее 39 видов) строят свои гнезда также в пределах приусадебных участков, а при создании благоприятных для их гнездования условий, например, при установке искусственных гнездовых конструкций, некоторые виды (*Osmia cornuta*, *O. bicornis*, *O. coerulescens*, *Hoplitis adunca*), способны относительно быстро увеличивать свою численность.

Среди пчел-коллетид (Colletidae) на приусадебных участках постоянно обитают не менее шести видов рода *Hylaeus* (см. табл. 1), при этом самки *H. gredleri* строят свои гнезда в сухих, обломанных стеблях малины (*Rubus idaeus* L.) самостоятельно выгрызая гнездовой ход в мягкой сердцевине стеблей этого растения. Следует отметить, что выходящие из гнезда взрослые пчелы могут прогрызать округлые отверстия изнутри стебля и таким образом не зависеть от выхода других пчел в конкретном гнезде. Некоторые виды активно заселяют готовые полости в тростниковых пучках (*H. communis*, *H. difformis*). По нашим наблюдениям, пчелы-гилеусы на приусадебных участках активны с июня до середины сентября. При этом следует отметить, что пчелы-гилеусы особенно обильны на цветках различных зонтичных (Apiaceae), включая укроп, пастернак, а также луков (*Allium ramosum*). В частности, на соцветиях пастернака (*Pastinaca sativa* L.) регулярно отмечали питание нектаром самок и самцов *H. signatus* и *H. sinuatus*, а цветки *A. ramosum* активно посещают самки *H. hyalinatus*.

Пчелы-андрениды (Andrenidae) на приусадебных участках достигают максимума видового разнообразия в весенний период, прежде всего за счет лета моновольтинных весенних видов (*A. varians*, *A. haemorrhoea* (рис. 1, Б)), а также первого поколения бивольтинных видов (*A. dorsata*, *A. flavipes*, *A. limata*, *A. nitida* и др.). Некоторые виды способны гнездиться на приусадебных участках (*A. dorsata*, *A. varians*, *A. haemorrhoea*). Виды

A. dorsata, *A. varians*, *A. haemorrhoea*, *A. limata*, *A. nitida* отмечены в качестве активных опылителей плодовых и ягодных культур [3].

Семейство Halictidae представлено наименьшим числом видов среди всех отмеченных на приусадебных участках семейств пчел (7 видов или 11,8% от числа всех отмеченных видов). В то же время по числу экземпляров некоторые виды этого семейства выступают доминантами в весенний период и являются активными опылителями плодовых культур (*H. calceatus*). В августе отмечали наибольшее число видов этого семейства, что в целом соответствует общей динамике изменения числа видов в течение сезона на территории Донбасса.

Наибольшим числом видов на приусадебных участках представлено семейство Megachilidae (19 видов или 32,2%). При этом 6 видов представлены клептопаразитами из родов *Coelioxys* и *Stelis*. Долгоживущие субпопуляции среди пчел-мегахилид на приусадебных участках образуют *O. coerulea*, *O. bicornis* (рис. 1, В), *O. brevicornis*, *O. cornuta* (рис. 1, А), *H. adunca*, *L. cornutus* (при наличии усахающих деревьев), *M. centuncularis*, *A. manicatum*, *P. nanum*, а также некоторые клептопаразитические виды биологически тесно сопряженные со своими хозяевами (указанными выше гнездостроящими видами пчел).

Вид *M. ericetorum* был отмечен только на стационарном приусадебном участке в г. Горловка. По нашим наблюдениям, при установке искусственных гнездовых конструкций (тростниковых пучков), наибольшую активность в их заселении (в весенний период) проявляет весенний моновольтинный вид *O. cornuta*, прежде всего благодаря высокой степени филопатрии (повторному заселению материнских гнезд) и конкурентному вытеснению вида *O. bicornis*, который также является весенним моновольтинным видом, но вылетает в среднем немного позже, чем *O. cornuta* (примерно на 5-7 дней). В летний период (июнь-июль) доминирующее положение среди видов полостников, заселяющих тростниковые пучки, занимает *H. adunca* и *O. coerulea*. Указанные виды заселяют различные виды искусственных гнездовых конструкций (бумажные и пластиковые полые трубки, тростниковые пучки, деревянные бруски), при этом *H. adunca* способен повторно заселять старые гнезда. Подавляющее большинство отмеченных на приусадебных участках пчел-мегахилид являются летними моновольтинными видами, посещающими цветки различных видов астровых (Asteraceae) или яснотковых (Lamiaceae).

Пчелы-апиды (Apidae) занимают второе место, после семейства Megachilidae, по числу отмеченных на приусадебных участках видов пчел (14 видов, 23,7%). При этом некоторые охраняемые виды, такие как пчела-плотник *Xylocopa valga*, также могут успешно жить на приусадебных участках при наличии соответствующих условий (прежде всего подходящих для гнездования мест). Например, на приусадебном участке в г. Донецке, нами были установлены отрезки сухих стволов деревьев длиной 50 см и шириной 15-20 см, в торцевой части которых самки ксилокопы строили свои гнезда.

К числу постоянных обитателей приусадебных участков из числа гнездостроящих пчел-апид следует указать: *B. hypnorum* (гнездится в старых гнездах воробьиных птиц под крышами домов), *B. lapidarius* (гнездится в полостях, имеющих в стенах различных построек), *B. terrestris* (гнездится в норах мышевидных грызунов и в полостях, имеющих в фундаменте строений), *C. chalybea*, *A. furcata*, *A. plumipes* (рис. 1, Г), *A. pubescens*.

Гнезда последних трех видов на приусадебных участках нами не обнаружены, однако их гнездование в пределах таких участков не вызывает сомнений, прежде всего из-за ежегодных систематических находок этих видов и наличия на исследуемой территории их гнездовых паразитов (*Melecta luctuosa*, *Thyreus orbatulus*). Важно отметить также малочисленность (кроме шмелей) большинства пчел-апид на приусадебных участках. При этом численность шмелей и вида *C. chalybea* можно искусственно наращивать, устанавливая для привлечения шмелей шмелевники, изготовленные по методике В. С. Гребенникова [7-9], а для пчелы-цератины – пучки из отрезков сухих стеблей малины, в которых самки этого вида активно строят свои гнезда [2].



Рис. 1. Наиболее характерные виды пчел, обитающие на приусадебных участках Центрального Донбасса:
 А – *Osmia cornuta* (фото Амолина А. В.); Б – *Andrena haemorrhoa* (фото Оголя И. Н.);
 В – *Osmia bicornis* (фото Оголя И. Н.); Г – *Anthophora plumipes* (фото Оголя И. Н.)

В целом, характеризуя выявленную фауну пчел приусадебных участков можно отметить преобладание политопных и мезо-ксерофильных видов полостников, т. е. обитающих в различных более или менее увлажненных биотопах и строящих свои гнезда в готовых полостях различного происхождения. Землероющие виды представлены небольшим числом видов (12 видов или 20,3%), в большинстве своем, широко распространенных и многочисленных на территории Донбасса.

Для наращивания и поддержания стабильной численности «диких» пчел на приусадебных участках необходимо устанавливать искусственные гнездовые конструкции различных модификаций, а также создавать цветочные конвейеры, позволяющие пчелам иметь достаточный кормовой ресурс и места для строительства новых гнезд. Среди искусственных гнездовых конструкций, которые можно применять для увеличения численности некоторых видов пчел, удобными в эксплуатации являются деревянные бруски с просверленными вдоль волокон древесины цилиндрическими, замкнутыми с одной стороны каналами диаметром от 8 до 12 мм и длиной 80-100 мм, а также улья Фабра, на базе полых стеблей тростника (рис. 2). При этом желательно в течение одного сезона выставлять конструкции два раза: в начале апреля – для гнездования весенних видов пчел-осмий; в конце мая – для гнездования летних видов пчел и ос-энтомофагов.



Рис. 2. Искусственные гнездовые конструкции (улья Фабра) в модификации С. П. Иванова для привлечения и изучения некоторых видов пчел (фото С. П. Иванова)

Выводы

На приусадебных участках Центрального Донбасса, не считая медоносной пчелы, нами отмечено не менее 59 видов пчел из 22 родов и 5 семейств. Наибольшим числом видов представлены два семейства Megachilidae (19 видов) и Apidae (14 видов), в сумме составляющие более половины (55,9%) от числа всех выявленных видов. Большинство видов (47 видов или 79,6%) относятся к политопным и мезо-ксерофильным полостникам, строящим свои гнезда в готовых полостях различного происхождения.

Большинства выявленных видов являются гнездостроящими (50 видов или 84,7%) и малочисленными на приусадебных участках.

Среди выявленных видов важнейшими опылителями энтомофильных сельскохозяйственных культур являются 24 вида из 10 родов и 5 семейств.

Поддержание стабильной численности многих видов, а также её увеличение для некоторых важнейших опылителей возможно при установлении на приусадебных участках искусственных гнездовых конструкций и создании дополнительной кормовой базы для пчел путем создания цветочных конвейеров.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность доктору биол. наук, проф. С. П. Иванову (ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского») за возможность использовать в статье фото ульев Фабра и аспиранту кафедры зоологии и экологии Донецкого национального университета И. Н. Оголю за предоставленные фотографии пчел, а также доктору биол. наук, проф. Ю. А. Песенко (Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург) и кандидату биол. наук, доценту М. А. Филатову (Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева) за помощь в определении материала.

Список литературы

1. Амолин А. В. К изучению ос-энтомофагов (Hymenoptera : Scolioidea, Vespoidea, Sphecoidea) приусадебных участков г. Донецка // Украинський ентомол. журнал. 2012. № 1 (4). С. 26–35.
2. Амолин А. В. Изучение гнездовых стадий пчел *Xylocopa valga* и *Ceratina chalybea* на юго-востоке Украины // Вісник Дніпропетровського держ. агр.-екон. ун-ту. 2014. № 1 (33). С. 82–86.

3. *Амолин А. В.* К изучению пчел-опылителей плодово-ягодных культур на приусадебных участках г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 66–77.
4. *Амолин А. В., Кузичева Н. Н.* Одиночные осы и пчелы (Hymenoptera: Vespidae, Crabronidae, Colletidae, Megachilidae, Apidae), заселяющие искусственные гнездовые конструкции на приусадебных участках Донбасса (на примере городов Донецка и Харцызска) // Современные экологические проблемы и пути их решения : мат. I Международ. науч.-практ. конф., посв. юбилею Луганского нац. агр. ун-та (Луганск, 22–23 ноября 2016 г.). Луганск : ГОУ ЛНР ЛНАУ, 2016. С. 47–52.
5. Аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России. Т. I. Сидячебрюхие (Symphyta) и Жалоносные (Apsocrita : Aculeata) / Под общ. ред. С. А. Белокобыльский и А. С. Лелей. – СПб. : ЗИН РАН, 2017. 475 с.
6. *Астафурова Ю. В.* Пчелы Подсем. Nomiinae (Hymenoptera : Halictidae) России и сопредельных стран: определительные таблицы родов и видов // Энтомол. обозр. 2008. Т. 87, вып. 1. С. 185–204.
7. *Гребенников В. С.* Мои шмели. Из опыта разведения шмелей в домашних условиях // Наука и жизнь. 1972 а. № 4. С. 97–101.
8. *Гребенников В. С.* Подземные приманочные ульи для шмелей // Пчеловодство. 1972 б. № 7. С. 40–41.
9. *Гребенников В. С.* Многосемейный гроздевой шмелевник // Пчеловодство. 1972 в. № 9. С. 41–42.
10. *Гребенников В. С.* Защита естественных гнездований шмелей // Пчеловодство. 1975. № 9. С. 36–37.
11. *Гребенников В. С.* Заселение шмелями искусственных гнездовых в микрорезервативе под Новосибирском // Насекомые-опылители сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. Новосибирск, 1982. С. 119–124.
12. *Иванов С. П.* Методы изучения биологии и экологии диких пчел в природе и лаборатории. Симферополь : ТНУ, 2011. Ч. 1. 92 с.
13. *Малышев С. И.* Дикие опылители на службе у человека. М., Л. : Наука, 1963. 68 с.
14. *Осичнюк Г. З.* Бджоли-колетиди / Фауна України. Бджолині. К. : Наук. думка, 1970. Т. 12, вип. 4. 158 с.
15. *Осичнюк Г. З.* Бджоли-андреніди / Фауна України. Бджолині. К. : Наук. думка, 1977. Т. 12, вип. 5. 328 с.
16. *Песенко Ю. А.* Аннотированная определительная таблица палеарктических видов рода *Lassioglossum sensu stricto* (Hymenoptera, Halictidae) по самкам, с описанием новых подродов и видов // Труды Зоол. ин-та АН СССР, 1986. Т. 159. С. 113–151.
17. *Радченко В. Г., Песенко Ю. А.* Определительная таблица пчел рода *Dasygaster Latreille* (Hymenoptera, Melittidae) европейской части СССР, с обозначением лектотипов // Труды Зоол. ин-та АН СССР, 1989. Т. 188. С. 114–121.
18. *Романькова Т. Г., Романьков А. В.* Использование приманочных гнезд для изучения жалящих перепончатокрылых (Hymenoptera, Aculeata) в Приморском крае // Перепончатокрылые Восточной Сибири и Дальнего Востока. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 130–137.
19. *Силантьев А. А.* Фауна Падов, имения В. Л. Нарышкина Балашовского у., Саратовской губ. СПб., 1894. 213 с.
20. *Шляхтёнок А. С.* О фауне ос (Hymenoptera: Chrysididae, Tiphiidae, Sapygidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Ampulicidae, Sphecidae, Crabronidae) приусадебных участков Беларуси и европейской части России // Евразият. энтомол. журн. 2012. № 11 (2). С. 167–174.
21. *Amiet F., Müller A., Neumeyer R.* Apidae 2: *Colletes, Dufourea, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha* // Fauna Helvetica 4. Neuchâtel : CSCF und SEG. 1999. 219 s.
22. *Banaszak J., Romasenko L.* Megachilid bees of Europe. Bydgoszcz, 2001. 240 p.

23. *Dathe H. H.* Die Arten der Gattung *Hylaeus* F. in Europa (Hymenoptera: Apoidea, Colletidae) // *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*. 1980. Bd. 56, H. 2. S. 207–294.

24. *Kuhlmann M., Proshchalykin M. Yu.* The bees of the genus *Colletes* Latreille, 1802 of the European part Russia, with keys to species (Hymenoptera: Apoidea: Colletidae) // *Zootaxa*. 2014. Vol. 3878 (3). P. 201–247.

25. *Pawlikowski T., Celary W.* Pszczołowate – Apidae. Wstęp i podrodzina Colletinae / *Klucze do oznaczania owadów Polski* // *Polskie Tow. Entomol. Cz.* 2003. 24, Z. 68a. 65 s.

26. *Proshchalykin M. Yu., Kuhlmann M.* The bees of the genus *Colletes* Latreille 1802 of the Ukraine, with a key to species (Hymenoptera: Apoidea: Colletidae) // *Zootaxa*. 2012. Vol. 3488. P. 1–40.

***Amolin A. B., Kuzicheva, N. N., Soboleva A. A.* Bees (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) on household plots of the Central Donbass on the example of the cities of Donetsk, Khartsyzsk, Gorlovka.** – We have noted at least 59 species of bees from 22 genera and 5 families in the homestead areas of the Central Donbass. The majority of species are two families of Megachilidae (19 species) and Apidae (14 species), amounting to more than a half (55,9%) of all identified species. Most species (47 species that is 79,6%) belong to the polytopic and meso-xerophilic cavities, building their nests in ready cavities of different origins. Among the identified species of bees, 24 species belong to the most important pollinators of entomophilic agricultural plants were noted. To maintain a stable number of species of bees pollinators in the infield it is necessary to install artificial nesting structures and create flower conveyors.

Key words: bee, fauna, household plots, Donetsk city, Khartsyzsk city, Gorlovka city.

УДК 595.771

© М. В. Рева¹, Р. Д. Семушин²

МОШКИ (DIPTERA, SIMULIIDAE) ПРИАЗОВЬЯ

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

² Макеевская городская СЭС; 286106, г. Макеевка, ул. Транспортная, 1

Рева М. В., Семушин Р. Д. Мошки (Diptera, Simuliidae) Приазовья. – Приведено описание мошек Приазовья и обобщены сведения по их биологии.

Ключевые слова: мошки, фауна, биология.

Введение

Мошки (Diptera, Simuliidae) – важнейший компонент гнуса. Личинки мошек обитают в проточных водоемах и играют важную роль в гидробиоценозах. Самки большинства видов симулиид – кровососы человека и домашних животных. При массовом лете мошек труд и отдых людей в природе становятся изнурительными [1, 2].

Приазовье расположено на побережье Азовского моря и включает множество рекреационных зон. Здесь находятся санатории, дома отдыха, пансионаты. Теплое неглубокое море и умеренно-континентальный климат с продолжительным жарким летом и мягкой зимой способствуют постоянному притоку отдыхающих на побережье. В связи с этим знание биологии мошек в данном регионе приобретает значительный научный и практический интерес.

Материал и методы исследования

Материалом для данной работы послужили сборы мошек в Приазовье в период с 2000 г., а также коллекционный материал кафедры зоологии и экологии ДонНУ. В работе использованы общепринятые методики [3, 5-7].

Характеристика района исследований

Рельеф Приазовья представлен древними отложениями и современными антропогенными формами. Для него характерна пересеченность и неоднородность. Приазовье включает холмистую степную Приазовскую возвышенность и Приазовскую низменность, являющуюся собственно морской террасой древнего моря. Реки, текущие по Приазовской низменности, берут начало на Донецком Кряже и Приазовской возвышенности. Все реки впадают в Азовское море. Течение рек в верховьях бурное, в низовьях ровное. Вода мутная. Для современного рельефа характерны и антропогенные формы: ямы, выработки, плотины, образующие наряду с прудами, водохранилищами, лесопосадками, густой сетью шоссейных дорог и линий электропередач своеобразный индустриальный ландшафт. Левые притоки р. Днепр, Орель с притоками, Самара с притоками, Конка дренуют северо-западные отроги Приазовской возвышенности. Реки Молочная, Обиточная, Кильтичь, Берда, Сухая Белосарайка, Каратыш, Кальчик с Калкой, Сухая и Мокрая Волновахи дренуют южные и юго-восточные отроги Приазовской возвышенности и впадают самостоятельно в Азовское море. Реки Кальмиус с притоками, Грузской Еланчик, Мокрый Еланчик, Миус с Крынкой и Нагольной дренуют южные отроги Донецкого Кряжа и также впадают в Азовское море. Густота речной сети – 0,15-0,16 км/км² [4].

Таким образом, наличие водотоков – мест выплода мошек благоприятствует их распространению на территории Приазовья. Лесопосадки и особенно посаженный В. Е. Граффом в XIX веке в открытой Приазовской степи Великоанадольский лес представляют собой, помимо научной и культурной ценности, места укрытия имаго мошек.

Результаты и обсуждение

В результате наших исследований на территории Приазовья обнаружено 7 видов мошек, относящихся к 4-м родам: *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom, 1911), *Nevermannia latigonia* (Rubzov, 1956), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Odagnia ornata* (Meigen, 1818), *Wilhelmia mediterranea* (Puri, 1925), *Wilhelmia salopiensis* (Edwards, 1927), *Wilhelmia balcanica* Enderlein, 1924.

Места выплода мошек Приазовья можно разделить на 5 типов.

1) Реки средней величины (рис. 1). К ним относят водотоки длиной более 100 км, шириной от 20 до 50 м, глубиной 2-3 м. Скорость течения 0,2-1,0 м/с. Температура воды в реках Миус, Нижняя Крынка, Кальмиус в марте-апреле – 8-12°C, в мае – 15-18°C, в июне – 16-20°C, в июле-августе – до 24-25°C. Вода мутная. Встречаются виды *O. ornata*, *W. salopiensis*, *W. balcanica*.

2) Малые реки и ручьи открытых пространств (рис. 2). К этому типу относятся водотоки длиной от 10 до 100 км, шириной от 3 до 20 м, глубиной 0,5-2,5 м. Некоторые реки (Обиточная, Кильтичь, Берда, Сухая Белосарайка, Каратыш) летом в верховьях пересыхают, в среднем течении значительно мелеют, напоминая собой ручьи. Одной из причин обмеления рек является интенсивный забор воды для полива сельскохозяйственных угодий. Колебания уровня воды в этих реках составляют 2-3 м, скорость течения – 0,3-1,0 м/с. Почти все водотоки этого типа имеют мутную воду. Дно илистое. Температура воды доходит в апреле до 11-14°C, в мае – 15-17°C, в июне – до 21°C, в июле-августе – 23-25°C. Наиболее многочисленными видами весной и в начале лета являются *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *E. aureum*, *O. ornata*, во второй половине лета – *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *O. ornata*, *W. mediterranea*, *W. salopiensis*.

3) Места слияния рек и ручьев (рис. 3). Для этого типа водотоков характерны перепады уровня воды до 3-5 м. Максимальный уровень стояния воды бывает в половодье, минимальный – с конца июля до начала сентября, когда реки и ручьи мелеют или пересыхают. Весной малые реки и ручьи затапливаются водами более крупных рек на протяжении до 1 км от устья. Вне зоны затопления уровень воды в малых реках поднимается в половодье на 1,5-2 м, а в ручьях – до 1 м. В период половодья скорость течения достигает максимума (0,5-0,9 м/с). Летом водотоки мелеют и скорость течения уменьшается до 0,2-0,3 м/с, а осенью возрастает до 0,5 м/с после подъема уровня воды. Во второй половине мая и в июне температура бывает 16-19°C, в июле-августе – 23-26°C. В участках слияния притоков с реками наблюдается взаимное проникновение личинок мошек из реки в приток и из притока в реку, т. е. происходит взаимный обмен видами, несвойственными этим водотокам. По нашим наблюдениям, встречаемость речных видов в ручьях простирается на 300-500 м. Примерно на такое же расстояние ручьевые виды проникают в реки.

4) Ручьи, вытекающие из прудов и озер. Их длина 60-100 м и более, ширина 2-5 м, глубина 10-30 см, скорость течения 0,7-1,0 м/с. Течение бурное, дно каменистое или забетонированное, водной растительностью не зарастает. Температура воды в марте-апреле после таяния льда составляет 5-7°C, в мае – 17-19°C, в июне – 19-21°C, в июле-августе – 22-26°C. Массово встречается *W. mediterranea*.

5) Родниковые ручьи открытых пространств. Их длина 50-300 м, ширина 0,2-0,6 м, глубина 2-15 см, скорость течения 0,2-0,5 м/с. В июле-августе наиболее мелкие ручьи пересыхают. Температура воды в них составляет 16-18°C в июне и 20-23°C в августе. Вода в таких ручьях чистая, дно илистое, топкое. Обнаружены личинки и куколки *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *O. ornata*, *W. mediterranea*.

Субстратом для водных фаз мошек служат листья водных растений, ветви опада, камни, палки (рис. 4). Личинки *E. aureum*, *O. ornata* встречались на листьях водных растений преимущественно в затененных участках водотока.

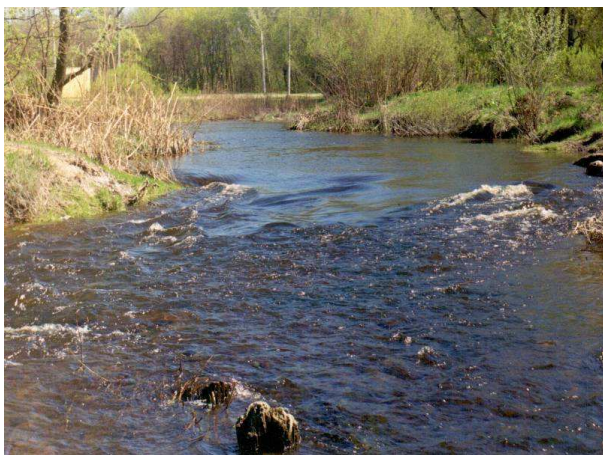


Рис. 1. Река Кальмиус



Рис. 3. Река Кильтичья



Рис. 2. Река Обиточная



Рис. 4. Субстрат с личинками и куколками мошек

Плотность личинок и куколок в местах обитания различна. Так, в малых и средних реках встречаются единичные особи *N. angustitarsis*, в ручьях с мутной водой, протекающих в степи, в низовьях ручьев, вытекающих из озер и прудов, а также в истоках ручьев, вытекающих из заболоченностей, их плотность достигает 30-40 шт./дм². Личинки и куколки встречаются на глубине до 20-30 см при скорости течения 0,2-0,4 м/с.

Личинки *N. latigonia* заселяют субстрат на глубину до 30-50 см при скорости течения 0,2-0,3 м/с. В реках обнаружены единичные личинки и куколки этого вида. В ручьях их плотность достигает в апреле, июне и сентябре перед окукливанием 80-130 шт./дм².

Численность *W. salopiensis* даже при высокой скорости течения (до 1,0 м/с) повсюду невысокая – от единичных особей до 20 шт./дм².

Наибольшая плотность личинок и куколок *W. mediterranea* характерна для малых рек и крупных ручьев. В притоках рек Грузской, Кальмиус, Миус, Нижняя Крынка, Кальчик плотность личинок и куколок этого вида составляет 180-250 шт./дм². Более высокая плотность водных фаз (до 800-900 шт./дм²) отмечается в ручьях, вытекающих из прудов. Нередко дно таких ручьев покрыто сплошным слоем личинок и куколок.

Большое практическое значение имеет протяженность **миграций** личинок мошек. По нашим наблюдениям, что не противоречит исследованиям других авторов [3-5], миграцию личинок вызывают любые резкие колебания факторов среды. Основными причинами миграции могут являться колебания уровня, скорости и мутности воды. В период весеннего половодья мигрируют личинки всех видов мошек. Оказалось, что личинки родов *Nevermannia*, *Eusimulium*, *Odagmia*, *Wilhelmia*, развивающихся в малых реках и ручьях, интенсивно мигрируют в период их обмеления или пересыхания. При этом личинки скапливаются на небольших перекатах, порогах в участках сужения русла, где отмечается наибольшая скорость течения. Нами отмечена дальность пассивных миграций личинок на расстояние 300-500 м от мест выплода, в период весеннего половодья – до 1 км. Что касается активных миграций личинок, которая происходит с помощью грудной «ноги» и паутиной нити, то их дальность не превышает нескольких метров от мест выплода.

Знание мест и характера **зимовки** мошек важно для прогноза их численности и организации мер борьбы с ними. Зимовка мошек в Приазовье может проходить в фазе личинки либо в фазе яйца и в фазе личинки. Большинство видов мошек в водотоках Приазовья зимует в фазе личинки, за исключением *W. balcanica* и *E. aureum*, которые могут зимовать как в фазе яйца, так и в фазе личинки в зависимости от погодных условий.

Погодные условия определяют сроки вылета и количество **генераций** у поливольтинных видов. В годы с ранней весной и теплым летом окукливание и вылет видов происходит на 1-3 недели раньше, чем в годы с холодной весной и холодным летом. Раньше других (с марта до начала мая) заканчивают развитие виды, зимующие в фазе личинки. С начала апреля до середины мая наблюдается окукливание и вылет этих видов. Окукливание и вылет видов, зимующих в фазе яйца, происходит в мае-июне (табл. 1).

Таблица 1

Количество генераций, сроки вылета и продолжительность лета мошек Приазовья

Виды	t воды, °С								Зимует
	3-9	9-15	16-21	19-23	21-26	18-22	12-18	7-12	
	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
<i>Wilhelmia mediterranea</i>	—		—						личинка
<i>Odagmia ornata</i>	—		—		—				личинка
<i>Wilhelmia salopiensis</i>	—		—		—				личинка
<i>Wilhelmia balcanica</i>	—		—		—				личинка
<i>Eusimulium aureum</i>		—		—		—			яйцо

N. angustitarsis в разные годы имеет 3-4 генерации. В годы с ранней весной и жарким засушливым летом отмечено три летних генерации и одна зимующая. В годы с поздней весной и холодным летом мы наблюдали развитие двух летних и одной зимней генерации. Зимующие личинки отрождаются в октябре-ноябре при температуре воды 5-9°C. Их плотность в местах отрождения достигает 700-900 шт./дм². В январе при температуре воды 0,5-2,0°C личинки достигают в длину 5-7 мм. В феврале-марте при температуре воды 2-4°C у них появляются зачатки дыхательных нитей. В апреле при температуре воды 6-10°C начинается окукливание личинок и вылет имаго. Заканчивается вылет этой генерации в конце апреля – начале мая при температуре воды 11-12°C. В начале мая отрождаются личинки первой летней генерации. В ручьях, где температура воды поднимается быстрее (17°C), чем в родниковых ручьях (12-14°C) и реках (15-17°C), развитие личинок этой генерации заканчивается на 7-10 дней раньше. В годы с ранней весной окукливание личинок и вылет имаго заканчивались уже в середине июня. В годы с поздней весной вылет генерации затягивался до конца июня, а в реках продолжался до первой декады июля. Температура воды в мае в ручьях 12-17°C, в июне – 16-19°C. При температуре воды 19-23°C в ручьях встречалась вторая летняя генерация, развитие которой заканчивалось в середине августа. В годы с поздней весной развитие второй летней генерации наблюдалось позднее – с июля до сентября при температуре воды 18-21°C. В годы с жарким летом с конца августа до октября в ручьях наблюдалось развитие третьей генерации (табл. 2).

Таблица 2

Особенности биологии мошек Приазовья

Виды мошек	<i>N. angustitarsis</i>	<i>N. latigonia</i>	<i>E. aureum</i>	<i>O. ornata</i>	<i>W. mediterranea</i>	<i>W. salopiensis</i>	<i>W. balcanica</i>
Индекс доминирования	Много-численный	Массовый	Мало-численный	Массовый	Массовый	Мало-численный	Много-численный
Индекс встречаемости	Распространенный	Распространенный	Распространенный	Широко распространенный	Широко распространенный	Распространенный	Редкий
Место обитания	Теплые реки и ручьи открытых пространств	Ручьи, малые и средние реки	Теплые ручьи и малые реки	Родниковые ручьи открытых пространств	Ручьи, малые и средние реки	Малые и средние реки	Ручьи, малые и средние реки
Скорость течения, м/с	0,2-0,4	0,2-0,3	0,2-0,5	0,4-1,0	0,3-0,6	1,0	0,5-1,0
Температура воды, °С	11-23	18-20	15-23	8-14	9-25	12-23	19-23
Степень бионтности	Эврибионт	Эврибионт	Эврибионт	Эврибионт	Эврибионт	Эврибионт	Эврибионт
Фаза зимовки	Личинка	Личинка	Яйцо или личинка	Личинка	Личинка	Личинка	Личинка или яйцо
Количество генераций	3-4	3-4	2-3	3-4	3-5	3	3
Кровососущая активность	Кровосос птиц, КРС, человека	Кровосос птиц, КРС, человека	Кровосос птиц	Кровосос КРС, человека	Кровосос птиц, КРС, человека	Кровосос КРС, человека	Кровосос КРС, человека

У вида *N. latigonia* в годы с ранней весной и жарким летом развивается 4 генерации, в годы с поздней весной, холодным летом – 3 генерации в году. Развитие всех генераций происходит в одни и те же сроки, что и *N. angustitarsis*. В отличие от *N. angustitarsis* наблюдается затягивание сроков развития каждой генерации на 1-2 недели, поэтому после вылета зимующей генерации *N. angustitarsis* в ручьях еще остаются личинки и куколки *N. latigonia*. То же наблюдается при развитии летних генераций (см. табл. 2).

У вида *E. aureum* в годы с теплой ранней весной развивается 3 генерации, в годы с поздней холодной весной – 2. В Приазовье, как правило, развивается три генерации. Личинки отрождаются в апреле при температуре воды около 9°C. Окукливание и вылет первой генерации начинается в мае при температуре воды около 15-17°C. Второе поколение развивается с начала июля до середины августа при температуре воды 19-23°C. В Приазовье с конца августа до октября развивается третья генерация при температуре воды 14-19°C (см. табл. 2).

O. ornata имеет 3-4 генерации. Зимуют личинки, которые отрождаются в октябре при температуре воды 8-14°C, на глубине 20 см и более, располагаясь с нижней стороны субстрата. В зимний период (декабрь-март) их развитие протекает при температуре воды 0,5-5,0°C. К январю личинки достигают средних возрастов. В марте у некоторых появляются дыхательные нити. Окукливание происходит в конце марта и длится до начала мая при температуре воды 7-12°C. В годы с ранней весной и жарким летом развивается 3 летние генерации, в годы с поздней весной – 2. В период смены генераций в водотоках часто одновременно встречаются яйца, личинки всех возрастов и куколки (см. табл. 2).

W. balcanica имеет 3 генерации в году. Зимуют личинки или яйца в зависимости от погодных условий. Они отрождаются в октябре-ноябре при температуре воды 5-9°C. Окукливание личинок и вылет имаго в водотоках Приазовья начинается в марте при температуре воды 9-16°C. Параллельно в апреле – начале мая наблюдается отрождение личинок первой летней генерации в малых реках и ручьях, где вид зимует в фазе личинки. Их окукливание и вылет имаго наблюдается в июне при температуре воды 19-23°C. Личинки второй летней генерации отрождаются в начале августа и их окукливание заканчивается в сентябре при температуре воды 18-22°C (см. табл. 2).

У вида *W. mediterranea* в зависимости от типа водотока и климатических особенностей года развивается от трех до пяти генераций в году. В малых реках и крупных ручьях развивается три, а в ручьях, вытекающих из прудов, не менее четырех-пяти генераций. Зимуют личинки. Их отрождение наблюдается в конце сентября – октябре и начале ноября при температуре воды 8-14°C. Дыхательные нити у личинок появляются в марте при температуре воды 6-9°C. Окукливание личинок начинается в марте. Вылет имаго растянут и отмечается с начала апреля до середины мая. В годы с ранней теплой весной развитие личинок зимующей генерации и вылет имаго заканчивается в начале мая при температуре воды 9-14°C. Личинки первой летней генерации отрождаются в начале мая при температуре воды 12-15°C. Их численность быстро возрастает и к третьей декаде мая достигает 250-300 шт./дм², а в истоках ручьев, вытекающих из прудов, 800-900 шт./дм². Окукливание и вылет имаго начинается в июне и продолжается в июле при температуре воды 16-22°C, а в ручьях, вытекающих из прудов – до 25-26°C. В конце июня – начале июля происходит отрождение личинок второй летней генерации. Окукливание личинок и вылет имаго длится с середины июля до середины августа. В августе отрождаются личинки третьей летней генерации. Развитие их продолжается до конца сентября – начала октября при температуре воды 17-21°C. Их окукливание и вылет имаго в Приазовье отмечается в начале ноября при температуре воды 9-12°C. В годы с поздней холодной весной при температуре воды в летние месяцы не более 17-19°C развивается 2 летних генерации (первая – с мая до июля, вторая – с конца июля до сентября). Для летних генераций характерна растянутость сроков отрождения личинок из яиц и, следовательно, разновременное их окукливание и вылет имаго в течение 2-3 недель. Поэтому в местах выплода этого вида нередко встречаются одновременно яйца,

личинки всех возрастов и куколки. Отдельные генерации перекрывают друг друга, что затрудняет четкость их разграничения. В ручьях, вытекающих из прудов, с июня по сентябрь постоянно встречаются личинки всех возрастов и куколки. По нашим наблюдениям, в этих ручьях развивается четыре летних генерации и одна зимующая с максимумом куколок в июле-августе. В Приазовье развитие личинок и куколок всех поколений завершается на 2-3 недели раньше, чем в более северных водотоках (см. табл. 2).

У *W. salopiensis* в году развивается 3 генерации. Отрождение зимующих личинок происходит в октябре и ноябре при температуре воды 3-9°C. Зачатки дыхательных нитей у личинок появляются в феврале-марте при температуре воды 0,5-3°C. Окукливание личинок и вылет имаго происходит с начала апреля до начала мая при температуре воды 8-15°C. В годы с холодной весной вылет затягивается до середины мая. С июня по август в водотоках встречаются личинки и куколки второй летней генерации при температуре воды 19-23°C. В годы с ранней весной и жарким летом возможно развитие трех генераций (см. табл. 2).

Все виды мошек Приазовья зарегистрированы как кровососы человека и домашних животных. Виды родов *Nevermannia* и *Eusimulium* большей частью были отловлены на домашней птице.

Мошки Приазовья являются эврибионтами, встречаются в водотоках различной степени загрязненности.

Выводы

В результате наших исследований на территории Приазовья обнаружено 7 видов мошек: *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *E. aureum*, *O. ornata*, *W. mediterranea*, *W. salopiensis*, *W. balcanica*.

В водотоках Приазовья преимагинальные фазы мошек заселяют реки и ручьи, со скоростью течения от 0,2 до 1,0 м/сек. Субстратом для преимагинальных фаз служат водная растительность, а также камни и любые предметы, попавшие в воду. Плотность личинок и куколок в местах обитания варьирует от 30-40 до 700-900 шт./дм².

Нами отмечена дальность пассивных миграций личинок на расстояние 300-500 м от мест выплода, в период весеннего половодья – до 1 км. Дальность активных миграций не превышает нескольких метров от мест выплода.

Большинство видов мошек в водотоках Приазовья зимует в фазе личинки, за исключением *W. balcanica* и *E. aureum*, которые могут зимовать как в фазе яйца, так и в фазе личинки в зависимости от погодных условий.

Мошки Приазовья имеют от трех до пяти генераций в году. Лет мошек на территории Приазовья продолжается с марта по ноябрь.

Все вышеуказанные виды мошек зарегистрированы как кровососы человека и домашних животных.

Список литературы

1. Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д. Фауна и биология мошек (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* Enderlein, 1921 юго-востока Украины // Проблемы экологии и охраны техногенного региона. 2013. № 1 (13). С. 134–163.

2. Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д., Гринь В. И. Мошки (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* Enderlein, 1921 юго-востока Украины // Проблемы экологии и охраны техногенного региона. 2012. № 1 (12). С. 154–168.

3. Рубцов И. А. Мошки (сем. Simuliidae). Фауна СССР. Двукрылые насекомые. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 6, вып. 6. 860 с.

4. Симоненко В. Д. Физико-географическое районирование Донбасса для целей сельского хозяйства (в границах Ворошиловградской и Донецкой областей Украинской ССР): справ. Донецк: Донбас, 1972. 156 с.

5. Сухомлін К. Б. Мошки підродина Simuliinae мішаних лісів Європи (фауна, морфологія, філогенія, систематика, екологічні особливості) : автореф. дис. ... докт. біол. наук. К., 2013. 40 с.

6. Усова З. В. Фауна мошек Карелии и Мурманской области. М., Л. : Изд-во АН СССР, 1961. 267 с.

7. Янковский А. В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий бывшего СССР. СПб. : Изд-во РАН, 2002. 570 с.

Reva M. V., Semuschin R. D. Black-flies (Diptera, Simuliidae) of the Asov region. – The dates on the species composition and biology of species of the black-flies in the Asov region are present.

Key words: black-flies, fauna, biology.

© А. Е. Рязанцева

ФЕНОЛОГИЯ И СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ НАПАДЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ РОДА *CULEX* (DIPTERA, CULICIDAE) В УСЛОВИЯХ Г. ДОНЕЦКА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: kf.zoo@donnu.ru

Рязанцева А. Е. **Фенология и сезонная активность нападения кровососущих комаров рода *Culex* (Diptera, Culicidae) в условиях г. Донецка.** – Рассмотрены особенности фенологии и сезонной активности нападения кровососущих комаров р. *Culex* в условиях г. Донецка. На исследуемой территории обитают следующие виды кровососущих комаров р. *Culex*: *C. modestus*, *C. territans*, *C. theileri*, *C. torrentium*, *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*. Массовыми видами являются *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*. Сезонная активность нападения комаров р. *Culex* характеризуется двумя пиками: первый – в третьей декаде июня, второй – во второй декаде августа. Развитие преимагинальных фаз происходит с апреля по октябрь, в течение этого периода массовые виды дают 6 генераций.

Ключевые слова: комары, *Culex*, фенология, сезонная активность, г. Донецк.

Введение

Донецк – крупный промышленный центр, расположенный в степной зоне. На территории города насчитывается 109 водоёмов, в которых происходит развитие и выплод преимагинальных фаз кровососущих комаров. Водоёмы представлены заболоченными берегами рек Кальмиус, Бахмутка, Грузская; городскими прудами и биологическими прудами очистных сооружений, заболоченностями в балках, которые образовались в результате сброса сточных вод промышленными предприятиями.

Особое значение имеют водоёмы, относящиеся к подземным искусственным. Такими водоёмами являются подтопленные подвалы жилых домов, административных зданий, канализационные люки, магистральные трубы парового отопления. Подтопление подвалов жилых домов происходит в результате утечки воды из неисправных водопроводной и канализационной систем, а также вследствие поднятия грунтовых вод. В таких водоёмах выплод преимагинальных фаз *Culex pipiens molestus* Forsk. может происходить круглогодично.

Среди кровососущих комаров, обитающих на урбанизированных территориях, большое научное и практическое значение имеют комары рода *Culex*. Они зарегистрированы переносчиками многих возбудителей заболеваний человека и животных, в том числе энцефалитов (западного конского – в США и Южной Америке), лихорадки долины Рифт – в Африке, западнонильской лихорадки – в Африке, в Европе (Чехия, Румыния), в России (Волгоградская область, 1999 г.), в США. Установлена роль кровососущих комаров рода *Culex* в передаче возбудителей дирофиляриоза, лимфоцитарного хориоменингита, боррелиоза, туляремии, сибирской язвы [1, 5].

В последние годы в г. Донецке и области ежегодно регистрируются случаи заболевания дирофиляриозом. Это подчеркивает актуальность наших исследований.

Материал и методы исследования

Материалом послужили сборы имаго и преимагинальных фаз кровососущих комаров рода *Culex* на территории г. Донецка в 1990-2017 гг. Сбор материала и камеральная обработка проводились по общепринятой методике А. В. Гуцевича, А. С. Мончадского, А. А. Штакельберга [2].

Для наблюдения за фенологией преимагинальных фаз были определены контрольные водоёмы на заболоченных берегах р. Кальмиус и различные искусственные водоёмы. Водоёмы контролировались каждые 4-5 дней.

Изучение сезонной активности проводилось на заранее выбранных площадках в различных районах города. Учёт проводился один раз в декаду в одни и те же часы (18.00,

19.00, 20.00). При этом измерялась температура воздуха (психрометром Ассмана), освещение (люксметром с селеновым фотоэлементом), скорость ветра (анемометр Фюсса).

Взрослых комаров отлавливали с человека и животных пробиркой-морилкой с пятиминутной экспозицией и собирали с помощью энтомологического сачка. Кроме стационарных наблюдений проводили маршрутные исследования во всех районах города.

Результаты и обсуждение

На исследуемой территории обитают 5 видов (с двумя подвидами) кровососущих комаров рода *Culex*: *C. modestus* Fic., *C. territans* Walc., *C. theileri* Theob., *C. torrentium* Mart., *C. pipiens pipiens* L., *C. pipiens molestus* Forsk. Экология комаров рода *Culex* резко отличается от экологии комаров рода *Aedes*. Местами выхлода являются постоянные или длительно существующие естественные и искусственные водоёмы. Вылупление личинок из яиц одной кладки происходит более или менее одновременно, в разгар лета – через 1-2 дня, покоящихся яиц не бывает [4]. В летние месяцы при повышении температуры воды сроки развития личинок и куколок рода *Culex* сокращаются до 13-14 дней.

C. modestus – личинки первой генерации появляются во второй декаде мая. Взрослые появляются в третьей декаде июня и встречаются до третьей декады сентября. Личинки и куколки предпочитают водоёмы с зелёной растительностью, хорошо освещённые солнцем. Дневки взрослых комаров происходят в основном в густой растительности. На исследуемой территории вид обитает в искусственных водоёмах частного сектора. Зарегистрировано две генерации. Во второй декаде сентября самки уходят на зимовку. Обычный вид, нападающий для кровососания на людей и домашних животных.

C. territans – личинки первой генерации появляются в первой декаде июня. Они предпочитают небольшие, непересыхающие в течение лета водоёмы, которые богаты зелёной растительностью и хорошо освещены солнцем. В парковых зонах преимагинальные фазы встречаются родниковых водоёмах, совместно с личинками *Anopheles maculipennis* Meig., *A. cinereus* Mg. На исследуемой территории – 2 генерации. Редкий вид, не нападающий на людей. Самки питаются кровью рептилий и амфибий [2].

C. theileri – преимагинальные фазы предпочитают различные заросшие растительностью стоячие водоёмы, заболоченности в балках. Обычно водоёмы сильно загрязнены. Первые личинки отмечены в первой декаде апреля. За теплый сезон – три генерации. Взрослые особи активны до конца октября. Зимует имаго. Злостный кровосос.

C. torrentium – первые личинки появляются в середине апреля. Биотопы преимагинальных фаз общие с *C. pipiens pipiens*. Они обитают вдоль заболоченных берегов рек, прудов, в колеях дорог, различных искусственных водоёмах частного сектора. Это виды-двойники [1]. Личинки встречаются с первой декады апреля по октябрь. Зарегистрировано за сезон 6 генераций. Начало кровососания самок приходится на вторую декаду мая. Активность продолжается до начала октября – нападают единичные особи. Зимуют самки.

C. pipiens pipiens – вылет с зимовок происходит в конце третьей декады марта. Личинки первой генерации регистрируются в конце второй – в начале третьей декады апреля при температуре воды 13-15°C. Имаго появляются в конце третьей декады мая, в первой декаде июня. Развитие первой генерации длится в среднем 25 дней. Оптимальная температура воды для развития преимагинальных фаз – 17-19°C. При дальнейшем повышении температуры сроки развития сокращаются до 15 дней. В начале сезона численность водных фаз нарастает медленно. Увеличение численности отмечается во второй декаде июня. За теплый период в условиях промышленного города развивается 6 генераций за сезон. Незначительное количество личинок и куколок регистрируются в первой декаде ноября. Эти данные совпадают с ранее проведенными исследованиями [3]. На продолжительность развития преимагинальных фаз большое влияние оказывает температурный режим, условия питания личинок, химический состав воды. Массовый вид, злостный кровосос.

C. pipiens molestus – облигатный синантроп. Автогенная форма, симпатричная с *C. pipiens pipiens*. Личинки и куколки встречаются в различных искусственных скоплениях воды – в подвалах, на чердаках жилых зданий и промышленных предприятий в течение всего года, а также в пожарных бочках, вагонетках. Преимагинальные фазы способны развиваться в очень загрязненной воде и в полной темноте. В природных открытых водоёмах первые личинки появляются в первой декаде апреля и регистрируются до начала ноября. В закрытых микроводоёмах выплод происходит круглогодично. Самки нападают на человека. Они не способны к диапаузе – зимуют вблизи человека, нападая на него в дневные и ночные часы. Копулируют в узком пространстве, без роения. Откладка яиц происходит в течение всего года. Активный кровосос в условиях города. Массовый вид. Оптимум развития личинок отмечается при температуре 20-25°C, более низкие температуры (10-15°C) замедляют развитие. Вследствие длительного тёплого периода развитие преимагинальных фаз кровососущих комаров рода *Culex* длится с первой декады апреля до конца октября. Выплод массовых видов происходит в многочисленных временных и постоянных водоёмах. Личинки первой генерации появляются в конце второй, начале третьей декады апреля. Более теплолюбивые виды появляются в мае при температуре 13°C. Комары первой генерации развиваются в среднем 25 дней. За тепловой период массовые виды (*C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*, *C. torrentium*) способны осуществлять 6 генераций. *C. pipiens molestus* способен развиваться круглогодично в микроводоёмах, в подвалах и на чердаках.

Сезонная активность нападения кровососущих комаров рода *Culex* характеризуется двумя пиками. Первый пик приходится на конец июня – за пятиминутный учет нападает до 30 особей комаров. Затем численность снижается (первая и вторая декада июня). Вторым пик активности нападения отмечается во второй и третьей декаде августа – за пятиминутный учёт было собрано 60 особей. С первой декады сентября наблюдается постепенное снижение активности нападения и в октябре – ноябре нападают единичные особи.

Из абиотических факторов на активность нападения комаров рода *Culex* значительное влияние оказывала скорость ветра. При скорости ветра 1,5 м/сек. количество нападающих особей снижается, а при скорости 3 м/сек. нападают единичные особи. Влажность воздуха и температура особого влияния не оказывают. При температуре воздуха в августе до 30°C активность комаров снижается. Сезонная активность нападения кровососущих комаров рода *Culex* представлена на рис. 1.

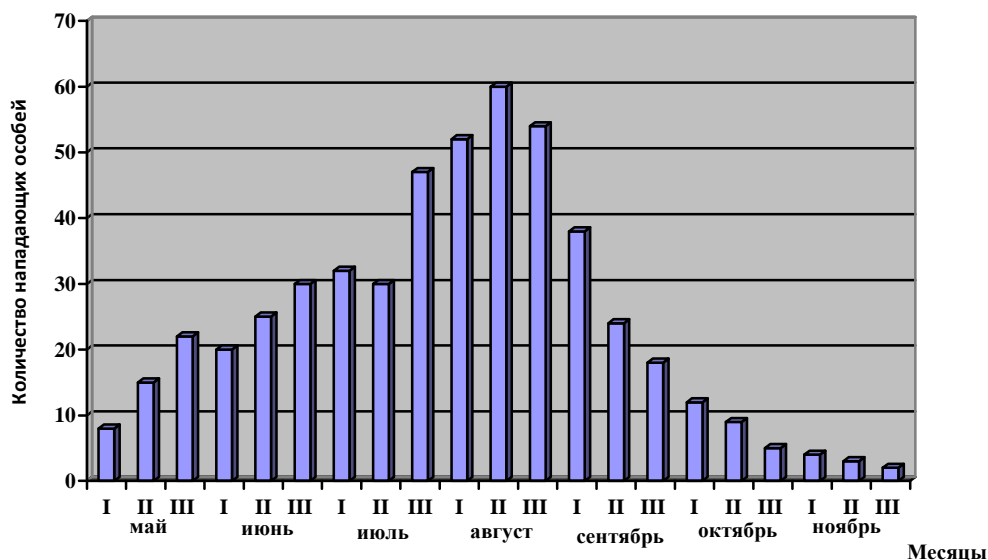


Рис. 1. Сезонная активность нападения кровососущих комаров рода *Culex* в условиях г. Донецка

По численности преобладающими видами были *C. pipiens molestus* – 35%, *C. pipiens pipiens* – 31%, *C. torrentium* – 14%, *C. modestus* – 12% (*C. theileri* – 6%, *C. territans* – 2%) (рис. 2).

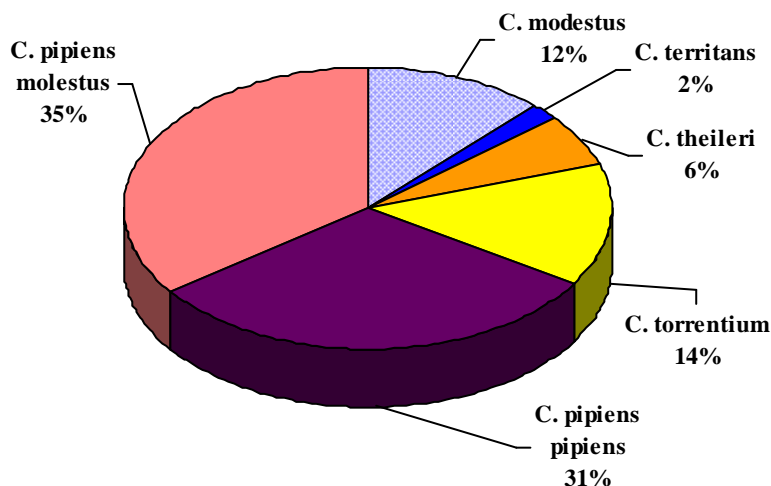


Рис. 2. Среднесезонный показатель численности комаров рода *Culex*

Следует отметить, что в августе численность нападающих комаров удерживается за счёт комаров рода *Culex*. Комары родов *Anopheles*, *Aedes*, *Culiseta* практически исчезают.

Знание сроков фенологии и сезонной активности нападения кровососущих комаров рода *Culex* необходимы при разработке интегрированных методов борьбы с комарами.

Выводы

На исследуемой территории обитают следующие виды кровососущих комаров рода *Culex*: *C. modestus*, *C. territans*, *C. theileri*, *C. torrentium*, *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*.

Массовыми видами являются *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*.

Сезонная активность нападения комаров рода *Culex* характеризуется двумя пиками: первый – в третьей декаде июня, второй – во второй декаде августа.

Развитие преимагинальных фаз происходит с апреля по октябрь, в течение этого периода массовые виды дают 6 генераций.

Список литературы

1. Виноградова Е. Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России (таксономия, распространение, экология, физиология, генетика, практическое значение и контроль). СПб. : ЗИН РАН, 1997. 307 с.
2. Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Т. III. Комары (семейство Culicidae). Л. : Наука, 1970. 384 с.
3. Рязанцева А. Е. Фенология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) в условиях Донецкой области // Вестн. зоол. 1977. № 5. С. 82–85.
4. Тарасов В. В. Экология кровососущих насекомых и клещей. М. : Изд-во МГУ, 1988. 264 с.
5. Фёдорова М. В., Лопатина Ю. В., Хуторецкая Н. В. Изучение фауны кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) в г. Волгограде в связи со вспышкой лихорадки Западного Нила в Волгоградской области // Паразитология. 2004. Т. 38, № 3. С. 209–218.

Ryazantseva A. E. Phenology and seasonal activity of the attack of blood-sucking mosquitoes of the genus *Culex* (Diptera, Culicidae) in the conditions of the city of Donetsk. – The peculiarities of phenology and seasonal activity of the attack of mosquitoes *Culex* in the conditions of Donetsk. The following species of mosquitoes of the *Culex*: *C. modestus*, *C. territories*, *C. theileri*, *C. torrentium*, *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*. Mass species are *C. pipiens pipiens*, *C. pipiens molestus*. Seasonal activity of mosquito attacks *Culex* is characterized by two peaks: the first – in the third decade of June, the second – in the second decade of August. The development of preimaginal phases occurs from April to October; during this period, mass species give 6 generations.

Key words: mosquitoes, *Culex*, phenology, seasonal activity, Donetsk.

УДК 595.423 : 574.34

© А. Д. Штирц, Ю. Е. Колосова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ ОКРЕСТНОСТЕЙ ЕНАКИЕВСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eco-1999@mail.ru

Штирц А. Д., Колосова Ю. Е. Экологическая структура населения панцирных клещей окрестностей Енакиевского металлургического завода. – Установлен видовой состав и проанализированы основные экологические характеристики сообществ панцирных клещей (видовое богатство, средняя плотность населения, экологическое разнообразие, структура доминирования и соотношение жизненных форм) в окрестностях Енакиевского металлургического завода в весенний и осенний периоды. Проведена оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ орибатид.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, экологическая структура, сообщества, Енакиевский металлургический завод.

Введение

Данная работа продолжает серию исследований, посвященных изучению экологической структуры сообществ панцирных клещей техногенных ландшафтов на примере окрестностей промплощадки Енакиевского металлургического завода (ЕМЗ).

Енакиевский металлургический завод – градообразующее предприятие г. Енакиево, металлургическое предприятие полного цикла. Завод выпускает чугун, сталь, прокат и другую продукцию. За мониторинг состояния окружающей среды, снижение вредного воздействия на нее на предприятии отвечает отдел охраны окружающей среды. В течение последних лет предприятие успешно проводит программу технического перевооружения, в которой учитываются европейские стандарты экологической безопасности. Поиск решения экологических проблем осуществляется в двух направлениях: технологическое, связанное с поиском и реализацией ресурсо-энергосберегающих и малоотходных технологий; экономические решения природозащитных устройств и технологий, улавливающих и обезвреживающих вредные выбросы в атмосферу, сбросы в водоемы, производственные и бытовые отходы [2].

Цель нашего исследования – оценка состояния окружающей среды и влияния на нее деятельности предприятия с помощью методов биоиндикации – анализа экологической структуры сообществ панцирных клещей в окрестностях ЕМЗ.

В задачи исследования входило: установление видового состава панцирных клещей в окрестностях ЕМЗ, прилегающих по четырем основным направлениям к промплощадке; анализ основных экологических характеристик населения панцирных клещей (численности и средней плотности, видового богатства и экологического разнообразия, структуры доминирования и соотношения жизненных форм); оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей.

Материал и методика исследования

В апреле и сентябре 2018 г. было проведено исследование видового состава и экологической структуры сообществ панцирных клещей в окрестностях ЕМЗ, прилегающих по четырем основным направлениям к промплощадке: 1) Восток – лесопосадка, 300 м от ЕМЗ; 2) Запад – аллея возле проходной ЕМЗ, центр г. Енакиево, 50 м от ЕМЗ; 3) Север – частный сектор, пустырь, 400 м от ЕМЗ; 4) Юг – железнодорожное полотно, соприкосновение с Енакиевским коксохимическим заводом, 100 м от ЕМЗ.

Всего было собрано 80 стандартных почвенных проб объемом 250 см³, из которых было извлечено 1407 экз. имаго орибатид: в апреле из 40 проб – 962 экз., относящихся к 38 видам, в сентябре из 40 проб – 445 экз., относящихся к 22 видам.

Отбор почвенных проб и выгонка клещей в термоэлектрорах Тульгрена проводились по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [1]. Разбор почвенных проб осуществлялся под биноклем Olympus SZ51. Видовая принадлежность панцирных клещей устанавливалась при микроскопировании с помощью микроскопа Zeiss Primo Star (Германия). Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей исследуемых биотопов использованы индексы Шеннона, Пиелу, Маргалефа, Менхиника, Симпсона и Бергера-Паркера [4]. Для анализа структуры доминирования сообществ использовались градации доминирования по шкале Г. Энгельманна [20] для микроартропод, где: E – эудоминант (>40,0%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецедент (1,3–3,9%), SR – субрецедент (<1,3%). Анализ распределения жизненных форм проведен в соответствии с работами Д. А. Криволицкого [3, 5]. Кластерный анализ для построения диаграмм сходства проведен с использованием программы Statistica 8.0. При этом в качестве меры расстояния использовалась Евклидова дистанция, метод объединения кластеров – Варда (Ward). Оценка состояния окружающей среды с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей проведена в соответствии с методикой А. Д. Штирца [6]. Все расчеты проведены в MS Excel.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенного исследования видового состава, численности, средней плотности населения панцирных клещей в окр. ЕМЗ в весенний период приведены в табл. 1.

Таблица 1

Видовой состав, численность, средняя плотность населения и жизненные формы панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.)

Вид	Участки				
	Восток	Запад	Север	Юг	ЖФ
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudemans, 1917)	4	–	–	–	НФ (п)
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Sergienko, 1991	1	–	–	–	НФ (п)
<i>Brachychthonius</i> sp. (Berlese, 1910)	–	–	5	1	НФ (п)
<i>Acrotritia ardua affinis</i> Sergienko, 1989	14	1	4	4	ОТП
<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berl., 1904)	2	4	–	4	ГФ
<i>Gymnodamaeus bicostatus</i> (C. L. Koch, 1835)	3	–	–	1	ОПП
<i>Belba dubinini</i> (Bulanova-Zachvatkina, 1962)	3	–	–	–	ОПП
<i>Metabelba</i> sp.	3	1	1	–	ОПП
<i>Fosseremeus laciniatus</i> (Berlese, 1905)	31	–	2	–	ОМПС
<i>Microzetorchestes emeryi</i> (Coggi, 1898)	4	–	–	–	ОПП
<i>Xenillus</i> sp. (Robineau-Desvoidy, 1839)	1	–	–	–	ОПП
<i>Carabodes</i> sp. (C. L. Koch, 1835)	1	–	–	–	ОПП
<i>Tectocephus minor</i> (Berlese, 1903)	0	–	12	–	НФ (в)
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	2	2	2	–	НФ (в)
<i>Anomaloppia chitinofincta</i> (Kulijew, 1962)	3	–	–	5	ОМПС
<i>Lauropia neerlandica</i> (Oudemans, 1900)	6	5	31	–	ОМПС
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli, 1908)	23	–	3	–	ОМПС
<i>Microppia minus</i> (Paoli, 1908)	–	–	90	50	ГФ
<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič, 1955)	151	1	–	–	ОМПС
<i>Oppia krivolutskyi</i> (Kulijew, 1966)	3	27	–	–	ГФ
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo, 1965)	19	2	99	7	ОМПС
<i>Subiasella quadrimaculata</i> (Evans, 1952)	–	–	9	–	ГФ
<i>Suctobelbella perpendiculata</i> (Forsslund, 1958)	6	–	–	–	ОМПС
<i>Suctobelbella</i> sp.	5	10	3	–	ОМПС
<i>Passalozetes intermedius</i> (Mihelčič, 1954)	–	–	16	–	НФ (в)

Вид	Участки				
	Восток	Запад	Север	Юг	ЖФ
<i>Peloribatus longipilosus</i> (Csiszar, 1962)	24	–	–	–	НФ (в)
<i>Zygoribatula terricola ucrainica</i> (Iord., 1990)	2	29	40	3	НФ (в)
<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	11	8	12	3	НФ (в)
<i>Hemileius humeralis</i> Perez-Inigo, 1990	–	–	–	1	НФ (в)
<i>Schelorbates laevigatus</i> (C. L. Koch, 1835)	1	–	–	1	НФ (в)
<i>Ceratozetes cf. minutissimus</i> (Willmann, 1951)	4	5	2	–	НФ (в)
<i>Punctoribates liber</i> Pavlitshenko, 1991	29	–	–	–	НФ (в)
<i>Punctoribates</i> sp. (Berlese, 1908)	1	–	–	–	НФ (в)
<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster, 1958)	1	–	–	–	НФ (в)
<i>Galumna dimorpha</i> Krivolutzkaja, 1952	40	–	26	–	ОПП
<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans, 1900)	18	–	–	–	ОПП
<i>Galumna</i> sp.	–	–	–	1	ОПП
<i>Pillogalumna allifera</i> (Oudemans, 1915)	–	2	6	5	ОПП
Численность, экз. в 10 пробах	416	97	363	86	
Количество видов	30	14	19	13	
Средняя плотность, экз./м ²	16640	3880	14520	3440	

Примечание. Жизненные формы орибатид: ОПП – обитатели поверхности почвы, ОПП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, ГФ – глубокопочвенные формы, НФ (п) – первично неспециализированные формы, НФ (в) – вторично неспециализированные формы

Анализ показателей средней плотности и видового богатства сообществ панцирных клещей в окр. ЕМЗ показал, что плотность населения орибатид в апреле на восточной окраине промплощадки ЕМЗ была самой высокой среди исследуемых биотопов (16640 экз./м²). Немного меньше этот показатель был на северной окраине – 14520 экз./м². Самые низкие показатели средней плотности населения отмечены западной и южной окраинах промплощадки ЕМЗ – 3880 и 3440 экз./м² соответственно.

Та же ситуация наблюдается и при анализе видового богатства. Максимальные значения этого показателя отмечены на восточной и северной окраинах ЕМЗ (30 и 19 видов), минимальные – на западной и южной (14 и 13 видов соответственно) (рис. 1).

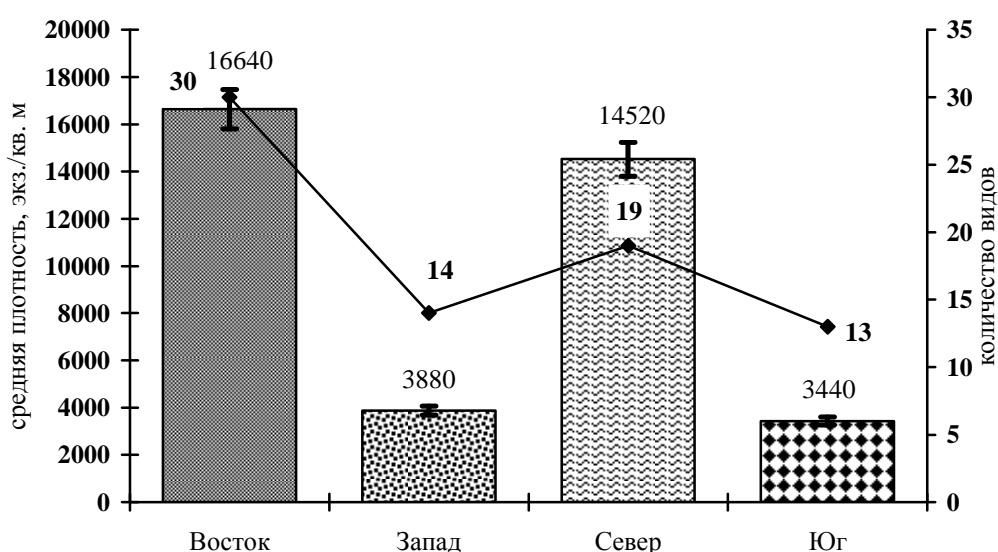


Рис. 1. Средняя плотность населения и видовое богатство панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.)

Максимальные показатели большинства индексов экологического разнообразия (табл. 2) зарегистрированы на восточной окраине промплощадки ЕМЗ. Здесь отмечены высокие показатели индексов Шеннона, Симпсона, Маргалефа и Менхиника. Максимальный показатель индекса Пиелу отмечен на западной окраине. Большинство минимальных значений зафиксированы на южной окраине. Следует отметить, что значения наиболее информативного индекса Шеннона превышают 2,0 нат на северной и восточной окраинах ЕМЗ, что свидетельствует о достаточно высоком экологическом разнообразии исследуемых сообществ орибатид. На западной и южной окраинах данный показатель был меньше 2,0 нат, но не катастрофически низким, что также может свидетельствовать об удовлетворительном экологическом разнообразии сообществ панцирных клещей.

Таблица 2

Индексы экологического разнообразия сообществ панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.)

Индексы экологического разнообразия	Участки			
	Восток	Запад	Север	Юг
Индекс Шеннона	2,43	1,97	2,15	1,63
Индекс Пиелу	0,72	0,75	0,73	0,63
Индекс Симпсона	6,14	5,42	6,11	2,85
Индекс Маргалефа	4,81	2,84	3,05	2,67
Индекс Менхиника	1,47	1,42	1,00	1,40
Индекс Бергера-Паркера	2,75	3,34	3,66	1,72

Анализ структуры доминирования панцирных клещей на восточной окраине ЕМЗ (рис. 2) показал, что эудоминанты здесь отсутствуют. На долю доминанта *M. glabra* приходится 36,3%. Около половины численности всего населения составляет группа субдоминантов (7 видов, 44,2%). В сообществе присутствуют рецеденты (4 вида, 8,9%) и субрецеденты (18 видов, 10,3%).

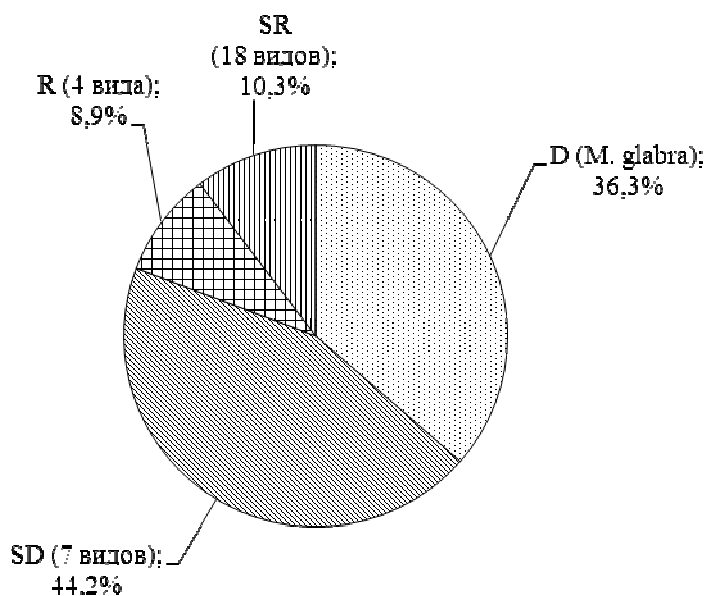


Рис. 2. Структура доминирования панцирных клещей восточной окраины ЕМЗ (апрель 2018 г.)

На западной окраине эудоминанты также отсутствуют, доминируют виды *Z. terricola ucrainica* (29,9%) и *O. krivolutskyi* (27,9%). Треть населения биотопа составляют субдоминанты (5 видов, 32,9%). К рецедентам относятся 3 вида (6,2%), к субрецедентам – 3 вида (3,1%) (рис. 3).

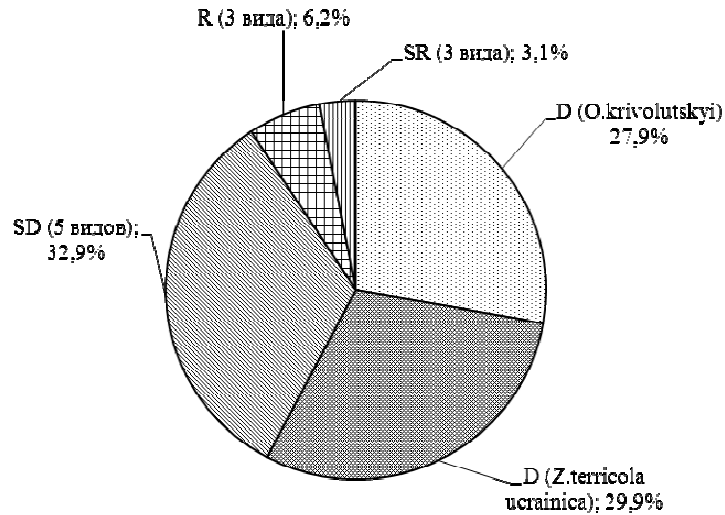


Рис. 3. Структура доминирования панцирных клещей западной окраины ЕМЗ (апрель 2018 г.)

Анализ структуры доминирования северной окраины показал (рис. 4), что более половины всего населения по численности приходится на два доминирующих вида – *R. mihelcici* (27,3%) и *M. minus* (24,8%). Эудоминанты здесь также отсутствуют. Треть всего населения составляет группа субдоминантов (4 вида, 31,2%). В сообществе присутствуют рецеденты (5 видов, 12,1%) и субрецеденты (7 видов, 4,7%).

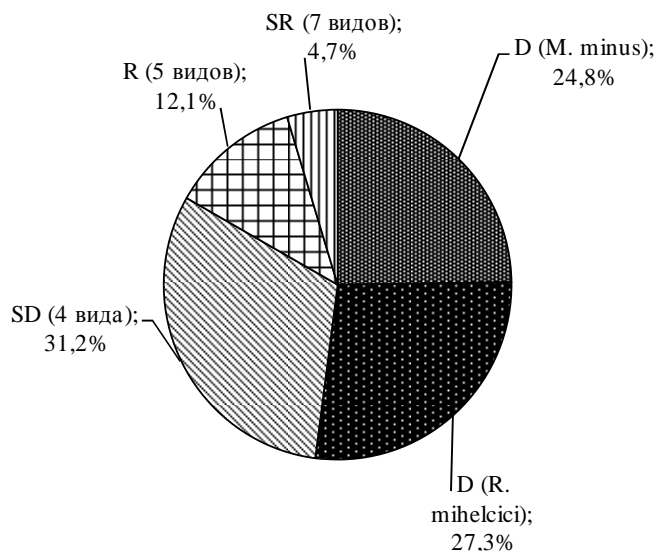


Рис. 4. Структура доминирования панцирных клещей северной окраины ЕМЗ (апрель 2018 г.)

Структура доминирования орибатид южной окраины (рис. 5) существенно отличается от таковой предыдущих участков. Здесь более половины всего населения приходится на эудоминантный вид *M. minus* (58,1%). Если на предыдущих участках присутствовали 1–2 доминанта и были представлены рецеденты и субрецеденты, то на южной окраине промплощадки ЕМЗ доминанты отсутствуют. Субдоминанты (5 видов) составляют четверть (25,1%) от всего населения биотопа. На долю рецедентов (2 вида) и субрецедентов (5 видов) приходится 6,7 и 5,8% соответственно.

Таким образом, среди исследуемых участков только южная окраина промплощадки ЕМЗ характеризуется сильным нарушением структуры доминирования орибатид.

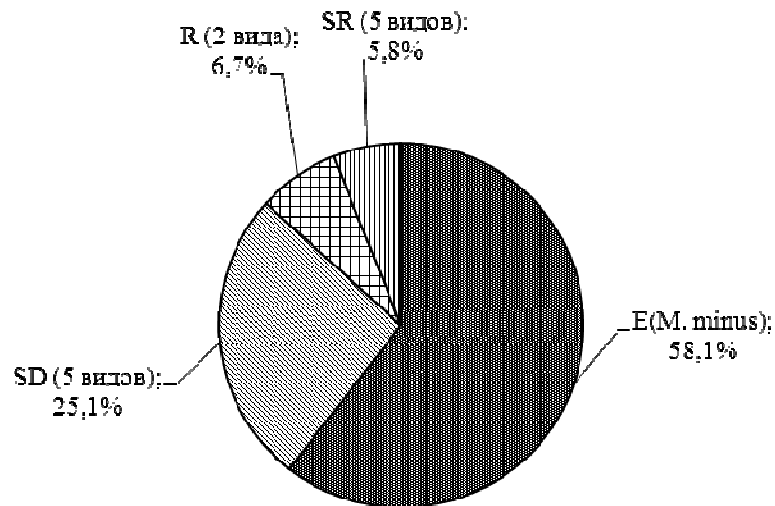


Рис. 5. Структура доминирования панцирных клещей южной окраины ЕМЗ (апрель 2018 г.)

В исследуемых биотопах обнаружены представители всех шести основных жизненных форм орибатид (рис. 6). Все шесть адаптивных типов отмечены на восточной, северной и южной окраинах промплощадки ЕМЗ, однако характер их распределения крайне неравномерный: 58,6 и 38,1% населения занимают обитатели мелких почвенных скважин (соответственно на восточной и северной окраинах), а на западной окраине 45,4% всего населения составляют вторично неспециализированные формы.

На восточной окраине достаточно высока доля обитателей поверхности почвы (17,5%) и вторично неспециализированных форм (18,0%). Обитатели толщи подстилки, глубокопочвенные и первично неспециализированные формы представлены незначительно.

На западной окраине распределение адаптивных типов орибатид более равномерно. Преобладают представители двух жизненных форм – глубокопочвенные и вторично неспециализированные формы (32,0 и 45,4%). Несколько меньший вклад вносят обитатели мелких почвенных скважин (18,5%). Обитатели поверхности почвы и толщи подстилки представлены незначительно, первично неспециализированные формы отсутствуют.

На северной окраине преобладают обитатели мелких почвенных скважин (38,1%). Характер распределения жизненных форм достаточно выровненный. Достаточно высока доля глубокопочвенных (27,3%) и вторично неспециализированных форм (23,2%). Обитатели толщи подстилки и первично неспециализированные формы представлены незначительно.

На южной окраине обитатели поверхности почвы и вторично неспециализированные формы составляют соответственно 8,1 и 9,3%. Глубокопочвенные формы доминируют на южной окраине – 62,8%. Первично неспециализированные формы не вносят существенного вклада в общий характер распределения жизненных форм орибатид на всех участках.

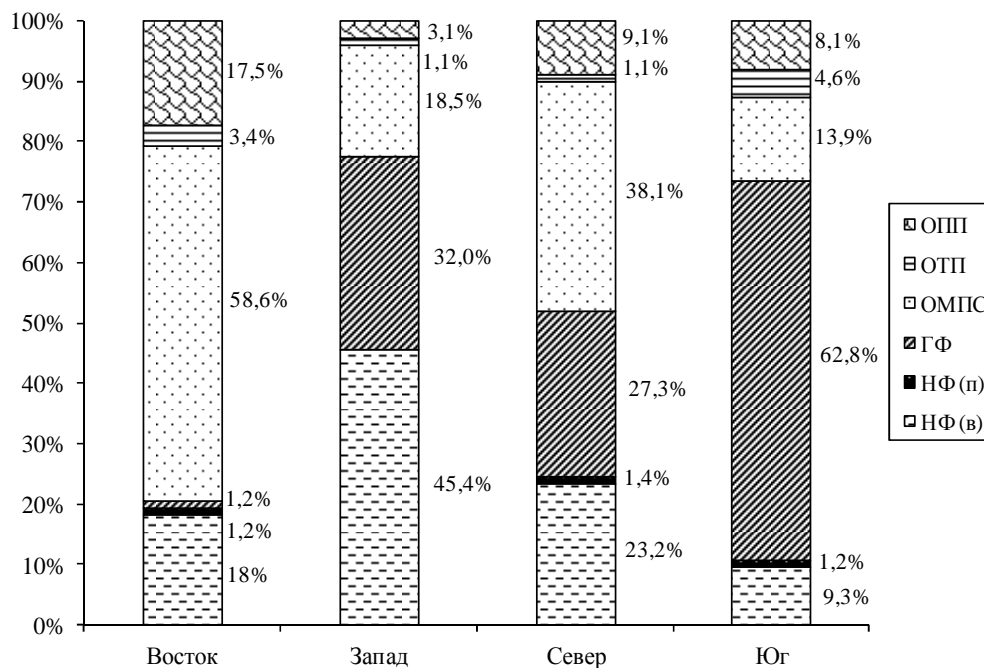


Рис. 6. Соотношение жизненных форм панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.):

ОПП – обитатели поверхности почвы, ОТП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, ГФ – глубокопочвенные формы, НФ (п) – первично неспециализированные формы, НФ (в) – вторично неспециализированные формы

Таким образом, соотношение основных жизненных форм орибатид более выровнено на западной и северной окраинах ЕМЗ. На восточной окраине отмечено явное доминирование обитателей мелких почвенных скважин, на южной – глубокопочвенных форм.

Кластерный анализ исследуемых сообществ показал (рис. 7) максимальную степень сходства населения панцирных клещей между западной и южной окраинами промплощадки ЕМЗ и значительное отличие сообщества орибатид восточной окраины по видовому богатству, численности и выровненности населения.

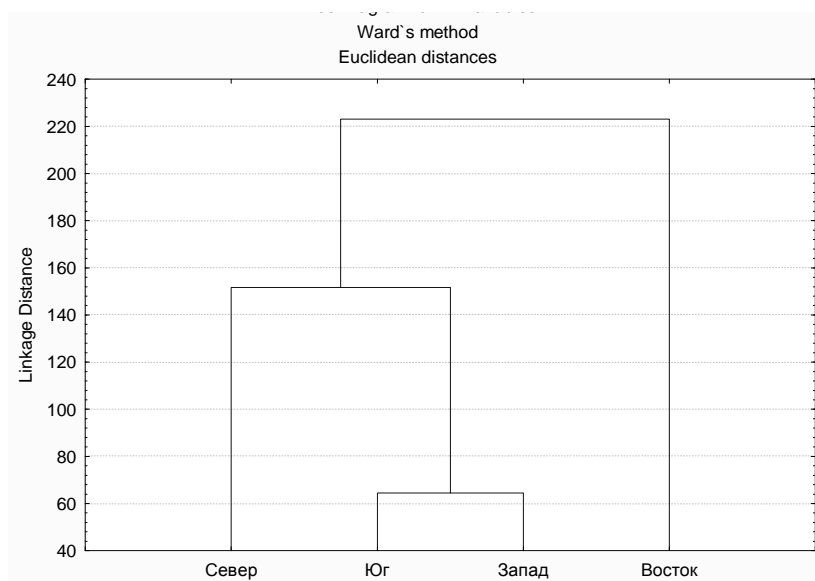


Рис. 7. Дендрограмма сходства сообществ панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.)

Анализируя интегральный показатель сообществ панцирных клещей окрестностей промплощадки ЕМЗ (рис. 8), следует отметить, что экологическое состояние окружающей среды восточной окраины характеризуется как *условно нормальное* (I уровень, 21 балл). Северная окраина отличается *незначительными отклонениями от нормы* (II уровень, 19 баллов). На западной и южной окраинах ЕМЗ отмечен *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень, 15 и 13 баллов).

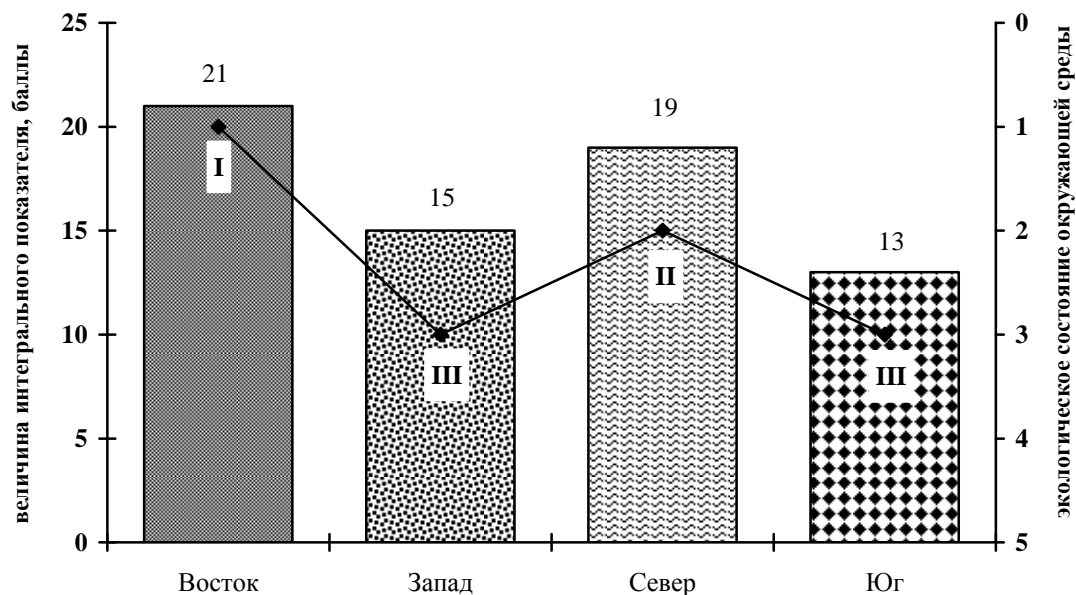


Рис. 8. Экологическое состояние окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (апрель 2018 г.)

Таким образом, анализ видового богатства и экологической структуры сообществ панцирных клещей в окрестностях промплощадки ЕМЗ продемонстрировал, что население орибатид исследуемых территорий в весенний период имеет достаточно высокие показатели средней плотности населения (в среднем 9620 экз./м²). Максимум этот показатель достигает на восточной и северной окраинах, минимума – на западной и южной. Структура доминирования орибатид исследуемых биотопов характеризуется наличием 1–2 доминантов в сообществах, группы субдоминантов (4–7 видов), занимающих от 25 до 44%, групп редких видов – от 9 до 19% от всего населения. Эудоминант (*M. minus*, 58,1%) присутствует только в одном сообществе из четырех.

В исследуемых биотопах отмечены представители всех шести основных жизненных форм орибатид. Восточная, северная и южная окраины характеризуются присутствием всех адаптивных типов. На западной окраине не обнаружены первично неспециализированные формы. В сообществе орибатид северной окраины отмечено более равномерное распределение жизненных форм. Доминирование группы обитателей мелких почвенных скважин отмечено на восточной и северной окраинах, вторично неспециализированных форм – на западной окраине. На южной окраине преобладают глубокопочвенные формы, что в целом характерно для территорий, подвергающихся выбросам загрязняющих веществ и повреждением почв.

Кластерный анализ исследуемых сообществ показал максимальную степень сходства населения панцирных клещей между западной и южной окраинами промплощадки ЕМЗ и значительное отличие сообщества орибатид восточной окраины по видовому богатству, численности и выровненности населения.

Экологическое состояние окружающей среды восточной окраины ЕМЗ по интегральному показателю сообществ панцирных клещей характеризуется как *условно нормальное*. Северная окраина характеризуется *незначительными отклонениями от нормы*. На западной и южной окраинах отмечен *средний уровень отклонений от нормы*.

В осенний период 2018 г. были проведены повторные исследования на тех же участках для исследования экологической структуры сообществ панцирных клещей в динамике.

Результаты проведенного исследования отражены в табл. 3.

Таблица 3

Видовой состав, численность, средняя плотность населения и жизненные формы панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.)

Вид	Участки				
	Восток	Запад	Север	Юг	ЖФ
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudemans, 1917)	4	–	–	–	НФ (п)
<i>Acrotritia ardua affinis</i> Sergienko, 1989	1	5	1	1	ОТП
<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berl., 1904)	–	11	–	–	ГФ
<i>Nothrus biciliatus</i> C. L. Koch, 1841	3	3	–	1	ОТП
<i>Metabelba pulverulenta</i> (C. L. Koch, 1839)	3	14	–	–	ОПП
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	5	3	1	1	НФ (в)
<i>Lauroppia neerlandica</i> (Oudemans, 1900)	–	2	–	1	ОМПС
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli, 1908)	1	–	–	–	ОМПС
<i>Micropia minus</i> (Paoli, 1908)	1	–	–	–	ГФ
<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič, 1955)	3	–	–	–	ОМПС
<i>Oppia</i> sp.	1	–	–	–	ОМПС
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo, 1965)	21	2	–	14	ОМПС
<i>Suctobelbella</i> sp.	2	–	–	–	ОМПС
<i>Scutovertex</i> sp.	1	–	–	–	НФ (в)
<i>Zygoribatula terricola ucrainica</i> (Iord., 1990)	1	24	1	4	НФ (в)
<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	34	28	–	35	НФ (в)
<i>Ceratozetes</i> cf. <i>minutissimus</i> (Willmann, 1951)	1	1	–	–	НФ (в)
<i>Punctoribates liber</i> Pavlitshenko, 1991	145	–	1	–	НФ (в)
<i>Peloptulus phaenotus</i> (C. L. Koch, 1844)	–	–	1	–	ОПП
<i>Galumna dimorpha</i> Krivolutzkaja, 1952	32	20	5	1	ОПП
<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans, 1900)	4	–	–	–	ОПП
<i>Pillogalumna allifera</i> (Oudemans, 1915)	–	1	–	–	ОПП
Численность, экз. в 10 пробах	263	114	10	58	
Количество видов	18	12	6	8	
Средняя плотность, экз./м ²	10520	4560	400	2320	

Примечание. см. табл. 1.

Анализируя показатели средней плотности населения и видового богатства орибатид прилегающих к промплощадке ЕМЗ участков, следует отметить существенное снижение данных показателей по сравнению с весенним периодом (рис. 7.1, см. рис. 6.1). На восточной окраине средняя плотность населения орибатид снизилась на треть – с 16640 экз./м² весной до 10520 экз./м² осенью. На южной окраине прослеживается та же закономерность – весной величина этого показателя составляла 3440 экз./м², а осенью – 2320 экз./м². На северной окраине отмечено катастрофическое снижение численности – в 36 раз (с 14480 до 400 экз./м²). Несколько выросла численность населения панцирных клещей на западной окраине, по сравнению с весенним показателем (с 3880 до 4560 экз./м²).

То же касается и видового богатства исследуемых участков в осенний период. На восточной окраине этот показатель сократился с 30 до 18 видов осенью. На западной окраине, несмотря на небольшое увеличение средней плотности населения, видовое богатство сократилось с 14 видов весной до 12 видов осенью. На северной окраине отмечено снижение более чем в 3 раза (весной – 19 видов, осенью – 6), на южной – весной зарегистрировано 13 видов, осенью – 8 (рис. 9, см. рис. 1).

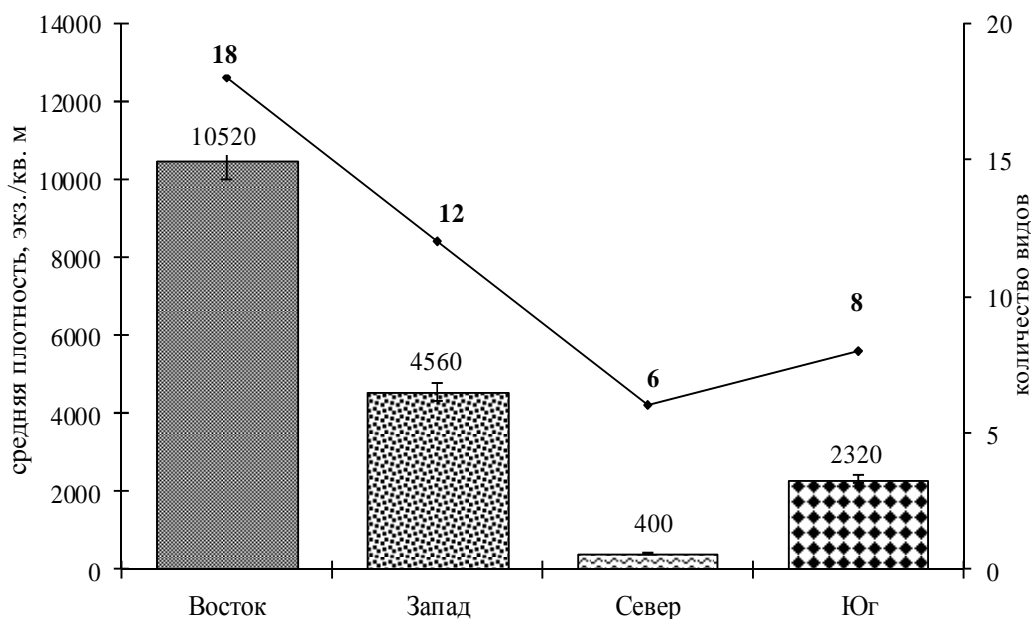


Рис. 9. Средняя плотность населения и видовое богатство панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.)

Индексы экологического разнообразия (табл. 4) в осенний период также снижаются. Максимальные показатели по большинству индексов отмечены на западной окраине промплощадки ЕМЗ (весной – на восточной окраине). На северной окраине зарегистрированы максимальные показатели по индексам Маргалефа и Менхиника. Минимальные показатели индексов по большинству анализируемых индексов отмечены на южной окраине, как и в весенний период. Максимум индекса Шеннона отмечен на западной окраине (2,01 нат), минимум – на южной (1,18 нат).

Таблица 4

Индексы экологического разнообразия панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.)

Индексы экологического разнообразия	Участки			
	Восток	Запад	Север	Юг
Индекс Шеннона	1,59	2,01	1,50	1,18
Индекс Пиелу	0,51	0,65	0,48	0,38
Индекс Симпсона	2,93	6,39	4,50	2,39
Индекс Маргалефа	3,77	4,43	9,12	5,17
Индекс Менхиника	1,35	2,06	6,96	2,89
Индекс Бергера-Паркера	1,81	4,06	2,00	1,66

Структура доминирования панцирных клещей восточной окраины промплощадки претерпела некоторые изменения, по сравнению с весенним периодом (рис. 10). Вид *P. liber* перешел в ранг эудоминантов (55,1%), сменился доминант – *P. carpicinus* (12,9%). В группах субдоминантов, рецедентов и субрецедентов произошло уменьшение количества видов и их процентного соотношения, по сравнению с весной (см. рис. 2).

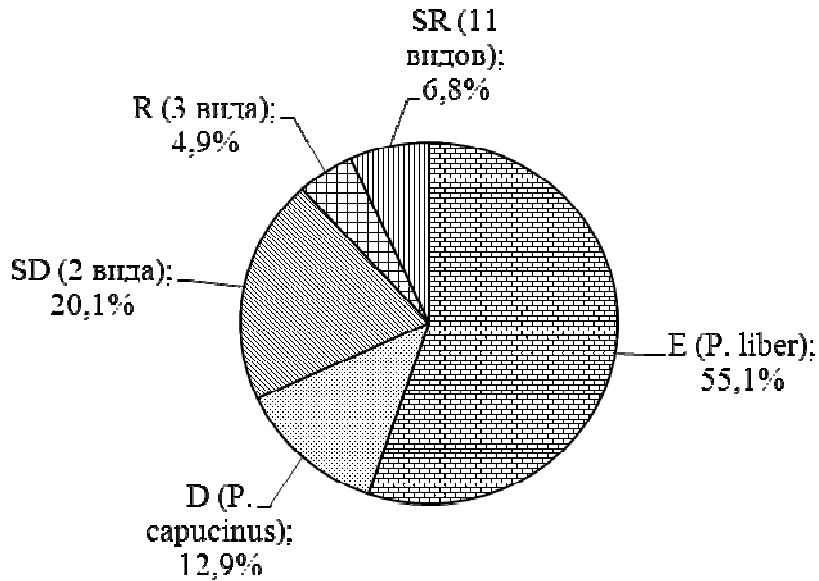


Рис. 10. Структура доминирования панцирных клещей восточной окраины ЕМЗ (сентябрь 2018 г.)

Структура доминирования панцирных клещей западной окраины (рис. 11) в осенний период характеризуется большей выровненностью. Отсутствуют эудоминанты, около двух третей всего населения приходится на долю трех доминантных видов – *P. carpusinus* (24,5%), *Z. terricola ucrainica* (21,0%) и *G. dimorpha* (17,5%). Более четверти населения занимают субдоминанты (3 вида, 26,3%). К рецедентам относится 4 вида (8,8%), к субрецедентам – 2 вида (1,7%). По сравнению с весенним периодом, появились два новых доминанта (*P. carpusinus*, *G. dimorpha*) и исчез доминирующий весной вид *O. krivolutskyi*.

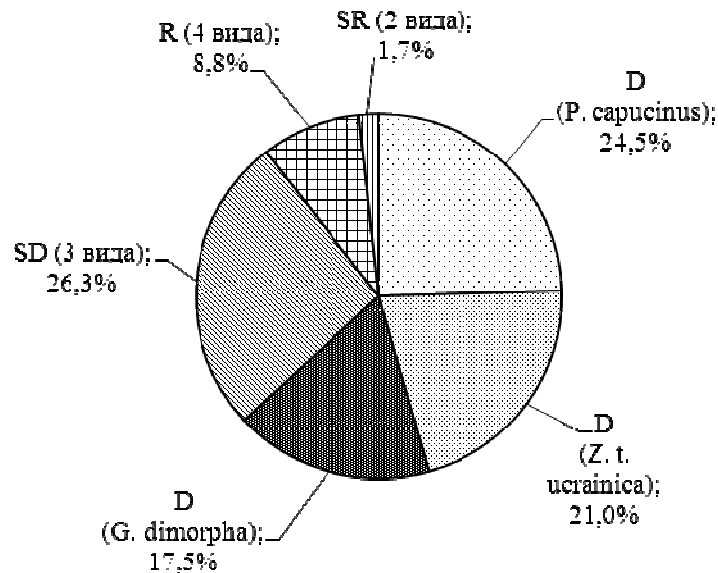


Рис. 11. Структура доминирования панцирных клещей западной окраины (сентябрь 2018 г.)

На северной окраине промплощадки ЕМЗ (рис. 12) отмечено явное нарушение структуры доминирования, население участка представлено только эудоминантом *G. dimorpha* (50%) и пятью субдоминантами (50%). Группы доминантов, рецедентов и субрецедентов отсутствуют. По сравнению с весенним периодом, структура доминирования орибатид на данном участке полностью изменилась (см. рис. 4).

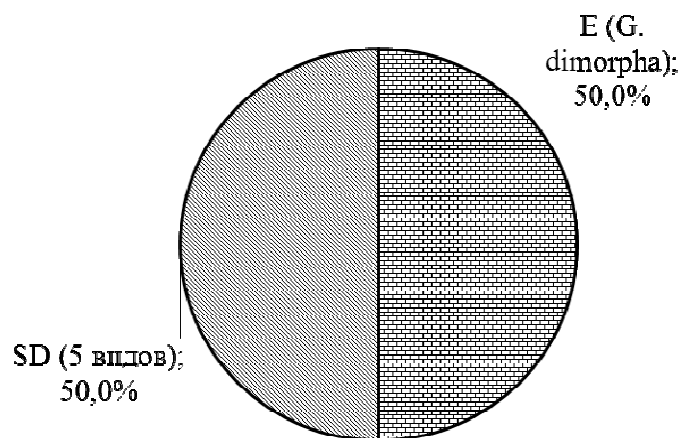


Рис. 12. Структура доминирования панцирных клещей северной окраины EMЗ (сентябрь 2018 г.)

На южной окраине более половины всего населения приходится на эудоминантный вид *P. carusicinus* (60,3%). К доминантам относится 1 вид – *R. mihelcici* (24,1%), к субдоминантам – 1 вид (6,9%), к рецедентам – 5 видов (8,6%). Группа субрецидентов отсутствует (рис. 13). По сравнению с весенним периодом, происходит смена эудоминанта (вид *M. minus* полностью исчезает), и в целом структура становится более нарушенной (см. рис. 5).

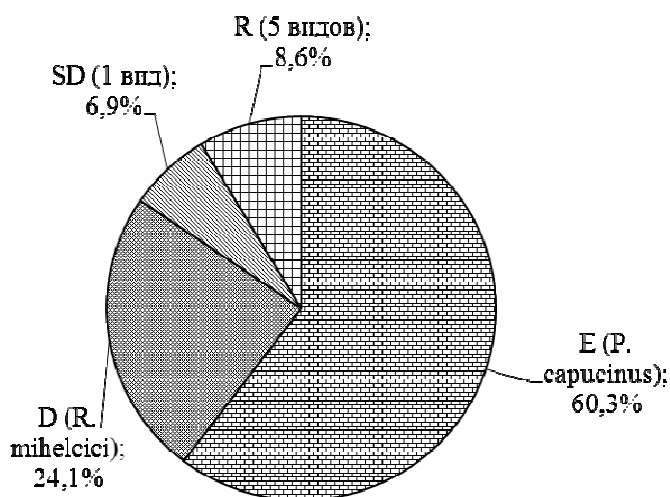


Рис. 13. Структура доминирования панцирных клещей южной окраины EMЗ (сентябрь 2018 г.)

Таким образом, в осенний период наблюдается изменение и явное нарушение структуры доминирования сообществ панцирных клещей северной окраины промплощадки EMЗ, а также восточной и южной окраин, что выражается в появлении эудоминантов и сокращении количества и доли редких видов. Только на западной окраине структура населения орибатид более выровнена.

В осенний период в окрестностях промплощадки EMЗ обнаружены представители всех 6 основных жизненных форм панцирных клещей (рис. 14).

На восточной окраине EMЗ обнаружены представители всех адаптивных типов орибатид, среди которых доминируют вторично неспециализированные формы (71,1%). Несколько меньший вклад вносят обитатели поверхности почвы и обитатели мелких почвенных скважин (14,8 и 10,6% соответственно). Совсем незначительно представлены первично неспециализированные формы, обитатели толщи подстилки и глубокопочвенные формы.

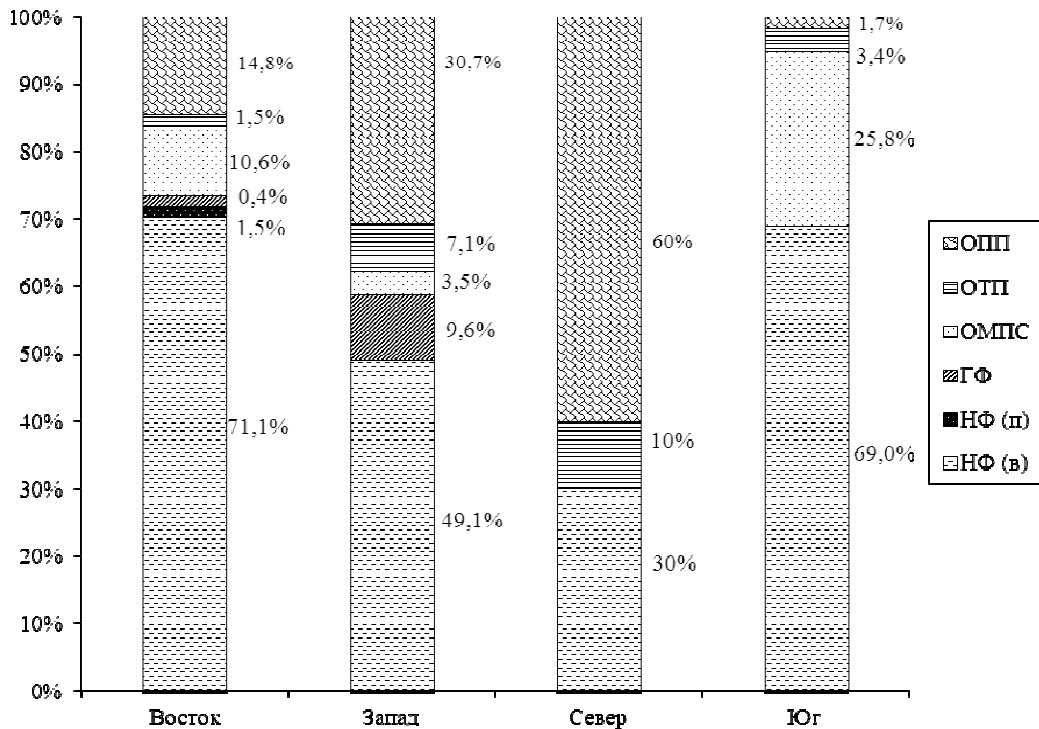


Рис. 14. Соотношение жизненных форм панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.):

ОПП – обитатели поверхности почвы, ОТП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, ГФ – глубокопочвенные формы, НФ (п) – первично неспециализированные формы, НФ (в) – вторично неспециализированные формы

Население орибатид западной окраины, также как и в весенний период, представлено пятью жизненными формами (первично неспециализированные формы отсутствуют). Доминируют вторично неспециализированные формы (49,1%) и обитатели поверхности почвы (30,7%). На долю глубокопочвенных форм приходится 9,6%, обитателей толщи подстилки – 7,1%, обитателей мелких почвенных скважин – 3,5%.

Анализ соотношения жизненных форм северного участка показал, что население орибатид представлено всего тремя жизненными формами, распределенными крайне неравномерно – 60,0% приходится на обитателей поверхности почвы, 30,0% – на вторично неспециализированные формы и 10,0% – на обитателей толщи подстилки. По сравнению с весенним периодом, происходит уменьшение количества жизненных форм (с 6 до 3) и явное изменение характера распределения между ними.

На южной окраине доминируют представители двух жизненных форм – вторично неспециализированные (69,0%) и обитатели мелких почвенных скважин (25,8%). Обитатели толщи подстилки и поверхности почвы представлены незначительно. Первично неспециализированные и глубокопочвенные формы отсутствуют.

Следует отметить, что по сравнению с весной в осенний период изменился состав доминирующих адаптивных типов орибатид (см. рис. 6 и 14). В весенний период на восточной и северной окраинах доминировали обитатели мелких почвенных скважин (58,6-38,1%), на западной окраине – вторично неспециализированные формы (45,4%). В осенний период – вторично неспециализированные формы (30,0-71,1%), и на западной и северной окраинах – обитатели поверхности почвы (30,7-60,0%). Глубокопочвенные формы, присутствующие весной на всех участках, осенью обнаружены только на западной и восточной окраинах (9,6 и 0,4% соответственно). Эта доминирующая весной группа на южной окраине осенью исчезает полностью. Существенно снизилась также доля обитателей мелких почвенных скважин. Обитатели толщи подстилки представлены незначительно как в весенний, так и в осенний периоды. Первично неспециализированные формы осенью

обнаружены только на восточной окраине промплощадки ЕМЗ. В осенний период соотношение жизненных форм более нарушено, особенно на северной и южной окраинах, и типично для антропогенно трансформированных экосистем – отмечается исчезновение некоторых адаптивных типов и явное доминирование отдельных жизненных форм панцирных клещей.

Кластерный анализ исследуемых сообществ показал (рис. 15) большую степень сходства населения панцирных клещей западной, южной и северной окраин промплощадки ЕМЗ и значительное отличие от них сообщества восточной окраины, также как и в весенний период (см. рис. 7).

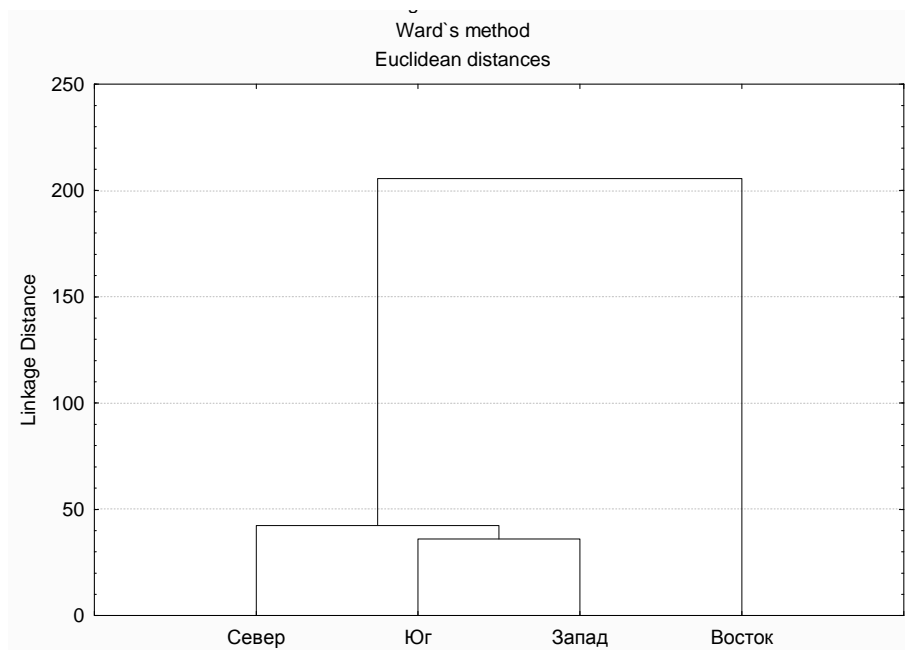


Рис. 15. Дендрограмма сходства сообществ панцирных клещей окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.)

Анализ интегрального показателя структуры сообществ панцирных клещей исследуемых участков в окрестностях ЕМЗ показал (рис. 16), что восточная окраина промплощадки, экологическое состояние которой в весенний период характеризовалось как *условно нормальное* (I уровень, 21 балл) (см. рис. 8), в осенний период потеряла 8 баллов и стала характеризоваться как имеющая *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень, 13 баллов). На западной окраине экологическое состояние окружающей среды не изменилось (III уровень, 15 баллов). На северной окраине в осенний период отмечено резкое снижение интегрального показателя сообществ орибатид (на 11 баллов) с 19 в весенний период (II уровень) до 8 баллов (IV уровень, *значительный уровень отклонений от нормы*). Южная окраина также характеризуется снижением интегрального показателя (с 13 баллов весной до 11 осенью) – *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень).

Таким образом, в результате проведенных исследований в осенний период отмечено, что население орибатид исследуемых участков характеризуется значительным снижением средней плотности населения орибатид, по сравнению с весенним периодом (минимум зарегистрирован на северной окраине, где это показатель снизился в 36 раз). Экологическая структура сообществ панцирных клещей северной окраины в осенний период характеризуется также значительным сокращением видового богатства, упрощением структуры доминирования, уменьшением количества и изменением соотношения жизненных форм.

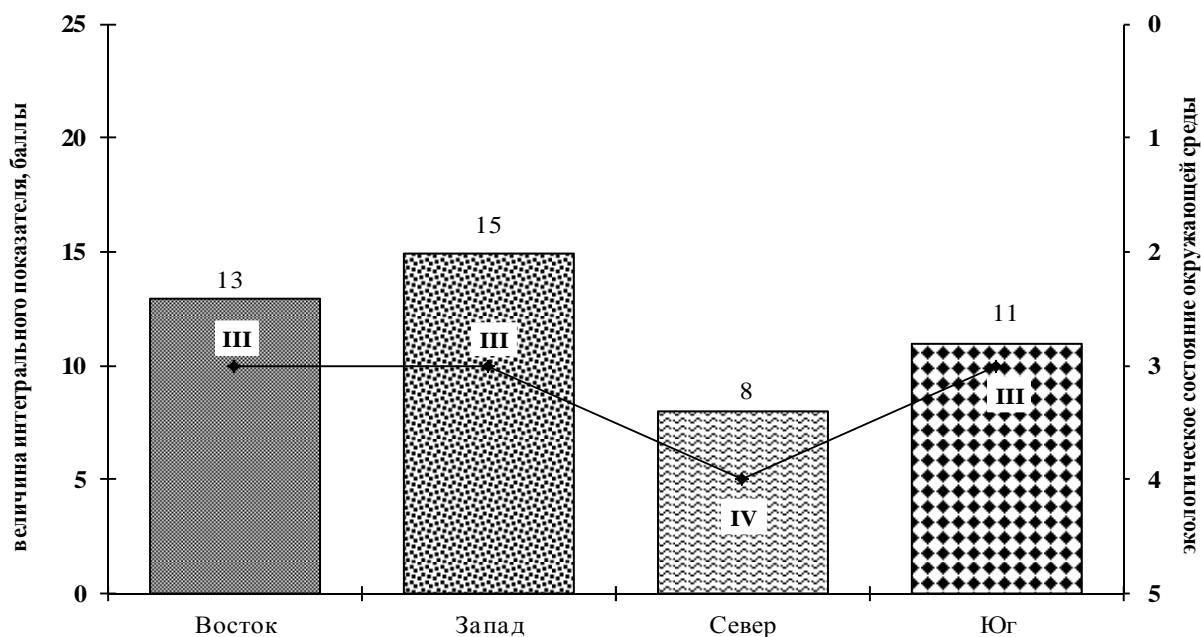


Рис. 16. Экологическое состояние окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей в окр. Енакиевского металлургического завода (сентябрь 2018 г.)

Несмотря на то, что наличие деревьев и листового опада на восточной окраине ЕМЗ обуславливает большее разнообразие видов, более выровненную структуру доминирования, наличие субрецендентов в сообществе панцирных клещей, население орибатид восточной окраины по показателям видового богатства и экологической структуры ближе к таковым рекультивированных техногенных ландшафтов, чем к ненарушенным биоценозам.

Средняя плотность населения панцирных клещей в окрестностях промплощадки ЕМЗ в осенний период варьирует от 400 экз./м² (северная окраина) до 10520 экз./м² (восточная окраина), что в среднем составляет 4450 экз./м², что сходно с плотностью населения для нарушенных экосистем [7, 8, 11, 13] и значительно ниже, чем данный показатель в типичных для Донбасса заповедных экосистемах [12, 14-19]. В целом, такие показатели характерны для антропогенно трансформированных экосистем [6-8, 11, 13], а также для природных ландшафтов со специфическими физико-географическими условиями [9, 10].

В то же время отмечено довольно высокое видовое богатство для нарушенных территорий, хотя этот показатель все же значительно ниже в сравнении с естественными экосистемами [12, 14]. Видовое богатство в окрестностях ЕМЗ варьирует от 6 до 30 видов в различных биотопах, всего в весенний период на окраинах промплощадки обнаружено 38 видов, осенью – 22 вида. Для сравнения, величина аналогичного показателя для природных экосистем Донбасса: заповедник «Меотида» – 44 вида [9, 10], РЛП «Донецкий Кряж» – 56 видов [16], РЛП «Зуевский» – 104 вида [18], заповедник «Каменные Могилы» – 105 видов, заповедник «Хомутовская степь» – 116 видов [12], памятник природы «Истоки Кальмиуса» – 126 видов [19], РЛП «Краматорский» – 152 вида [17], РЛП «Клебан-Бык» – 167 видов [15]. Это значительно больше, чем было обнаружено в окрестностях промплощадки ЕМЗ.

В весенний период максимальные показатели большинства индексов экологического разнообразия зарегистрированы на восточной окраине промплощадки ЕМЗ. Здесь отмечены высокие показатели индексов Шеннона, Симпсона, Маргалефа и Менхиника. Максимум индекса выровненности Пиелу отмечен на западной окраине. Большинство минимальных значений зарегистрированы на южной окраине. Значения индекса Шеннона превышают 2,0 нат на северной и восточной окраинах ЕМЗ, что свидетельствует о достаточно высоком экологическом разнообразии исследуемых сообществ орибатид. На западной и южной окраинах индекс был меньше 2,0 нат, но не катастрофически низким, что также может

свидетельствовать об удовлетворительном экологическом разнообразии сообществ панцирных клещей в весенний период. Осенью индексы экологического разнообразия орибатид значительно снижаются. Максимальные показатели по большинству индексов отмечены на западной окраине промплощадки, минимальные значения по большинству анализируемых индексов – на южной окраине ЕМЗ. Максимум наиболее показательного информационно-статистического индекса Шеннона, превышающий 2,0 нат, отмечен на западной окраине, минимум – на южной.

Структура доминирования сообществ панцирных клещей более выровнена в весенний период. В осенний период появляются эудоминанты и уменьшается доля редких видов. В целом структура доминирования сообществ орибатид в осенний период упрощается: эудоминанты присутствуют на трех участках из четырех (50-60% всего населения отдельных участков). На восточной и южной окраинах сокращается доля доминантов и субдоминантов. Наиболее выровненной и сбалансированной по структуре доминирования является западная окраина, которая может быть сопоставима с природными ландшафтами со специфическими физико-географическими условиями [9, 10, 12].

В весенний период доминируют обитатели мелких почвенных скважин, вторично неспециализированные и глубокопочвенные формы, в осенний – вторично неспециализированные формы и обитатели поверхности почвы. Осенью отмечается более неравномерный характер распределения и исчезновение отдельных жизненных форм.

Кластерный анализ исследуемых сообществ как весной, так и осенью, показал значительную степень сходства населения панцирных клещей западной, южной и северной окраин промплощадки ЕМЗ и значительное отличие от них сообщества орибатид восточной окраины.

Выводы

Экологическая структура сообществ орибатид окрестностей промплощадки ЕМЗ в весенний период имеет достаточно высокие показатели средней плотности населения и видового богатства для техногенных ландшафтов. Индексы экологического разнообразия панцирных клещей свидетельствуют об удовлетворительном состоянии сообществ. Структура доминирования орибатид исследуемых территорий характеризуется отсутствием эудоминантов (кроме южной окраины), наличием групп доминантов, субдоминантов, рецедентных и субрецедентных видов, распределенных относительно равномерно. В исследуемых биотопах присутствуют представители всех шести основных жизненных форм орибатид, доминируют обитатели мелких почвенных скважин, вторично неспециализированные и глубокопочвенные формы.

Экологическое состояние окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей в весенний период на восточной окраине ЕМЗ характеризовалось как *условно нормальное* (I уровень, 21 балл), на северной окраине отличалось *незначительными отклонениями от нормы* (II уровень, 19 баллов). На западной и южной окраинах промплощадки отмечен *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень, 15 и 13 баллов).

В осенний период население орибатид окрестностей промплощадки ЕМЗ характеризуется значительным снижением средней плотности, особенно на северной окраине. Также наблюдается уменьшение видового богатства, снижение индексов экологического разнообразия, изменение и упрощение структуры доминирования, уменьшение количества и изменение соотношения жизненных форм панцирных клещей.

Интегральный показатель сообществ панцирных клещей исследуемых участков в окрестностях ЕМЗ в осенний период снижается. Экологическое состояние окружающей среды восточной окраины промплощадки может быть оценено как *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень, 13 баллов). На западной окраине экологическое состояние окружающей среды, по сравнению с весенним периодом, не изменилось (III уровень, 15 баллов). На северной окраине в осенний период отмечено резкое снижение интегрального показателя сообществ орибатид – с 19 баллов в весенний период (II уровень)

до 8 баллов (IV уровень, *значительный уровень отклонений от нормы*). Южная окраина ЕМЗ также характеризуется снижением интегрального показателя (с 13 баллов весной до 11 баллов осенью) – III уровень, *средний уровень отклонений от нормы*.

Экологическая структура сообществ панцирных клещей в окрестностях ЕМЗ явно нарушена, особенно на южной и северной окраинах в осенний период. Она несбалансирована по многим экологическим показателям сообществ орибатид и достаточно сильно отличается от эталонных, естественных экосистем. Более стабильные показатели отмечены на восточной и западной окраинах промплощадки в весенний период.

Список литературы

1. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – орибатида. М. : Высш. шк., 1967. 254 с.
2. Енакиевский металлургический завод. [Электронный ресурс]. URL : <https://emz.metinvestholding.com/ru/about/common>
3. Криволицкий Д. А. Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) // Зоол. журн. 1965. Т. 44, № 8. С. 1176–1189.
4. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение : пер. с англ. М. : Мир, 1992. 184 с.
5. Панцирные клещи : морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* С. L. Koch, 1839 / Криволицкий Д. А., Лебрен Ф., Кунст М. и др. / Под ред. Д. А. Криволицкого. М. : Наука, 1995. 224 с.
6. Штирц А. Д. Оценка влияния антропогенной нагрузки на экосистемы с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей // Acta Biologica Sibirica. 2015 а. № 1 (1–2). С. 51–66. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v1i1-2.782>
7. Штирц А. Д. Экологическая структура населения панцирных клещей (карьер «Основной», Донецкая область) // Биол. вестн. Мелитопольского гос. пед. ун-та им. Б. Хмельницкого. 2015 б. – № 2. С. 16–30. <http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v5i1.972>
8. Штирц А. Д., Кашиук Н. Ю. Экологическая структура населения панцирных клещей (Acari: Oribatida) промышленных площадок шахт г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 71–78.
9. Штирц А. Д., Колосова Ю. Е. Экологическая структура населения панцирных клещей отделения «Меотида» БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» в весенний период // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 65–72.
10. Штирц А. Д., Колосова Ю. Е. Экологическая структура населения панцирных клещей отделения «Меотида» БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» в осенний период // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 102–109.
11. Штирц А. Д., Ярошенко М. С. Экологическая структура населения панцирных клещей техногенного и природного ландшафтов как индикатор состояния экосистем // Биол. вестн. Мелитопольского гос. пед. ун-та им. Б. Хмельницкого. 2013. № 3 (3). С. 259–273. [http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v0i3\(6\).544](http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v0i3(6).544)
12. Штирц А. Д., Ярошенко Н. Н. Структура и динамика населения панцирных клещей заповедных степей юго-востока Украины. Донецк : Норд, 2003. 269 с.
13. Ярошенко Н. Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса. Донецк : ДонГУ, 1999. 294 с.
14. Ярошенко Н. Н. Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины. Донецк : ДонНУ, 2000. 313 с.
15. Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык» Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвуз. сб. научн. работ. Донецк : ДонНУ, 2006. Вып. 6. С. 166–174.
16. Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка «Донецкий Кряж» и участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района Донецкой области //

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвуз. сб. научн. работ. – Донецк : ДонНУ, 2008. Вып. 8. С. 172–188.

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

18. Ярошенко Н. Н. Сезонно-вертикальное распределение панцирных клещей и сопутствующих почвенных обитателей «Зуй-горы» Республиканского ландшафтного парка «Зуевский» // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 74–92.

19. Ярошенко Н. Н., Штирц А. Д. Панцирные клещи и другие почвообитатели памятника природы «Истоки Кальмиуса». Донецк : Норд, 2006. 155 с.

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

Shtirts A. D., Kolosova Yu. E. Ecological structure of oribatid mites communities in Yenakievo iron and steel works environs. – The species composition has been established and the main ecological characteristics of oribatid mites communities (species richness, average population density, ecological diversity, dominance structure, life forms ratio) have been analyzed in Yenakievo iron and steel works environs in spring and autumn periods. An assessment of environment state was carried out using integral indicator of oribatid mites communities.

Key words: oribatid mites, ecological structure, communities, Yenakievo iron and steel works.

© Н. Н. Ярошенко

ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ПОЧВООБИТАТЕЛИ БАЛКИ БРАНДТА ЗАПОВЕДНИКА «ХОМУТОВСКАЯ СТЕПЬ – МЕОТИДА»

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: yaroshenko-1935@mail.ru

Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи и сопутствующие почвообитатели балки Брандта заповедника «Хомутовская степь – Меотида». – В результате мониторинговых исследований заповедника «Хомутовская степь – Меотида» в апреле 2016 г. в трех станциях балки Брандта (юго-восточный, северо-западный склоны и тальвег) обнаружено 62 вида панцирных клещей, относящихся к 45 родам и 26 семействам, со средней плотностью населения 19040 экз./м². Панцирные клещи составили 46,41% (1428 экз., плотность – 19040 экз./м²) от общего числа учтенных почвообитателей (3077 экз.), плотность – 41028 экз./м². Доминировали 3 вида орибатид из оппиоидного комплекса: *Multioppia glabra* Mih. – 11,10% (139 экз.) – доминировал на юго-восточном склоне – 13,56% (86 экз.), в тальвеге – 10,76% (44 экз.), часто встречаемый вид на северо-западном склоне – 4,31% (9 экз.); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 8,86% (111 экз.) – преобладал на юго-восточном склоне – 10,56% (67 экз.), в тальвеге – 9,78% (40 экз.) и редкий на северо-западном склоне – 1,91% (4 экз.); *Microppia minus* (Paoli) – 26,99% (338 экз.) – преобладал в трех станциях – 23,50% (149 экз.), 22,50% (92 экз.), 46,41% (97 экз.), соответственно. Максимум видового богатства орибатид наблюдали на юго-восточном склоне – 38 видов, минимум – на северо-западном – 29 видов. Численность имаго панцирных клещей в зависимости от расположения и экспозиции станции варьирует, максимальная отмечена на юго-восточном склоне – 634 экз., плотность – 25360 экз./м², минимальная – на северо-западном склоне – 209 экз., плотность – 8360 экз./м². Количество преимагинальных фаз (личинки и нимфы орибатид) изменялось от 51 экз., плотность – 2040 экз./м² (северо-западный склон) до 63 экз., плотность – 2520 экз./м² (юго-восточный склон). Сопутствующие почвообитатели в трех станциях составили 53,59 % (1649 экз.), плотность – 21988 экз./м², с максимумом на северо-западном склоне – 567 экз., плотность – 22680 экз./м² и минимумом на юго-восточном склоне – 313 экз., плотность – 12520 экз./м². Из них доминировали коллемболы и гамазовые клещи, часто встречались симфили и муравьи. Всего в ходе исследований панцирных клещей балок Брандта и Климушанской обнаружено 111 видов, относящихся к 69 родам и 42 семействам. Сходство видового состава орибатид двух исследуемых балок составило 62,10%. У самок 44 видов орибатид (39,63%) в теле обнаружено от 1 до 6 яиц.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, доминирование, плотность населения, гамазовые клещи, коллемболы.

Введение

Почва – это природное образование, живая часть которого представлена многочисленной флорой и фауной, принимающей участие в почвообразовательных процессах и круговороте веществ в природе, имеющая индикационное значение почвенного режима под действием антропогенных факторов [3]. В поверхностном слое почвы отмечается значительное разнообразие педобионтов, приспособленных к различным экологическим условиям в разных типах почв. Известно, что почвенные членистоногие, в том числе и панцирные клещи, принимают активное участие в почвообразовательных процессах [5]. Размеры панцирных клещей варьируют в среднем от 0,2 до 1,0 мм. Обладая грызущим ротовым аппаратом, они подвергают деструкции растительный опад, что способствует его дальнейшему разложению. При миграции на растительность орибатиды способны распространять фитопатогенные вирусы, бактерии и грибы. Некоторые виды могут принимать участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplосerphalidae.

Учитывая большое значение панцирных клещей в природе, кафедрой зоологии и экологии ДонНУ с 1968 г. проводятся исследования фауны и экологии панцирных клещей Донецкой области. Сведения о фауне орибатид целинной «Хомутовской степи» отражены в публикациях Н. Н. Ярошенко [11, 12], Г. Д. Сергиенко [7], Е. В. Гордеевой [4], А. Д. Штирца [9, 10].

На базе заповедника «Хомутовская степь» Постановлением Совета Министров ДНР № 10-55 от 03.06.2015 г. в целях реализации республиканской политики в области охраны окружающей среды создана биосферная особо охраняемая территория республиканского значения (БООПТРЗ) «Хомутовская степь – Меотида». В настоящее время в условиях

целинной заповедной «Хомутовской степи» кафедра зоологии и экологии ДонНУ проводит мониторинговые исследования панцирных клещей по изучению видового состава, численности, плотности, структуры доминирования, фаунистического сходства в различных биотопах заповедника.

Материал и методика исследования

Материал собран в апреле 2016 г. в балке Брандта БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» с помощью биоценометра, объемом 250 см³ (5x5x10 см) в десятикратной повторности, по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [2], М. С. Гилярова [3]. Камеральную обработку почвенных образцов проводили в лаборатории кафедры зоологии и экологии ДонНУ.

Почвенные образцы собраны на трех экспозициях: в тальвеге, на северо-западном и юго-восточном склонах балки.

Среднюю плотность почвенного населения определяли по методике К. К. Фасулати [8].

Индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей и сопутствующих почвообитателей исследуемых биотопов (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5% – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [1].

Сходство видового состава панцирных клещей определяли по формуле Сьеренсена:

$$K = 2C / A + B, \quad (1)$$

где A и B – число видов первой и второй фауны, C – число видов, общих для двух фаун.

В момент взятия проб измеряли температуру воздуха и определяли влажность почвы.

Результаты и обсуждение

Заповедная целинная «Хомутовская степь» представляет собой участок волнистой Приазовской равнины, которая снижается к пойме реки Грузской Еланчик. Балка Брандта расположена в северо-восточной части заповедника, примыкает к балке Красный яр и абсолютно заповедному участку целинной степи (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема заповедника «Хомутовская степь»

Почвы в заповеднике – обыкновенные черноземы. Заповедная степь представляет собой южный вариант разнотравно-типчаково-ковыльной степи с преобладанием ковылей, типчаков и разнотравья [6]. Склоны балки Брандта – это петрофитный вариант целинной степи с преобладанием корневищных злаков и кустарников (шиповника, терна).

Почвенные пробы брали вдоль северо-западного и юго-восточного склонов балки по трансекте через 1 м. В момент взятия проб (апрель 2016 г.) при слабом мелком дожде температура воздуха была +11°C, влажность почвы – 9,89%.

В сухом поверхностном слое почвы в 10 пробах было учтено 1010 экз. почвообитающих членистоногих, со средней плотностью населения 40400 экз./м². Из них панцирные клещи, как доминирующая группа педобионтов, составили 69,01% (697 экз., плотность – 27880 экз./м²). Имаго орибатид составили 90,96% (634 экз., плотность – 25360 экз./м², преимагинальные фазы (личинки и нимфы) – 9,04% (63 экз.), плотность – 2520 экз./м².

На юго-восточном склоне балки обнаружено 38 видов панцирных клещей, относящихся к 29 родам и 19 семействам. Из них доминировали 5 видов: *Fosseremeus laciniatus* (Berl.) – 5,05%, также преобладал в тальвеге, на северо-западном склоне балки не обнаружен; *Multiopppia glabra* Mih. – 13,56%, является доминантом тальвега, часто встречаемый вид на северо-западном склоне балки; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 10,56%, доминант тальвега, редкий вид на северо-западном склоне; *Micropppia minus* (Paoli) – 23,50%, доминирующий вид всех трех исследуемых экспозиций балки; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 6,31%, часто встречаемый вид тальвега и редкий на северо-западном склоне балки. К часто встречаемым отнесены 8 и к редким – 25 видов (табл. 1).

Таблица 1

Панцирные клещи балки Брандта заповедника «Хомутовская степь» (апрель 2016 г.)

Вид	Юго-восточный склон	Тальвег балки	Северо-западный склон	Всего
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	1/0,16	-	-	1/0,08
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudms.)	1/0,16	-	1/0,48	2/0,16
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	2/0,32	-	-	2/0,16
<i>Brachychthonius berlesesi</i> Will.	5/0,79	-	-	5/0,40
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	22/3,47	10/2,45	2/0,96	34/2,72
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh	1/0,16	-	-	1/0,08
<i>Liochthonius lapponicus</i> (Trag.)	28/4,42	4/0,98	4/1,91	36/2,88
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	21/3,31	-	4/1,91	25/1,99
<i>Perlohmannia coiffaiti</i> Grandjean	-	-	4/1,91	4/0,32
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	1/0,16	6/1,47	-	7/0,56
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	-	-	2/0,96	2/0,16
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	-	2/0,96	2/0,16
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	2/0,32	-	1/0,48	3/0,24
<i>Camisia horrida</i> (Hermann)	1/0,16	-	-	1/0,08
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	3/0,47	6/1,47	8/3,83	17/1,36
<i>Gymnodamaeus austriacus</i> Will.	3/0,47	-	-	3/0,24
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	11/1,74	-	1/0,48	12/0,96
<i>Belba dubinini</i> B.-Z.	2/0,32	-	-	2/0,16
<i>Microzetorchestes emeryi</i> (Coggi)	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Liacarus brevilamellatus</i> Mih.	-	2/0,49	6/2,87	8/0,64
<i>Liacarus lencoranicus</i> D. Kriv.	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Xenillus discrepans</i> Grand.	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Birsteinus clavatus</i> D. Kriv.	3/0,47	4/0,98	-	7/0,56
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	2/0,32	-	-	2/0,16
<i>Carabodes reticulatus</i> Berl.	-	-	5/2,39	5/0,40
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	4/0,63	2/0,49	2/0,96	8/0,64
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forssl.)	29/4,57	-	-	29/2,32
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz	25/3,94	-	2/0,96	27/2,16
<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudms.)	5/0,79	-	-	5/0,40
<i>Multiopppia glabra</i> Mih.	86/13,56	44/10,76	9/4,31	139/11,10
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	13/2,05	4/0,98	-	17/1,36
<i>Lauropppia maritima</i> (Will.)	-	19/4,65	-	19/1,52

Вид	Юго-восточный склон	Тальвег балки	Северо-западный склон	Всего
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	-	-	1/0,48	1/0,08
<i>Oppia kryvolutskyi</i> Kul.	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Ramusella clavipectinata</i> Mich.	67/10,56	40/9,78	4/1,91	111/8,86
<i>Ramusella michelcici</i> (Perez-Inigo)	-	1/0,24	-	1/0,08
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	2/0,32	5/1,22	-	7/0,56
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	149/23,50	92/22,50	97/46,41	338/26,99
<i>Epimerella smirnovi</i> var <i>longisetosa</i> Kul.	-	5/1,22	-	5/0,40
<i>Oribatula tibialis</i> Mich.	6/0,94	-	1/0,48	7/0,56
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)	-	-	17/8,13	17/1,36
<i>Zygoribatula exelis</i> (Nic.)	9/1,42	9/2,20	3/1,43	21/1,68
<i>Schelorbates latipes</i> (Koch)*	-	13/3,18	2/0,96	15/1,19
<i>Schelorbates laevigatus</i> (Koch)	-	-	3/1,43	3/0,24
<i>Protorbates capucinus</i> Berl.	19/2,99	11/2,69	-	30/2,39
<i>Protorbates monodactylus</i> (Haller)	16/2,52	25/6,11	-	41/3,27
<i>Trichorbates trimaculatus</i> (Koch)*	6/0,94	3/0,73	-	9/0,72
<i>Trichorbates novus</i> (Selln.)*	1/0,16	-	1/0,48	2/0,16
<i>Trichorbates punctatus</i> Schald.	2/0,32	2/0,49	-	4/0,32
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	-	9/2,20	-	9/0,72
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	-	-	2/0,96	2/0,16
<i>Ceratozetella selnicki</i> (Rajski)*	-	37/9,05	-	37/2,95
<i>Ceratozetoides cisalpinus</i> (Berl.)	12/1,89	6/1,47	-	18/1,44
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	-	16/7,66	16/1,28
<i>Eupelops acromios</i> (Herm.)	1/0,16	1/0,24	-	2/0,16
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	-	2/0,96	2/0,16
<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster)	-	4/0,98	-	4/0,32
<i>Achipteria nitens</i> (Nic.)	-	-	3/1,43	3/0,24
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	40/6,31	15/3,67	4/1,91	59/4,71
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berl.)*	1/0,16	4/0,98	-	5/0,40
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	634	409	209	1252
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	63,4	40,9	20,9	41,7
Плотность, экз./м ²	25360	16360	8360	16692
Количество видов	38	34	29	62
Доминирующих	5	6	3	3
Часто встречаемых	8	7	4	9
Редких	25	21	22	50
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	90,96	86,84	80,38	87,68
Количество преимагинальных фаз (личинки, нимфы) орибатид	63	62	51	176
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	6,3	6,2	5,1	5,87
Плотность, экз./м ²	2520	2480	2040	2348
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	9,04	13,16	19,62	12,32
Всего панцирных клещей, экз.	697	471	260	1428
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	69,7	47,1	26,0	47,6
Плотность, экз./м ²	27880	18840	10400	19040
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	69,01	37,98	31,44	46,41
Класс Oligochaeta	-	1/0,13	-	1/0,06
Класс Arachnida. Отр. Aranei	1/0,32	1/0,13	-	2/0,12
Класс Arachnida. Отр. Parasitiformes Надсем. Gamasoidea	65/20,77	45/5,85	65/11,46	175/10,61
Отр. Acariformes. Надсем. Acaroidea	-	5/0,65	-	5/0,30
Гипопусы	-	2/0,26	-	2/0,12
Семейство Trombiculidae	1/0,32	12/1,56	9/1,59	22/1,33

Вид	Юго-восточный склон	Тальвег балки	Северо-западный склон	Всего
Прочие сем. отр. Acariformes	77/24,60	92/11,96	119/20,99	288/14,47
Надкласс Myriapoda. Класс Symphyla	19/6,07	16/2,08	27/4,76	62/3,76
Класс Geophila. <i>Geophilus longicornis</i>	1/0,32	9/1,17	-	10/0,61
Класс Diplopoda. Отр. Julida	2/0,64	-	-	2/0,12
Отр. Polixena. <i>Polixena lagurus</i>	3/0,96	-	-	3/0,18
Класс Insecta. Отр. Diplura	-	4/0,52	-	4/0,24
Отр. Podura	117/37,38	527/68,53	333/58,73	977/59,25
Отр. Hemiptera	-	-	8/1,41	8/0,49
Отр. Thysanoptera	15/4,79	-	-	15/0,92
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinea	-	6/0,78	-	6/0,36
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	1/0,32	38/4,95	-	39/2,37
Надсем. Ichneumonoidea	-	3/0,39	-	3/0,18
Отр. Diptera. Подотр. Nematocera	2/0,64	1/0,13	-	3/0,18
Отр. Coleoptera	1/0,32	-	-	1/0,06
Личинки насекомых	8/2,55	7/0,91	6/1,06	21/1,27
Всего других почвообитателей, экз.	313	769	567	1649
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	31,3	76,9	56,7	54,97
Плотность, экз./м ²	12520	30760	22680	21988
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	30,99	62,02	68,56	53,59
Всего почвенного населения, экз.	1010	1240	827	3077
Количество проб	10	10	10	30
Количество на 1 пробу, экз.	101,0	124,0	82,7	102,57
Плотность, экз./м ²	40400	49600	33080	41028

Примечания:

- * – виды орибатид, которые могут принимать участие в цикле развития ленточных червей сем. Anoplocephalidae;
- в числителе – количество особей, в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

Из 38 обнаруженных здесь видов панцирных клещей у самок 7 видов в теле обнаружено от 1 до 6 яиц (всего 14 самок – 40 яиц): *Hypochothonius rufulus rufulus* – 1 самка – 1 яйцо; *Brachychthonius immaculatus* – 2 самки – по 1 яйцу; *B. cricoides* – 1 самка – 1 яйцо; *B. berlesei* – 2 самки – по 1 яйцу; *Metabelba pulverulenta* – 2 самки – по 5 яиц, 2 самки – по 4 яйца, 1 самка – 6 яиц; *Oribatula tibialis* – 1 самка – 2 яйца, 1 самка – 4 яйца; *Trichoribates trimaculatus* – 1 самка – 4 яйца. Самки с яйцами на юго-восточном склоне балки в весенний период были малочисленны и составили 18,4% от общего числа.

Сопутствующих представителей почвенного зооценоза на юго-восточном склоне балки Брандта учтено минимальное количество – 313 экз. (30,99%), плотность населения – 12520 экз./м², что в 2,4 – 1,8 раза меньше, чем в тальвеге и на северо-западном склоне балки, соответственно. Определено 14 таксономических групп сопутствующих почвообитателей, среди которых преобладали коллемболы – 37,38% (преобладали на всех трех экспозициях балки), прочие семейства акариформных клещей – 24,60%, гамазовые клещи – 20,77 % (также доминировали на трех экспозициях), симфилы – 6,07% (часто встречались в тальвеге и на северо-западном склоне). К часто встречаемым отнесены трипсы – 4,79% (в тальвеге и на северо-западном склоне не встречались), личинки насекомых – 2,55% (малочисленны в тальвеге и на юго-восточном склоне балки). Остальные сопутствующие обитатели почвы отнесены к редким (см. табл. 1).

В тальвеге балки Брандта в июне 2016 г. в 10 пробах учтено максимальное количество почвенного населения – 1200 экз., плотность – 49600 экз./м², что в 1,2 – 1,5 раза больше, чем на юго-восточном и северо-западном склонах балки, соответственно. Численность панцирных клещей – 471 экз. (37,98%), плотность – 18840 экз./м². Имаго орибатид составили 86,84% (409 экз., плотность – 16360 экз./м²), преимагинальные фазы – 13,16 % (62 экз., 2480 экз./м²). Определено 34 вида панцирных клещей, относящихся к 30 родам и 16

семействам. Доминировали 6 видов: *Fosseremeus laciniatus* – 5,13%, *Multioppia glabra* – 10,76%, *Ramusella clavigepta* – 9,78%, *Microppia minus* – 22,50%, *Protoribates monodactylus* – 6,11%, этот вид также часто встречался на юго-восточном склоне, на северо-западном – не обнаружен; *Ceratozetella sellnicki* – 9,05%, на склонах балки не обнаружен. Часто встречались 7 и редко – 21 вид (см. табл. 1). Среди доминантов наиболее многочисленны в тальвеге, как и на юго-восточном склоне, 3 вида, относящиеся к оппиоидному комплексу – *M. glabra*, *R. clavigepta*, *M. minus*. Сходство видового состава панцирных клещей тальвега и юго-восточного склона балки Брандта составило 55,5% (20 общих видов), что обусловлено близким расположением исследуемых станций и однообразием растительного покрова, в основном злаковых культур и разнотравья.

Сопутствующие почвообитатели тальвега балки по численности занимают первое место среди трех исследуемых экспозиций балки – 62,02% (769 экз., плотность – 30760 экз./м²) от общего количества учтенного почвенного населения (1240 экз.). На дне балки отмечено скопление растительного опада и наличие более плотной растительной подстилки, обуславливающей благоприятные условия для обитания и развития различных групп почвенных обитателей, особенно для коллембол. Из 16 таксономических групп сопутствующих обитателей тальвега преобладали коллемболы – 68,53%, сборная группа акариформных клещей – 11,96% и гамазовые клещи – 5,85%. Часто встречались симфилы и муравьи, остальные представители отнесены к редким (см. табл. 1).

На северо-западном склоне балки Брандта при температуре воздуха +16°C и влажности почвы 9,69% учтено минимальное количество почвенного населения – 827 экз. со средней плотностью 33080 экз./м², что в 1,2 – 1,5 раза меньше, по сравнению с юго-восточным склоном и тальвегом балки, соответственно. Панцирных клещей здесь учтено минимальное количество – 260 экз. (31,44%), плотность – 10400 экз./м², что в 2,6 – 1,8 раза меньше, чем на юго-восточном склоне и в тальвеге балки, соответственно. На северо-западном склоне обнаружен минимум имагинальных фаз панцирных клещей среди исследуемых станций – 209 экз. (80,33%), плотность – 8360 экз./м². Преимагинальные фазы орибатид на всех трех экспозициях балки были малочисленны (юго-восточный склон – 63 экз., тальвег – 62 экз., северо-западный склон – 51 экз.), что связано с зимней диапаузой и перерывами в циклах индивидуального развития орибатид. На северо-западном склоне балки видовое богатство орибатид было минимальным, обнаружено 29 видов, что в 1,3 – 1,2 раза меньше, чем на юго-восточном склоне и в тальвеге, соответственно. Это обусловлено экспозицией, солнечной инсоляцией, влажностью почвы и другими экологическими параметрами эдафотопы. Определено 29 видов панцирных клещей, относящихся к 25 родам и 14 семействам. Доминировали 3 вида: *Microppia minus* – 46,41%, доминант всех трех исследуемых станций; *Zygoribatula frisiae* – 8,13% и *Punctoribates zachvatkini* – 7,66% – эти виды обнаружены только на северо-западном склоне балки. Часто встречались 4 и редко – 22 вида (см. табл. 1). Сходство видового состава панцирных клещей между юго-восточным и северо-западным склонами снижается до 47,76% и достигает минимума при сравнении тальвега и северо-западного склона – 34,92%, что свидетельствует о различии эдафических и микроклиматических условий для жизнедеятельности орибатид в трех исследуемых станциях. Из 29 видов орибатид северо-западного склона балки у самок 5 видов (16 экз.) отмечено наличие от 1 до 6 яиц: *Hypochothonius luteus luteus* – 1 самка – 1 яйцо; *Liaccarus brevillamellatus* – 4 самки – по 6 яиц; *Carabodes reticulatus* – 2 самки – по 1 яйцу; *Zygoribatula frisiae* – 5 самок – по 4 яйца, 2 самки – по 6 яиц; *Achipteria nitens* – 2 самки – по 4 яйца. Эти 5 видов были обнаружены только на северо-западном склоне балки.

Численность сопутствующих почвообитателей северо-западного склона была минимальной – 567 экз. (68,56%), плотность – 22680 экз./м². Отмечено 7 таксономических групп, из них доминировали коллемболы – 58,73%, сборная группа акариформных клещей – 20,99% и гамазовые клещи – 11,46%. Часто встречались симфилы – 4,76%, остальные представители (краснотелковые клещи, клопы, личинки насекомых) отнесены к редким (см. табл. 1).

Выводы

В трех исследуемых станциях балки Брандта в 30 пробах обнаружено 3077 экз. почвообитающих беспозвоночных со средней плотностью населения 41028 экз./м². Панцирные клещи, как доминирующая группа почвенных членистоногих, составили 46,41 % (1428 экз.), средняя плотность – 19040 экз./м². Имагинальных фаз орибатид учтено 1252 экз. (87,68%), плотность – 16692 экз./м², преимагинальных (личинок и нимф) – 176 экз. (12,32%), плотность – 2348 экз./м². Определено 62 вида панцирных клещей, относящихся к 45 родам и 26 семействам. У самок 20 видов орибатид (32,25% от общего количества видов) в теле обнаружены яйца.

При сравнении видового состава панцирных клещей балки Брандта (62 вида) и балки Климущанской (99 видов) [12], отмечено 50 общих видов. Сходство фаунистического состава составило 62,10%, что свидетельствует о разнообразии видового спектра орибатид и различии условий обитания в исследуемых биотопах заповедной «Хомутовской степи». В балке Брандта найдено 12 видов орибатид (*Hypochthonius luteus luteus*, *Liochthonius lapponicus*, *Epilohmannia styriaca*, *Xenillus discrepans*, *Epimerella smirnovi* var *longisetosa*, *Trichoribates trimaculatus*, *Trichoribates punctatus*, *Ceratozetoides cysalpinus*, *Eupelops acromios*, *Peloptulus phaenotus*, *Pergalumna nervosa*), которые не встречались в балке Климущанской. Вид *Xenillus discrepans* впервые отмечен для фауны Донбасса. Всего в двух балках заповедника «Хомутовская степь» обнаружено 111 видов панцирных клещей, относящихся к 68 родам и 42 семействам.

Высокое видовое богатство сообществ панцирных клещей исследуемых биотопов заповедника свидетельствует о благоприятных условиях для нормальной жизнедеятельности почвенного зооценоза охраняемой целинной степи.

Из 111 видов орибатид двух исследуемых балок у самок 44 видов (39,63%) обнаружены яйца (в балке Брандта – у самок 20 видов, в балке Климущанской – у самок 31 вида).

Среди сопутствующих обитателей почвы двух балок преобладали коллемболы (31,55-39,25%) и гамазовые клещи (10,61-14,35%). В балке Климущанской также доминировала прикорневая тля (7,14%), в балке Брандта часто встречались симфилы и муравьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беклемишев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяции эктопаразитов и нидиколов // Зоол. журн. 1961. Т. 40, вып. 2. С. 143–158.
2. Буланова-Захваткина Е. М. Сбор и исследование панцирных клещей. М. : Изд-во АН СССР, 1952. 29 с.
3. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М. : Наука, 1975. 491 с.
4. Гордеева Е. В. Изменения структуры комплексов панцирных клещей при сукцессионных изменениях степных фитоценозов // Исследования почв и почвенных режимов в степных биогеоценозах Приазовья : сб. науч. работ. Пушино, 1977. С. 79–98.
5. Лящев А. А. Почвенная биота и её роль в формировании плодородия почв агроландшафтов юга Западной Сибири : автореф. дис. ... докт. биол. наук. Тюмень, 2004. 31 с.
6. Осичнюк В. В. Зміни рослинності Хомутовського степу за 40 років // Укр. бот. журн. 1966. Т. 23, № 4. С. 11.
7. Сергиенко Г. Д. Фауна Украины. Низшие орибатиды. К. : Наук. думка, 1994. 202 с.
8. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М. : Высш. шк., 1971. 424 с.
9. Штирц А. Д. Структура и динамика населения панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) заповедника «Хомутовская степь» Донецкой области // Изв. Харьков. энт. общ-ва. 1999. Т. VII, вып. 2. С. 79–91.
10. Штирц А. Д., Ярошенко Н. Н. Структура и динамика населения панцирных клещей заповедных степей юго-востока Украины. Донецк : Норд, 2003. 269 с.

11. Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) Донецкой области : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Донецк, 1972. 22 с.
12. Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи и сопутствующие почвообитатели балки Климушанской заповедника «Хомутовская степь – Меотида» // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А. Естественные науки. 2016. № 4. С. 123–132.

Yaroshenko N. N. Oribatid mites and related soil arthropods of Brandta gulch of reserve «Khomutovskaya steppe – Meotida». – As a result of the monitoring studies conducted in the Brandta gulch of the «Khomutovskaya Steppe – Meotida» reserve in April 2016, 62 species of oribatid mites belonging to 45 genera and 26 families were identified in three biotopes (south-east slope, bottom, north-western slope of the gulch) with an average population density of 19040 ind./m². Oribatid mites made up 46,41% (1428 ind., density – 19040 ind./m²) of the total number of registered soil arthropods (3077 ind.), density – 41028 ind./m². 3 species of oribatid mites of *Oppia* complex dominated: *Multioppia glabra* Mih. – 11,10% (139 ind.) – dominated on the south-eastern slope – 13,56% (86 ind.), in the bottom – 10,76% (44 ind.), often encountered on the north-western slope – 4,31% (9 ind.); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 8,86% (111 ind.) – prevailed on the south-east slope – 10,56% (67 ind.), in the bottom – 9,78 % (40 ind.) and rare on the north-western slope – 1,91% (4 ind.); *Microppia minus* (Paoli) – 26,99% (338 ind.) – prevailed in three biotopes – 23,50% (149 ind.), 22,50% (92 ind.), 46,41% (97 ind.), respectively. The maximum species abundance of oribatid mites on the south-eastern slope – 38 species, the minimum – on the north-western slope – 29 species was observed. The number of adult forms of oribatid mites varies depending on the location and exposure of the biotope, the maximum is found on the south-east slope – 634 ind., density – 25360 ind./m², the minimum – on the north-western slope – 209 ind., density – 8360 ind./m². The number of preimaginal phases (larvae and nymphs) oribatid mites varied from 51 ind., density – 2040 ind./m² (north-west slope) to 63 ind., density – 2520 ind./m² (south-east slope). Related of soil arthropods in the three biotopes – 53,59% (1649 ind.), density – 21988 ind./m², with a maximum on the north-western slope – 567 ind., density – 22680 ind./m², minimum – in the south-eastern slope – 313 ind., density – 12520 ind./m². Springtails and gamasid mites are dominated, often there were symphiles and ants. When comparing the species composition of the oribatid mites of Brandta (62) and Klimushanskaya (99) gulchs, 111 species belonging to 69 genera and 42 families were identified. The similarity of oribatid mites species composition of the two gulchs – 62,10%. The presence of egg-laying female oribatid mites (44 species, 39,63%) was noted, in the body of which one to six eggs were found.

Key words: oribatid mites, dominance, population density, gamasid mites; springtails.

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

УДК 635.82 : 577.15

© С. И. Демченко, И. А. Грановский
**ПЕРОКСИДАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ МОНОКАРИОНОВ ГРИБА
PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ.: FR.) KUMM.**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: sdemch5@mail.ru

*Демченко С. И., Грановский И. А. Пероксидазная активность монокарионов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.* – В работе представлены результаты исследований индивидуальной изменчивости природных штаммов *Pleurotus ostreatus* на монокариотической стадии развития по пероксидазной активности. У монокариотических изолятов *P. ostreatus* выявлены закономерности наследования пероксидазной активности от родительских дикарионов. Отобраны активные продуценты внеклеточной пероксидазы среди монокарионов природных штаммов *P. ostreatus*.

Ключевые слова: гриб *Pleurotus ostreatus*, дикарионы, монокарионы, индивидуальная изменчивость, пероксидазная активность.

Введение

Ежегодно в мире образуется большое количество лигноцеллюлозосодержащих отходов, из которых лишь малая часть подвергается дальнейшей переработке, а остальное – сваливается в отвалы или сжигается. В настоящее время наиболее перспективным способом утилизации растительных отходов является биоконверсия, которая представляет собой естественный способ утилизации целлюлозосодержащих отходов, основанный на разрушении органического субстрата микроорганизмами. Она позволяет решить две основные задачи: создание экономически выгодного процесса производства целевого продукта (жидкого и газообразного биотоплива, биогумуса, препаратов, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур, пищевых продуктов и др.) и утилизацию потенциальных экологических загрязнителей [1].

В основе биологической деградации лигноцеллюлозы лежит действие целлюлолитических ферментов. Реакционную способность природных субстратов снижает наличие лигнина. Поэтому процесс утилизации целлюлозы сопряжен с необходимостью делигнификации растительного материала. Для этой цели используют дорогие, энергоёмкие и экологически опасные процедуры: воздействие 0,5-2% растворов щелочи, гамма-облучение, механо-термообработку в разбавленной серной кислоте с последующей экстракцией лигнина и другие методы. В последние 20 лет в мире активно разрабатываются биотехнологии удаления лигнина с помощью биологических методов, основанных на применении либо грибов и бактерий – природных деструкторов лигнина, либо выделенных из них лигнолитических ферментов [6].

В настоящее время ведущую роль в деполимеризации лигнина отводят трём внеклеточным ферментам грибов – деструкторов лигнина: лигнинпероксидазе, Mn-пероксидазе и, в меньшей степени – лакказе. Активность Mn-пероксидазы полностью зависит от наличия Mn^{2+} , который окисляется ферментом до Mn^{3+} . Однако, Mn-пероксидаза не способна окислять наиболее устойчивые нефенольные подструктуры лигнина. В связи с этим, долгое время ведущая роль в разложении полимерного лигнина отводилась лигнинпероксидазе – ферменту, обладающему мощным окислительным потенциалом и способному разрушать нефенольные связи. Тем не менее, были обнаружены грибы, эффективно разлагающие лигнин, не имеющие лигнинпероксидазы в составе лигнолитического ферментного комплекса, но обладающие высокой активностью Mn-пероксидазы. Способность Mn-пероксидазы окислять нефенольные соединения ряд ученых объясняют участием медиаторов – низкомолекулярных соединений, окисляемых до

промежуточных радикалов, которые далее реагируют с конечным субстратом. В качестве медиаторов Mn-пероксидаза способна использовать ненасыщенные жирные кислоты, а также соединения, содержащие SH-группы [6, 7].

Наряду с лигнинпероксидазой и Mn-пероксидазой у нескольких грибов был обнаружен третий лигнинолитический фермент – гибридная Mn-пероксидаза, сочетающий в себе свойства ранее открытых лигнинолитических пероксидаз. Этот фермент подобно Mn-пероксидазе способен окислять Mn^{2+} до Mn^{3+} и, подобно лигнинпероксидазе, окисляет органические соединения, в том числе и нефенольные [7].

Ксилотрофный гриб белой гнили *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (вешенка обыкновенная) является эффективным деструктором лигнина. Наличие лигнинпероксидазы в составе его лигнолитического ферментного комплекса обнаружено не было, тем не менее, гриб обладает высокой активностью гибридной Mn-пероксидазы и лакказы [2]. Некоторыми авторами выявлена высокая межштаммовая изменчивость активности ферментов лигнолитического комплекса *P. ostreatus* при разных способах культивирования [3, 4]. Однако эти исследования, в основном, проводились на дикариотической стадии развития гриба. У вешенки обыкновенной наблюдается гаплоидно-дикариотический жизненный цикл, который характеризуется краткосрочной монокариотической и длительной фертильной дикариотической стадиями развития [2]. Поэтому актуальным является исследование лигнолитической активности монокариотического мицелия *P. ostreatus*, который развивается из гаплоидных спор полового размножения.

Целью нашей работы являлось изучение межштаммовой изменчивости гриба *P. ostreatus* на монокариотической стадии развития по пероксидазной активности и отбор активных продуцентов внеклеточной пероксидазы, которая принимает участие в деградации лигнина, среди монокарионов природных штаммов гриба.

Материал и методы исследования

В работе использовали четыре штамма гриба *P. ostreatus* из природных условий обитания и 35 монокариотических изолятов, выделенных в мицелиальную культуру из базидиоспор природных штаммов вешенки обыкновенной по стандартной методике [8].

Таблица 1

Объекты исследования

Генетический статус	Штаммы / изоляты	Источники происхождения
Дикарионы	Д-29, СА, В-99, РО-2117	ДПТ*
Монокарионы	В-99.1, В-99.3, В-99.6, В-99.10, В-99.12, В-99.17, В-99.18, В-99.23, В-99.26, Д-29.1, Д-29.2, Д-29.4, Д-29.5, Д-29.6, Д-29.7, Д-29.8, Д-29.9, РО-2117.1, РО-2117.2, РО-2117.3, РО-2117.4, РО-2117.5, РО-2117.6, РО-2117.7, РО-2117.8, РО-2117.9, СА-1, СА-2, СА-23, СА-20, СА-5, СА-25, СА-27, СА-12, СА-16	МК**

Примечание. *ДПТ – штаммы, выделенные в чистую тканевую культуру сотрудниками кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «ДонНУ» из плодовых тел *P. ostreatus*, произрастающих в природных биогеоценозах; **МК – монокариотические изоляты, выделенные в чистую культуру из базидиоспор *P. ostreatus*.

Выделение чистых культур гриба и размножение мицелия осуществляли на картофельно-глюкозной агаровой среде (КГА) [8]. Музейные штаммы хранили на КГА с добавлением опилок из тополя при температуре +4°C.

Исследование пероксидазной активности мицелиальных культур *P. ostreatus* проводили при твердофазном культивировании гриба на увлажненной лузге семян подсолнечника (влажность $65 \pm 1\%$, начальная pH 6,8). Увлажненный субстрат по 30 г помещали в колбы Эрленмейера емкостью 250 мл и стерилизовали в автоклаве на протяжении 1 часа при давлении 0,7-0,9 атм. Охлажденный субстрат засеивали инокулюмом, которым служили семисуточные культуры ксилотрофа, предварительно выращенных на КГА. Штаммы гриба культивировали в полной темноте при температуре $26 \pm 1^\circ\text{C}$ на протяжении 15 суток.

Из субстрата, проросшего мицелием гриба, экстрагировали пероксидазу, добавляя 0,01 М трис-HCl буфер pH 6,0 из расчета 150 мл буферного раствора на 100 г субстрата. Экстракцию проводили в течение часа при температуре $6 \pm 1^\circ\text{C}$. Далее экстракт центрифугировали при 5000 об./мин. в течение 10 минут. В супернатанте определяли активность внеклеточной пероксидазы фотоэлектроколориметрическим методом на КФК-3 [8], который основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении о-дианизидина («ICN», США) в присутствии перекиси водорода («Реахим», Россия) за определенный промежуток времени. За единицу активности фермента принимали его количество, катализирующего образование 1 мкмоль продукта окисления субстрата за одну мин. на мг белка. Концентрацию белка в супернатанте определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-26 [9]. Метод основан на способности ароматических аминокислот (триптофана и тирозина) поглощать ультрафиолетовый свет с максимумом поглощения при длине волны 280 нм.

Статистическую обработку полученных данных проводили при 5% уровне значимости с помощью дисперсионного, вариационного, кластерного анализов и множественного сравнения арифметических средних значений по критерию Дункана и Даннета, используя компьютерную программу Statistica 6.0 и Microsoft Excel 2007 [5]. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение

В результате проращивания базидиоспор, собранных с плодовых тел четырех природных штаммов *P. ostreatus* (Д-29, СА, В-99, РО-2117), были получены 35 монокариотических изолятов (МК). Среди этих изолятов пероксидазную активность при культивировании на стерильной лузге семян подсолнечника не проявила лишь одна культура – изолят СА-16. У остальных МК выявлен различный уровень изменчивости по исследованному показателю (табл. 2).

Таблица 2

Показатели вариации пероксидазной активности у монокарионов *P. ostreatus*

Штаммы, от которых получены монокарионы	Предел вариации (lim), ед./мг белка	Размах вариации (R), ед./мг белка	Среднее квадратическое отклонение (s), ед./мг белка	Коэффициент вариации (CV), %	Средняя арифметическая и ошибка репрезентативности ($\bar{x}_{\text{ср}} \pm m$), ед./мг белка	Коэффициент асимметрии (As)
В-99	0,99-1,70	0,71	0,21	16	1,31 \pm 0,07	+0,42
Д-29	1,81-2,35	0,54	0,19	9	2,09 \pm 0,07	-0,22
РО-2117	1,49-2,47	0,98	0,29	14	2,01 \pm 0,09	-0,37
СА	1,25-2,60	1,35	0,48	26	1,87 \pm 0,17	+0,29

Достоверно наименьшая амплитуда изменчивости активности внеклеточной пероксидазы наблюдалась у МК штамма Д-29 ($CV = 9\%$, $R = 0,54$ ед./мг белка), а наибольшая – у МК штамма СА ($CV = 26\%$, $R = 1,35$ ед./мг белка). У МК штаммов В-99 и РО-2117 коэффициенты вариации энзиматической активности достоверно находились на одном уровне и соответствовали среднему уровню изменчивости.

У всех исследованных МК *P. ostreatus* рассчитанные коэффициенты асимметрии оказались недостоверными (табл. 2). Поэтому для сравнения средних показателей пероксидазной активности у МК вешенки обыкновенной, полученных от диких штаммов, использовали параметрический метод – множественное сравнение средних арифметических по критерию Дункана. Статистическая обработка экспериментальных данных позволила выявить межштаммовые различия пероксидазной активности у гриба *P. ostreatus* на монокариотической стадии развития. Наименьшая удельная активность внеклеточной пероксидазы обнаружена у МК штамма В-99 ($1,31 \pm 0,07$ ед./мг белка). У природных штаммов Д-29, РО-2117 и СА на монокариотической стадии развития средние показатели пероксидазной активности находились на одном уровне (рис. 1).

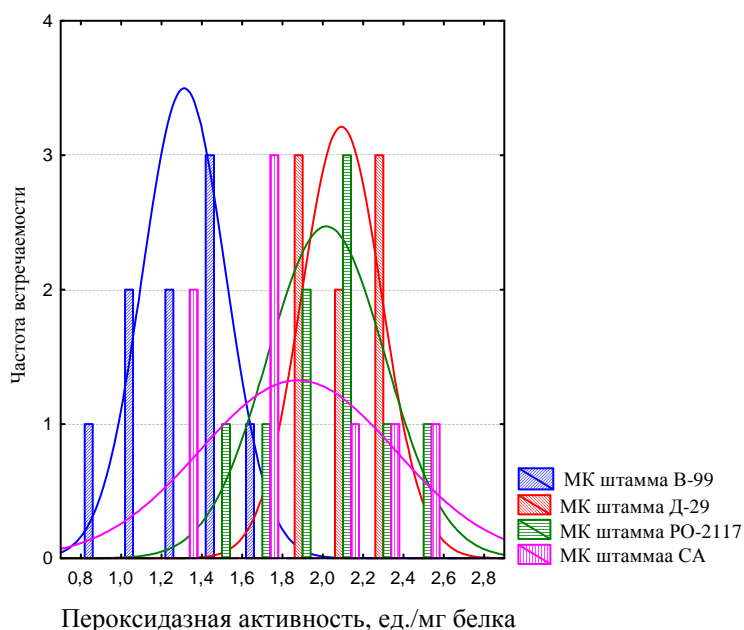
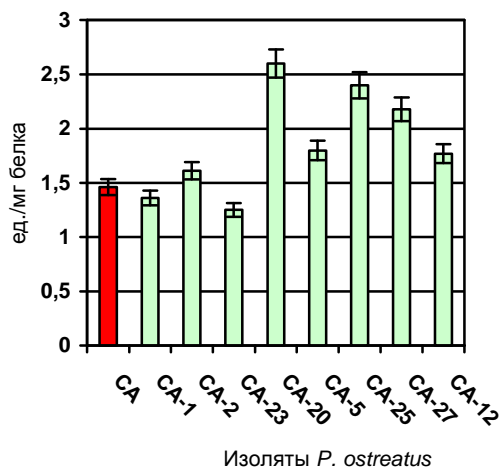
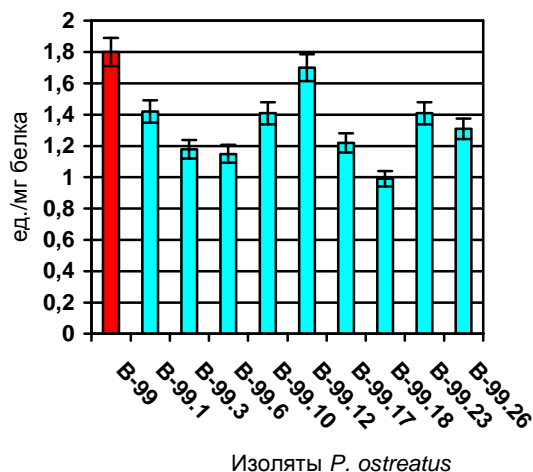


Рис. 1. Пероксидазная активность природных штаммов *P. ostreatus* на монокариотической стадии развития

На дикариотической стадии развития природные штаммы вешенки обыкновенной также различались между собой по активности внеклеточной пероксидазы. Однако распределение штаммов по уровню энзиматической активности было иным в сравнении с монокариотической стадией развития. Наибольшая пероксидазная активность выявлена у штаммов Д-29 и РО-2117 (1,97 и 2,01 ед./мг белка соответственно), наименьшая – у штамма СА (1,46 ед./мг белка). Дикариотический штамм В-99 по уровню активности фермента лигнолитического комплекса (1,80 ед./мг белка) приближался к группе штаммов с высокой активностью внеклеточной пероксидазы.

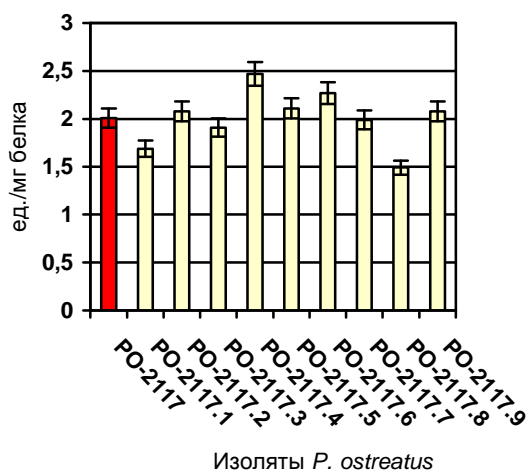
Обнаруженные различия в распределении штаммов *P. ostreatus* по уровню активности внеклеточной пероксидазы на моно- и дикариотической стадиях развития, по-видимому, связано с тем, что субсовы монокарионы этого гриба по-разному наследовали пероксидазную активность от материнских культур. Так, почти все МК штамма В-99 достоверно уступали материнскому дикариону по удельной активности внеклеточной пероксидазы. Исключение составил монокарион В-99.12, который достоверно не отличался от материнской культуры по энзиматической активности (рис. 2, а).

В отличие от МК штамма В-99, у большинства моноспоровых изолятов, полученных от природного штамма *P. ostreatus* СА, пероксидазная активность в 1,1 раза была выше, чем у материнского дикариона. У изолята СА-23 активность энзима в 1,2 раза была ниже, чем у дикариона СА. Монокариотический изолят СА-1 достоверно не отличался от материнской культуры по пероксидазной активности (рис. 2, б).

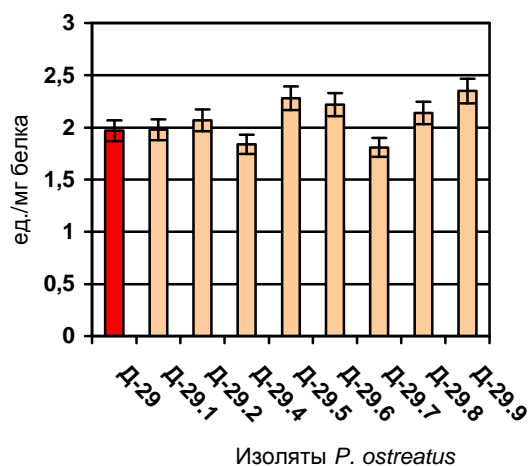


а

б



в



г

Рис. 2. Peroxidase activity природных штаммов *P. ostreatus* на моно- и дикариотической стадиях развития

Большинство МК, полученных от природного штамма РО-2117, достоверно не отличались от материнского дикариона по пероксидазной активности. К активным продуцентам внеклеточной пероксидазы были отнесены изоляты РО-2117.4 и РО-2117.6, которые в 1,1-1,2 раза достоверно превосходили исходный дикарион по энзиматической активности. У МК РО-2117.1 и РО-2117.8 активность исследованного фермента была в 1,2-1,4 раза ниже, чем у материнской культуры (рис. 2, в).

Монокариотические изоляты штамма *P. ostreatus* Д-29 почти равномерно были распределены в группы культур, отличающихся по удельной активности внеклеточной пероксидазы. У трех МК (Д-29.5, Д-29.6 и Д-29.9) пероксидазная активность в 1,1-1,2 раза была выше, чем у материнского штамма. У двух МК (Д-29.1, Д-29.2) активность внеклеточной пероксидазы была в 1,1 раза достоверно ниже, чем у родительского дикариона. Три моноспоровых изолята (Д-29.1, Д-29.2 и Д-29.8) находились на одном уровне с исходным дикариотическим штаммом по пероксидазной активности (рис. 2, г).

В исследуемой выборке МК доминировали изоляты *P. ostreatus* с высокой пероксидазной активностью (38% от общего числа исследованных изолятов), у которых удельная активность внеклеточной пероксидазы варьировала от 2,07 до 2,60 ед./мг белка

(рис. 3). В этой группе изолятов наибольшая пероксидазная активность зафиксирована у МК Д-29.5 (2,28 ед./мг белка), Д-29.6 (2,22 ед./мг белка), Д-29.9 (2,35 ед./мг белка), РО-2117.4 (2,47 ед./мг белка), РО-2117.6 (2,27 ед./мг белка), СА-20 (2,60 ед./мг белка), СА-25 (2,39 ед./мг белка), СА-27 (2,18 ед./мг белка).

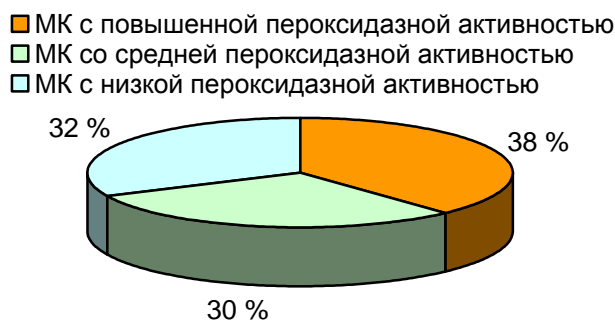


Рис. 3. Распределение монокариотических изолятов, полученных от природных штаммов *P. ostreatus*, по пероксидазной активности

Выводы

Все исследованные штаммы *P. ostreatus* на моно- и дикариотической стадиях развития проявили способность к биосинтезу внеклеточной пероксидазы при твердофазном культивировании. У монокарионов, полученных от природных штаммов вешенки обыкновенной, наблюдалась разная амплитуда изменчивости пероксидазной активности (CV = 9-26%). У 32% монокарионов от общего числа исследованных моноспоровых изолятов вешенки обыкновенной выявлена большая энзиматическая активность, чем у материнских дикариотических культур. Среди этих изолятов к активным продуцентам внеклеточной пероксидазы отнесены 8 монокарионов (Д-29.5, Д-29.6, Д-29.9, РО-2117.4, РО-2117.6, СА-20, СА-25, СА-27).

Список литературы

1. Биоконверсия отходов агропромышленного комплекса : моногр. / Под ред. В. Ю. Барштейна. Новосибирск : Изд. АНС «СибАК», 2016. 88 с.
2. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода Вешенка. К. : Наук. думка, 1987. 148 с.
3. Волошко Т. Е., Федотов О. В. Скрининг штаммов базидиомицетов – активных продуцентов пероксидазы // Biotechnol. acta. 2013. № 5. С. 137–142.
4. Демченко С. И., Дудка И. В., Швиндина Е. С. Целлюлозо- и лигнолитическая активность штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. при твердофазном культивировании // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 93–100.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 350 с.
6. Левит М. Н., Шкроб А. М. Лигнин и лигниназа // Биоорг. хим. 1992. Т. 18, № 3. С. 309–345.
7. Лисов А. В., Леонтьевский А. А., Головлёва Л. А. Гибридные Мп-пероксидазы базидиомицетов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43, № 5. С. 598–606.
8. Методы экспериментальной микологии : справ. / Под ред. В. И. Билай. К. : Наук. думка, 1982. 550 с.
9. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии : учеб. пос. М. : Высш. шк., 1980. 272 с.

Demchenko S. I., Granovskyi I. A. The peroxidase activity of fungus *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. monokaryons. – The paper presents the results of studies of individual variability of *Pleurotus ostreatus* natural strains on monokaryotic stage of development for peroxidase activity. The features of inheritance of peroxidase activity from paternal dikaryons are deduced for *P. ostreatus* monokaryotic isolates. The active producers of exocellular peroxidase are selected among *P. ostreatus* monokaryons.

Key words: fungus *Pleurotus ostreatus*, dikaryons, monokaryons, individual variability, peroxidase activity.

© О. В. Кудинова

ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОФЕРМЕНТНОГО СПЕКТРА ПЕРОКСИДАЗЫ В КОРНЯХ ПРОРОСТКОВ *PINUS SYLVESTRIS* L. ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНФЕКЦИИ *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: kudinova808@mail.ru

Кудинова О. В. Изменение изоферментного спектра пероксидазы в корнях проростков *Pinus sylvestris* L. под действием инфекции *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – Исследован качественный состав изоферментов пероксидазы методом электрофореза в корешках проростков *Pinus sylvestris*, полученных из черных и бежевых семян, под влиянием инфекции *Heterobasidion annosum*. Установлено, что при развитии патологического процесса происходит биосинтез изоферментов *de novo* или их исчезновение, меняется электрофоретическая подвижность и количество белковых компонентов. Проростки из черных и бежевых семян отличаются между собой генетически.

Ключевые слова: пероксидаза, изоферменты, инфекция, проростки, сосна обыкновенная, корневая губка.

Введение

Пероксидаза является одним из главных ферментов, непосредственно регулирующим ответную реакцию растения на техногенное загрязнение среды [13] и грибную инфекцию [1, 2, 5, 7, 8]. Исследования, проведенные с корнями проростков *Picea abies*, показали, что пероксидаза является одним из белков, отвечающим на инфекцию или ранение [11]. Пероксидаза играет определенную роль в лигниновом и субериновом синтезе [14], две группы составляющих которого могут блокировать проникновение инфекции *Heterobasidion annosum*. Более того, пероксидаза может быть вовлечена в защиту при образовании токсичных радикалов [3]. М. Johansson, Р. О. Brandtberg [12] продемонстрировали образование сигнификационных уровней пероксидазы в живых ксилемных тканях *Pinus sylvestris* и *P. abies*, инфицированных S-интерстерильной группой изолятов *H. annosum*. Количество фермента в заболони увеличивалось в 8,75 и 2,86 раз соответственно. М. И. Бойко, О. В. Кудинова [4] обнаружили увеличение количества пероксидазы в инфицированных *H. annosum* проростках *P. sylvestris*.

Учитывая немаловажную роль фермента пероксидазы в защитных реакциях растения на внедрение в его ткани гриба-патогена, мы исследовали качественные изменения изоферментных фракций пероксидазы в корнях инфицированных *H. annosum* проростков сосны обыкновенной, полученных из разноокрашенных семян.

Материал и методы исследования

В экспериментах использовались семена черного и бежевого цветов сосны обыкновенной (*P. sylvestris*). Трехнедельные проростки инокулировали кусочками мицелия ($\approx 1 \times 1$ см) и на 6-й, 9-й и 12-й день после инокуляции использовали их корешки для регистрации изменений в синтезе изоферментов пероксидазы электрофоретическим методом в параллельных пластинах полиакриламидного геля. Пластины готовили по В. Davis в модификации В. И. Сафонова и М. П. Сафоновой [9], Г. Мауэр [6], а электрофорез проводили на приборе ЭЛФ-2 конструкции К. А. Трувеллера, Г. Н. Нефедова [10]. Относительную электрофоретическую подвижность (О.Э.П.) рассчитывали по формуле:

$$\text{О.Э.П.} = a / b,$$

где *a* – расстояние от старта до середины зоны белка; *b* – расстояние от старта до отметки красителя.

Результаты и обсуждение

Электрофоретические исследования показали, что в больных и здоровых корнях проростков сосны обнаружены различные изоэнзимы пероксидазы, происходят изменения в составе форм фермента с развитием патологического процесса.

Так, на 6-е сутки инфицирования в растворе белков, выделенных из здоровых корней проростков из черных семян, обнаружено 7 изоформ пероксидазы с относительной электрофоретической подвижностью (ОЭП): 0,118, 0,145, 0,184, 0,237, 0,368, 0,500, 0,579 (рис. 1). Среди белков корней, инфицированных штаммами НА-6-99 и МСП-99 обнаружено также 7 изоферментов, однако под влиянием штамма НА-6-99 появляются формы с ОЭП 0,105, 0,355, 0,487 и 0,566 и исчезают формы с ОЭП 0,118, 0,368, 0,500, 0,579; при действии штамма МСП-99 появляются изоферменты с ОЭП 0,105, 0,132, 0,395, 0,474, 0,566 и исчезают формы с ОЭП 0,118, 0,145, 0,368, 0,500, 0,579. При инфицировании корней штаммом МСД-99 отмечается существенный сдвиг в синтезе изоферментов пероксидазы. В этих корнях выявлено 6 изоэнзимов с ОЭП 0,105, 0,145, 0,197, 0,250, 0,474, 0,605, 5 изоформ из которых являются новыми.

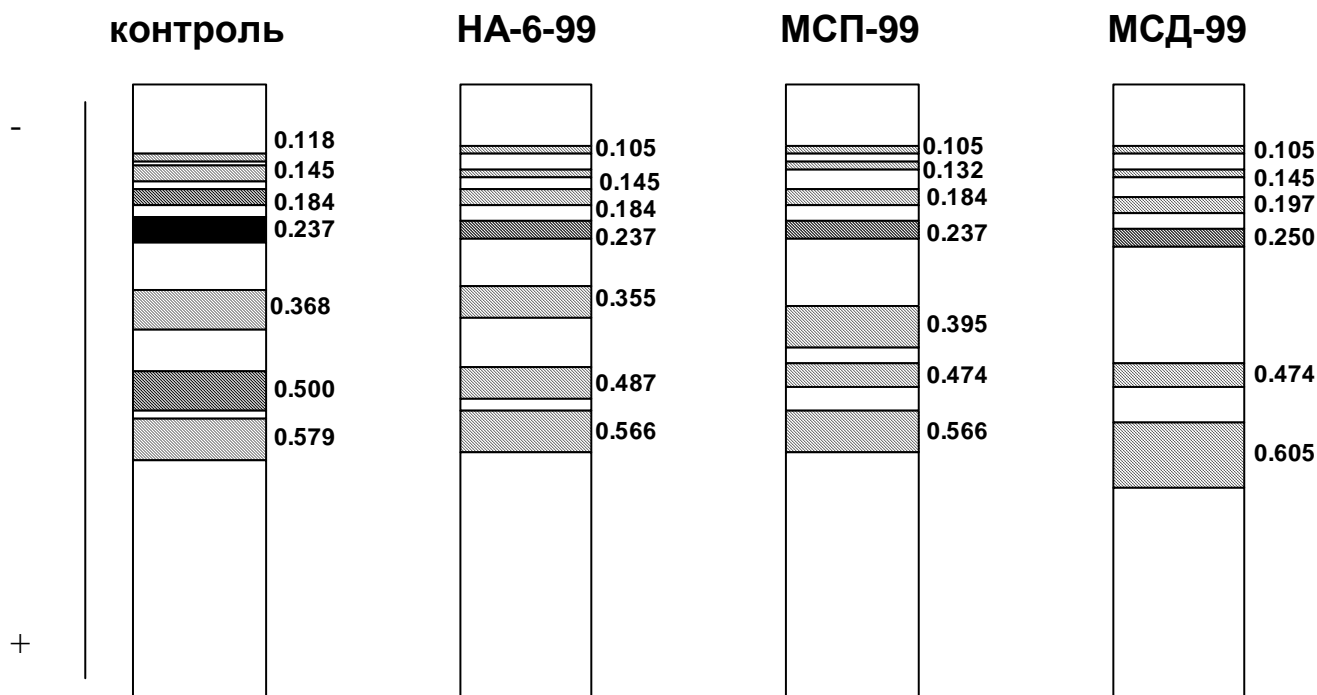


Рис. 1. Схема электрофореграммы изоферментов пероксидазы, выделенных из корней проростков *P. sylvestris* (черные семена) на 6-е сутки после инфицирования *H. annosum*

В экстракте здоровых и больных корней, полученных из бежевых семян, обнаружено одинаковое количество изоэнзимов пероксидазы, однако качественный состав изоформ различен (рис. 2). Так, в контроле обнаружено 9 белков с ОЭП 0,053, 0,105, 0,145, 0,184, 0,237, 0,342, 0,382, 0,500, 0,579. В корнях, инфицированных штаммом НА-6-99 ОЭП изоэнзимов составила: 0,039, 0,092, 0,132, 0,184, 0,237, 0,281, 0,316, 0,474, 0,579. Штаммы из одной популяции МСП-99 и МСД-99 стимулируют образование трех белковых зон с одинаковой ОЭП: 0,079, 0,132, 0,250, и ещё 4 белковых компонента, специфичных для каждого штамма. Изофермент с ОЭП 0,184 присутствует в здоровых и больных корнях проростков, и, по-видимому, контролируется генетически. Однако в инфицированных корнях интенсивность окрашивания этой белковой зоны ниже, чем в здоровых.

Сравнивая между собой изоферментные спектры экстрактов из корней черных и бежевых семян, следует отметить, что в последних появляются фракции с низкой ОЭП.

На 9 сутки инфицирования наблюдаются значительные изменения как в качественном, так и в количественном содержании изоферментов (табл. 1). В контрольных корешках из черных семян обнаружено 6 зон с ОЭП 0,128, 0,167, 0,205, 0,269, 0,359, 0,538. В корешках проростков, инфицированных штаммом НА-6-99, уменьшается количество белковых зон до 4, причем 2 из них – новообразованные (с ОЭП 0,256 и 0,513).

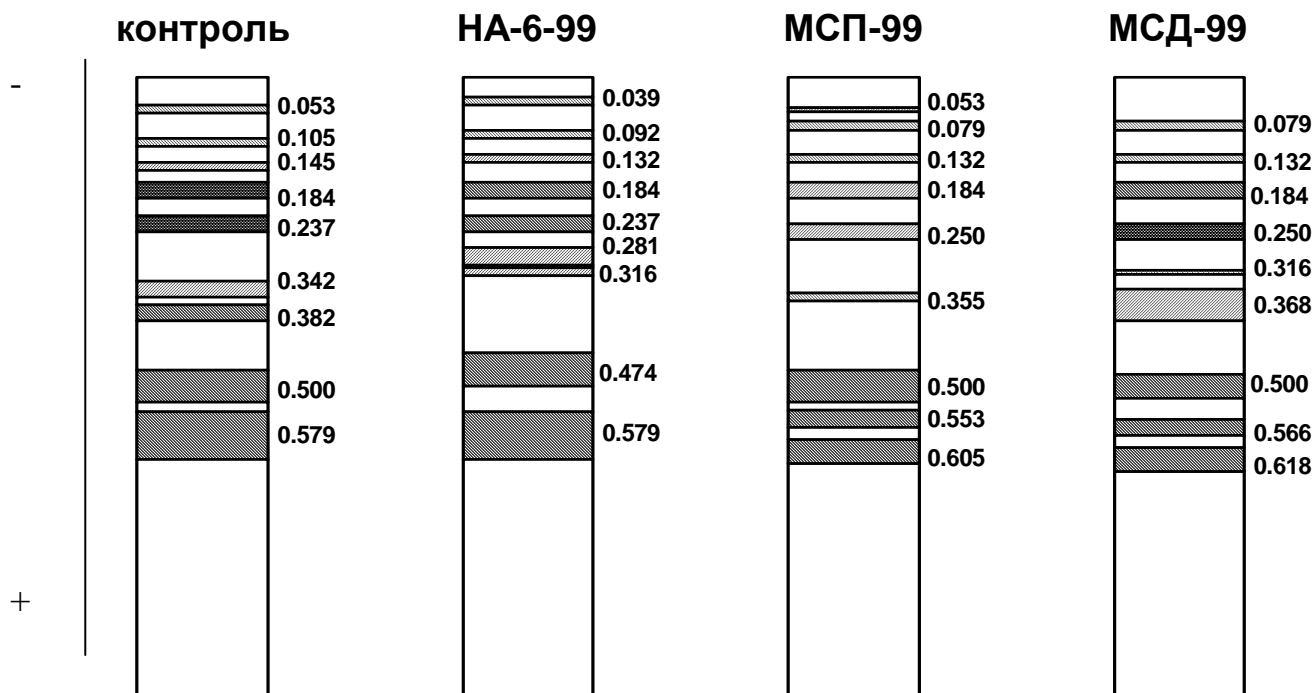


Рис. 2. Схема электрофореграммы изоферментов пероксидазы, выделенных из корней проростков *P. sylvestris* (бежевые семена) на 6-е сутки после инфицирования *H. annosum*

Таблица 1

Электрофореграмма изоферментов пероксидазы, выделенных из корней проростков *P. sylvestris* на 9-е сутки после инфицирования *H. annosum*

О.Э.П.							
Проростки из черных семян				Проростки из бежевых семян			
Контроль	НА-6-99	МСП-99	МСД-99	Контроль	НА-6-99	МСП-99	МСД-99
-	-	-	0,064	-	0,115	-	0,115
0,128	-	0,128	0,128	0,128	-	0,128	-
-	-	-	0,154	-	0,141	-	-
0,167	0,167	0,167	-	0,154	-	-	0,154
0,205	0,205	0,205	0,205	-	-	0,179	0,179
-	0,256	0,256	0,256	0,192	0,192	-	-
0,269	-	-	-	-	0,244	0,244	0,244
-	-	0,333	0,333	0,256	-	-	-
0,359	-	-	0,359	-	-	-	0,295
-	0,513	0,513	0,513	0,308	-	-	-
0,538	-	-	-	0,333	-	-	0,333
				-	-	-	0,474
				-	0,487	0,487	-
				0,500	-	-	-
				-	-	0,538	0,538
				0,551	0,551	-	-
				-	-	-	0,577
				0,590	0,590	0,590	-

На 12-е сутки после заражения продолжают изменения в качественном и количественном составе ферментных компонентов больных корешков. Так, в экстракте корней проростков, полученных из черных семян инфицированных штаммом НА-6-99, обнаружено 6 изоформ пероксидазы с ОЭП 0,100, 0,125, 0,163, 0,213, 0,425, 0,550, причем все они являются новообразованными – отсутствуют в здоровых корнях (табл. 2).

**Электрофореграмма изоферментов пероксидазы, выделенных из корней проростков
P. sylvestris на 12-е сутки после инфицирования *H. annosum***

О.Э.П.							
Проростки из черных семян				Проростки из бежевых семян			
Контроль	НА-6-99	МСП-99	МСД-99	Контроль	НА-6-99	МСП-99	МСД-99
-	-	-	0,075	0,050	0,050	0,050	0,050
-	-	0,088	-	0,088	0,088	-	0,088
-	0,100	-	0,100	-	-	0,100	-
0,113	-	0,113	-	0,113	-	-	0,113
-	0,125	-	0,125	-	0,125	0,125	-
0,138	-	-	-	0,150	0,150	0,150	0,150
-	-	0,150	0,150	-	-	0,188	-
-	0,163	-	-	0,200	0,200	-	0,200
0,175	-	-	-	-	0,400	-	-
-	-	-	0,200	0,413	-	-	0,413
-	0,213	0,213	-	-	-	0,450	-
0,225	-	-	-	0,463	0,463	-	-
-	-	-	0,413	-	-	-	0,475
-	0,425	-	-	0,500	0,500	0,500	0,500
-	-	0,450	-	-	0,525	-	-
0,463	-	-	-	-	-	-	0,538
-	-	0,513	-	0,550	-	0,550	-
0,525	-	-	0,525				
-	0,550	0,550	-				
-	-	0,575	-				
0,613	-	-	-				

В корнях, пораженных штаммом МСП-99, имеются 6 фракций пероксидазы, 4 из которых имеют такую же ОЭП, как и в варианте со штаммом НА-6-99. В дополнение к этому появляется новая белковая зона с ОЭП 0,333. В белках, выделенных из корней инфицированных штаммом МСД-99, выявлено 8 изоферментов с ОЭП 0,064, 0,128, 0,154, 0,205, 0,256, 0,333, 0,359, 0,513. Таким образом, в больных корешках проростков из черных семян под действием изучаемых штаммов корневой губки происходит исчезновение изоэнзимов с ОЭП 0,269 и 0,538 и появляются новые формы ферментов с ОЭП 0,256 и 0,513. Для российских штаммов специфично стимулирование синтеза в корешках проростков изофермента с ОЭП 0,333.

В корешках здоровых проростков из бежевых семян выявлено 9 белковых зон с низкой и средней электрофоретической подвижностью: 0,128, 0,154, 0,192, 0,256, 0,308, 0,333, 0,500, 0,551, 0,590 (см. табл. 1). В корнях, пораженных штаммами НА-6-99, МСП-99 и МСД-99, обнаружено 7, 6 и 9 изоформ пероксидазы соответственно, 3 из которых имеют среднюю электрофоретическую подвижность (как и в контроле). Для инфицированных корней характерно как появление одних, так и исчезновение других фракций фермента.

При инфекции проростков штаммом МСП-99 выявлено 8 фракций фермента, 7 из которых не представлены в здоровых корнях (с ОЭП 0,088, 0,150, 0,213, 0,450, 0,513, 0,550, 0,575), а при инфекции штаммом МСД-99 – 7 фракций, 6 из которых также являются специфичными (с ОЭП 0,075, 0,100, 0,125, 0,150, 0,200, 0,413).

Для проростков сосны, полученных из бежевых семян, на 12-е сутки патогенеза характерна несколько иная картина (см. табл. 2). Так, в проростках, инфицированных штаммом НА-6-99, имеется 9 изоферментов пероксидазы, 6 из которых представлены и у здоровых корней (с ОЭП 0,050, 0,088, 0,150, 0,200, 0,463, 0,500). В белковом экстракте корней, пораженных штаммом МСД-99, имеется также 9 изоферментов пероксидазы, 2 из них – новые и имеют среднюю электрофоретическую подвижность: 0,475 и 0,538. Инфекция

штамма МСП-99 вызывает в корнях изменение синтеза изоэнзимов. В них обнаружено 8 фракций с ОЭП 0,050, 0,100, 0,125, 0,150, 0,188, 0,450, 0,500, 0,550.

Выводы

Под влиянием инфекции в корнях проростков *P. sylvestris* происходят существенные изменения в электрофоретической подвижности изоферментов пероксидазы, в интенсивности их окраски и количестве белковых компонентов. В ходе развития патологического процесса обнаруживается биосинтез изоэнзимов *de novo* или их исчезновение, что указывает на глубокие изменения, происходящие в обмене веществ больных растений. Каждый штамм *H. annosum* действует индивидуально на проростки сосны, приводя к появлению новых специфичных фракций пероксидазы. Проростки из черных и бежевых семян отличаются между собой генетически, о чем говорит качественный и количественный состав фракций пероксидазы.

Список литературы

1. Власова Т. А. Влияние заражения *Verticillium dahliae* Каб. на активность пероксидазы и фенолоксидазы и содержание фенолов в изолированных корнях хлопчатника // Вестн. МГУ. 1993. Сер. 16, № 1. С. 49–57.
2. Граскова И. А. Роль пероксидазы клеток картофеля при патогенезе кольцевой гнили: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. Иркутск, 2001. 156 с.
3. Дубова О. В., Фендюр Л. М. Антиоксидантна система генеративних органів *Catalpa bignonioides* в умовах промислового забруднення викидами електрометалургійного підприємства // Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя, 2000. Т. 5, № 2. С. 33–39.
4. Кудинова О. В., Бойко М. І. Активність пероксидази в паростках сосни звичайної, уражених *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref (коренева губка) // Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя, 2001. Вип. 6, № 2. С. 83–88.
5. Максимов И. В., Валеев А. Ш., Черепанова Е. А., Яруллина Л. Г. Образование пероксида водорода в листьях пшеницы, инфицированных штаммами гриба *Septoria nodorum* с различной вирулентностью // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45, № 4. С. 481–486.
6. Маурер Г. Диск-электрофорез. М.: Мир, 1971. 247 с.
7. Минаева О. М., Акимова Е. Е., Терещенко Н. Н. Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на активность пероксидазы в растениях пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana* // Физиология растений. 2018. Т. 65, № 5. С. 366–375.
8. Перфильева А. И., Рымарева Е. В., Рихванов Е. Г., Живетьев М. А., Граскова И. А. Активность пероксидазы в фитопатогенной системе кольцевая гниль–вегетирующий картофель при влиянии моноацетата натрия и прогревания // Агрохимия. 2015. № 10. С. 63–70.
9. Сафонов В. И., Сафонова М. П. Исследование белков и ферментов растений методом электрофореза в полиакриламидном геле // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 113–136.
10. Трувеллер К. А., Нефедов Г. Н. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинах полиакриламидного геля // Биол. науки. 1974. № 9. С. 137–140.
11. Asiegbu F. O., Daniel G., Johansson M. Defence related reactions of seedlings roots of Norway spruce to infection by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref // Physiological and Molecular Plant Pathology. 1994. N 45. P. 1–19.
12. Johansson M., Brandtberg P. O. Environmental conditions influencing infection of Norway spruce stamps by *Heterobasidion annosum* and effect of urea treatment // Proceeding of the 8 IUFRO Conference on Root and Butt Rots. (Sweden, Uppsala, August 1993). Uppsala, 1994. P. 668–674.

13. Tripodo P., Angelini R., Mazzolenic S., Manes F. Foliar peroxidase activity and sulphat contents as indicators of the urban pollution climate // Ann. Bot. 1992. N 50. P. 49–61.

14. Van Loon L.C. The significance of change in peroxidase in diseased plants // Molecular Aspects of Plant Peroxidase. Université de Geneve, Centre de Boutique, Switzerland. 1985. P. 405–408.

Kudinova O. V. Changes in the isoenzyme spectrum of peroxidase in the roots of *Pinus sylvestris* L. seedlings under the influence of infection *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – The qualitative composition of peroxidase isoenzymes was studied by electrophoresis in the roots of *Pinus sylvestris* seedlings obtained from black and beige seeds under the influence of *Heterobasidion annosum* infection. It was found that the development of the pathological process occurs biosynthesis of isoenzymes de novo or their disappearance, changes in electrophoretic mobility and the number of protein components. Sprouts of black and beige seeds differ genetically.

Key words: peroxidase, isoenzymes, infection, seedlings, Scots pine, root sponge.

УДК 582.284 : 577.151.52

© О. В. Чемерис

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ (ТЕМПЕРАТУРА, pH ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ) НА БИОСИНТЕЗ ПРОТЕИНАЗ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ШТАММАМИ *IRPEX LACTEUS*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: chemeris07@rambler.ru

Чемерис О. В. Влияние условий культивирования (температура, pH питательной среды) на биосинтез протеиназ молокоосвертывающего действия штаммами *Irpex lacteus*. – Изучено влияние условий культивирования (температура и pH питательной среды) на биосинтез экзопротеиназ молокоосвертывающего действия штаммами *Irpex lacteus* 2427 и 2428. Установлено, что наиболее оптимальной температурой культивирования штаммов *Irpex lacteus* 2427 и 2428 является температура 30°C, а начальная кислотность питательной среды pH 4,2.

Ключевые слова: базидиальный гриб *Irpex lacteus*, молокоосвертывающая (сычужная) активность, влияние условий культивирования, кислотность (pH), температура.

Введение

Важными факторами, влияющим на рост и метаболическую активность продуцентов, являются условия кислотно-щелочного равновесия и оптимальная температура [1, 6]. Каждый вид гриба способен развиваться лишь в определенных температурных пределах и значениях pH [8]. Так, активность внеклеточных ферментов существенно зависит от физиологического состояния, возраста культуры и температуры культивирования [6, 17].

Особый интерес к грибу *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. обусловлен его способностью к синтезу внеклеточных ферментов молокоосвертывающего (сычужного) действия [3, 8, 14]. По характеру своего действия они не уступают животному реннину [7, 15]. Создание необходимых условий для его культивирования, с учетом индивидуальных биосинтетических свойств штаммов [13], может способствовать повышенному выходу фермента в культуральную жидкость [12]. В связи с этим целью данного исследования было изучение влияния условий культивирования (температура и pH питательной среды) на биосинтез экзопротеиназ молокоосвертывающего действия штаммами *I. lacteus*.

Материал и методы исследования

В работе использовали штаммы гриба *I. lacteus*, которые были выделены из ткани плодового тела сотрудниками кафедры физиологии растений ДонНУ и хранятся в Коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины (ИБК) под номером 2427 и 2428. Культивирование штаммов *I. lacteus* 2427 и 2428 проводили в колбах Эрленмейера объемом 100 мл с 50 мл жидкой глюкозо-пептонной среды (ГПС) [11] в статических условиях в течение 15 суток при температуре от 28 до 34°C с интервалом 2°C. pH питательной среды доводили 10% раствором HCl до значений от 4,0 до 5,0 с шагом 0,2 pH. Определение молокоосвертывающей активности (МСА) культуральной жидкости (КЖ) штамма определяли по методу M. Kawai и N. Mukai [14] на 10, 12 и 15-е сутки – в период максимальных значений ферментативной активности (установлено ранее [13]). За единицу молокоосвертывающей активности принимали такое количество фермента, которое створаживает 100 мл молока за 40 минут при 35°C. Полученные значения переводили в условные единицы согласно формуле [2, 10].

Уровень общей протеолитической активности (ПА) оценивали по методу, основанному на гидролизе казеиновых белков [2]. Содержание белка в культуральной жидкости определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-46 (ЛОМО) [5], используя формулу Лайне [16].

Исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли дисперсионным анализом качественных и

количественных признаков, а сравнение средних арифметических величин – по критерию Дункана [9].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлена молокосвертывающая активность штамма *I. lacteus* 2427 при культивировании на ГПС с начальным рН 4,0-5,0 и при температурах от 28 до 34°C. Независимо от рН питательной среды и температуры культивирования наблюдались значения МСА КЖ в пределах 200 Е/мл. Однако при условии культивирования штамма *I. lacteus* 2427 на ГПС с начальным рН 4,2 повышение молокосвертывающей активности наблюдалось на 10-е сутки при температуре культивирования 32°C. При дальнейшем культивировании штамма *I. lacteus* 2427 наблюдалось незначительное снижение ферментативной активности. Стоит отметить, что культивирование штамма *I. lacteus* 2427 на питательной среде с начальным рН 4,4, 4,8 и 5,0 приводило к снижению синтеза молокосвертывающего фермента в культуральную жидкость.

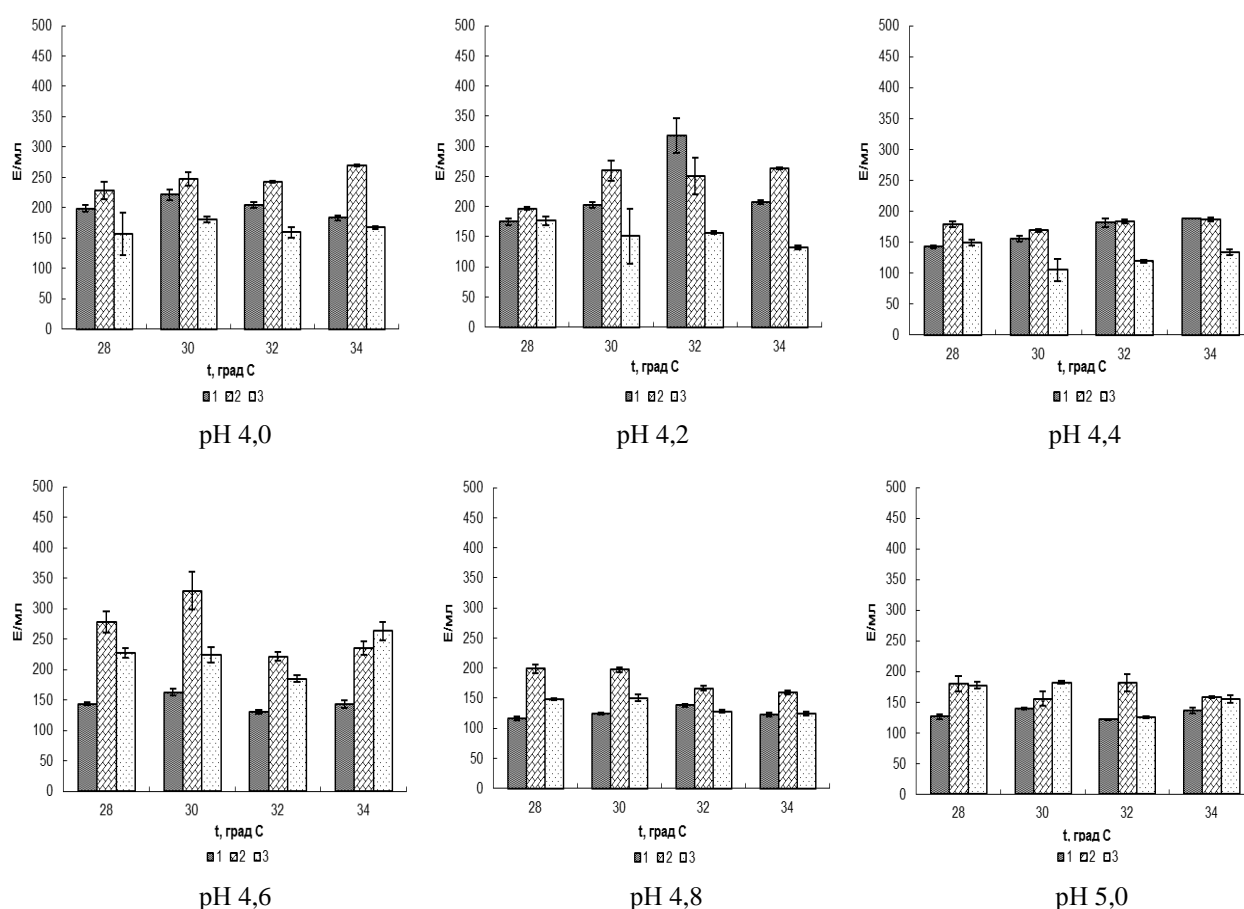


Рис. 1. Молокосвертывающая активность культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2427 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки

Культивирование штамма *I. lacteus* 2428 при разных условиях (температуре и рН питательной среды) влияло на его молокосвертывающую активность (рис. 2). Установлено, что наиболее высокие значения ферментативной активности культуральной жидкости наблюдались при культивировании штамма *I. lacteus* 2428 на ГПС с начальным значением рН 4,0 при температуре 30-32°C и достигали порядка 300-400 Е/мл. При культивировании штамма *I. lacteus* 2428 на питательной среде с начальным рН 4,2, 4,4 и 4,6 при разных температурах закономерности в синтезе фермента молокосвертывающего действия не выявлено.

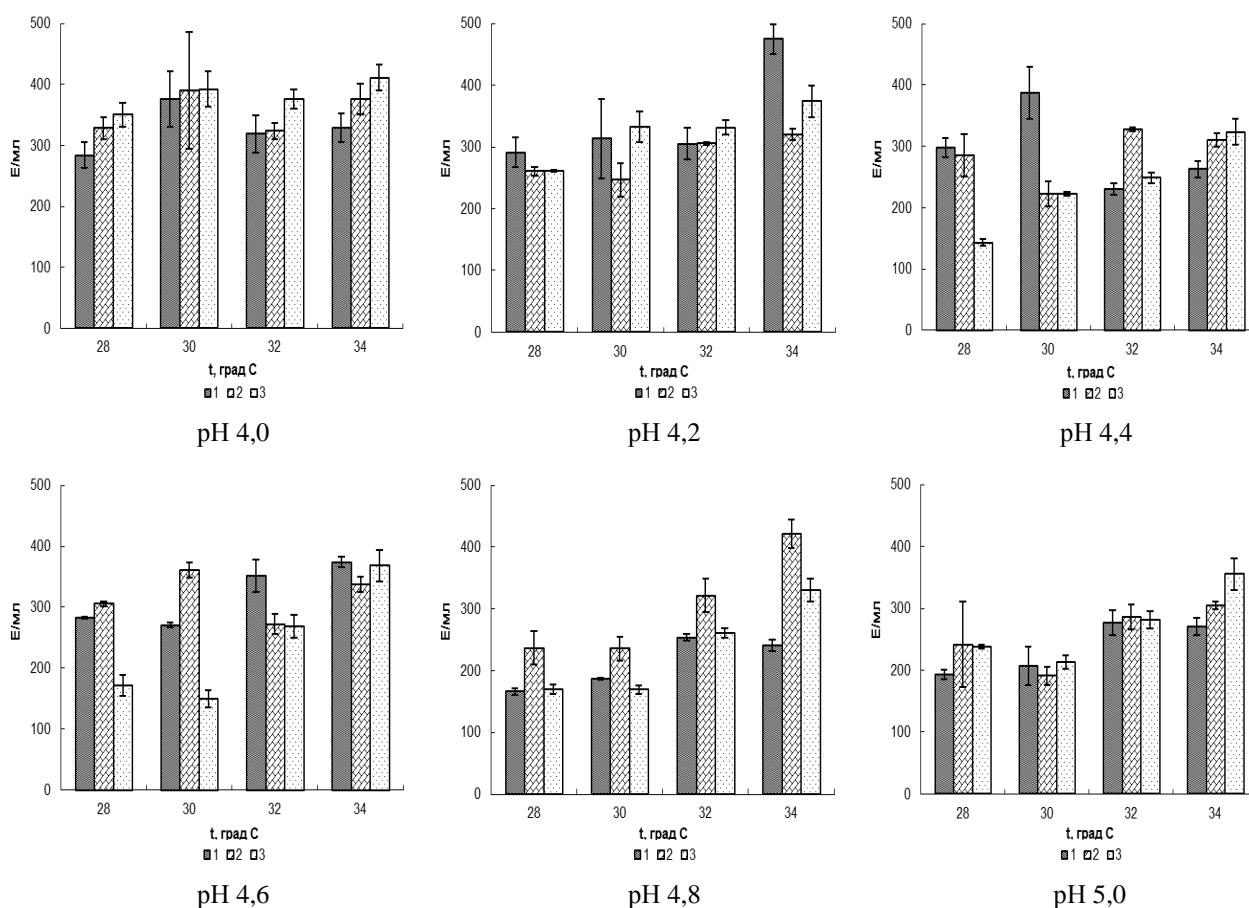


Рис. 2. Молокосвертывающая активность культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2428 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки

Нужно отметить, что культивирование штамма *I. lacteus* 2428 на ГПС с начальным pH 4,8 и 5,0 приводило к снижению молокоосвертывающей активности культуральной жидкости по сравнению с вариантом начального pH 4,0. Значения молокоосвертывающей активности КЖ составляли от 150 до 250 Е/мл при культивировании продуцента при температурах 28-32°C. Исключение составил вариант культивирования данного штамма при температуре 34°C.

На рис. 3 представлена протеолитическая активность штамма *I. lacteus* 2427 при культивировании на питательной среде с pH 4,0-5,0 и при температурах 28-34°C. Для штамма *I. lacteus* 2427 при культивировании на питательной среде с начальными значениями pH 4,0, 4,2 и 4,4 наблюдалось повышение протеолитической активности культуральной жидкости с 10-х по 15-е сутки, с максимальными значениями на 15-й день. При этом наиболее высокие значения протеолитической активности (0,6 Е/мл) отмечены для варианта культивирования при 34°C и pH питательной среды 4,0. При культивировании штамма 2427 при начальном pH питательной среды 4,2 значение протеолитической активности культуральной жидкости составили 0,48-0,5 Е/мл независимо от температуры культивирования, а в варианте pH питательной среды 4,4 – на уровне 0,4-0,45 Е/мл. При культивировании штамма *I. lacteus* 2427 на питательных средах с начальным pH 4,6-5,0 наблюдалась иная закономерность. Так, наиболее высокие значения протеолитической активности культурального фильтрата отмечены на 10-е сутки культивирования изолята – от 0,4 до 0,65 Е/мл. При дальнейшем культивировании происходит снижение протеолитической активности культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2427 в два и более раз. Стоит отметить, что молокоосвертывающая активность культуральной жидкости в данный период возростала (см. рис. 1), что свидетельствует о синтезе экзопротеиназ молокоосвертывающего действия.

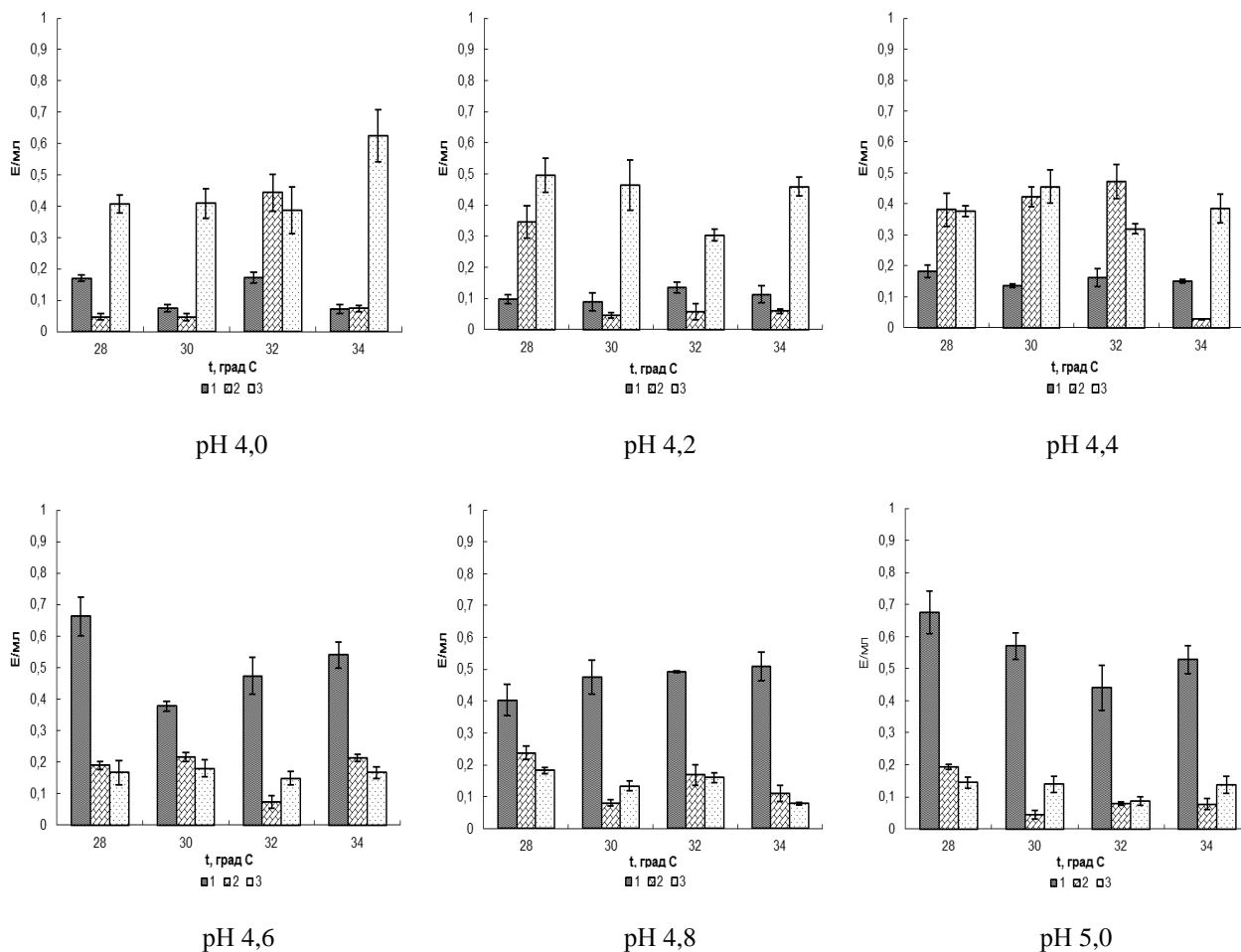


Рис. 3. Протеолитическая активность культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2427 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки

На рис. 4 представлена протеолитическая активность культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2428 при культивировании на ГПС с разными начальными значениями pH и при разных температурах. Установлено, что на 10-е сутки культивирования данного штамма при значениях pH питательной среды 4,0-4,4 протеолитическая активность находилась на достоверно низком уровне (в пределах 0,1-0,16 Е/мл), по сравнению с 12-ми и 15-ми сутками независимо от температуры культивирования. Нужно отметить, что в данный период молокосвертывающая активность культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2428 находилась на одном уровне, как на 10-е, так и на 15-е сутки культивирования. Однако уже на 12-е сутки выращивания гриба протеолитическая активность культуральной жидкости возрастала в 2-4 раза. Это свидетельствует о том, что наряду с ферментом молокосвертывающего действия происходил синтез иных ферментов, обладающих протеолитическими свойствами. При культивировании штамма *I. lacteus* 2428 на питательной среде с pH 4,6-5,0 отмечены более низкие значения протеолитической активности как на 10-е сутки, так и на 15-е сутки выращивания. Достоверное повышение уровня протеолитической активности культуральной жидкости происходило на 12-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* 2428, с последующим снижением на 15-е сутки. Нужно отметить, что в период повышения протеолитической активности молокосвертывающая активность культуральной жидкости данного штамма находилась на уровне 10-х суток или незначительно повышалась.

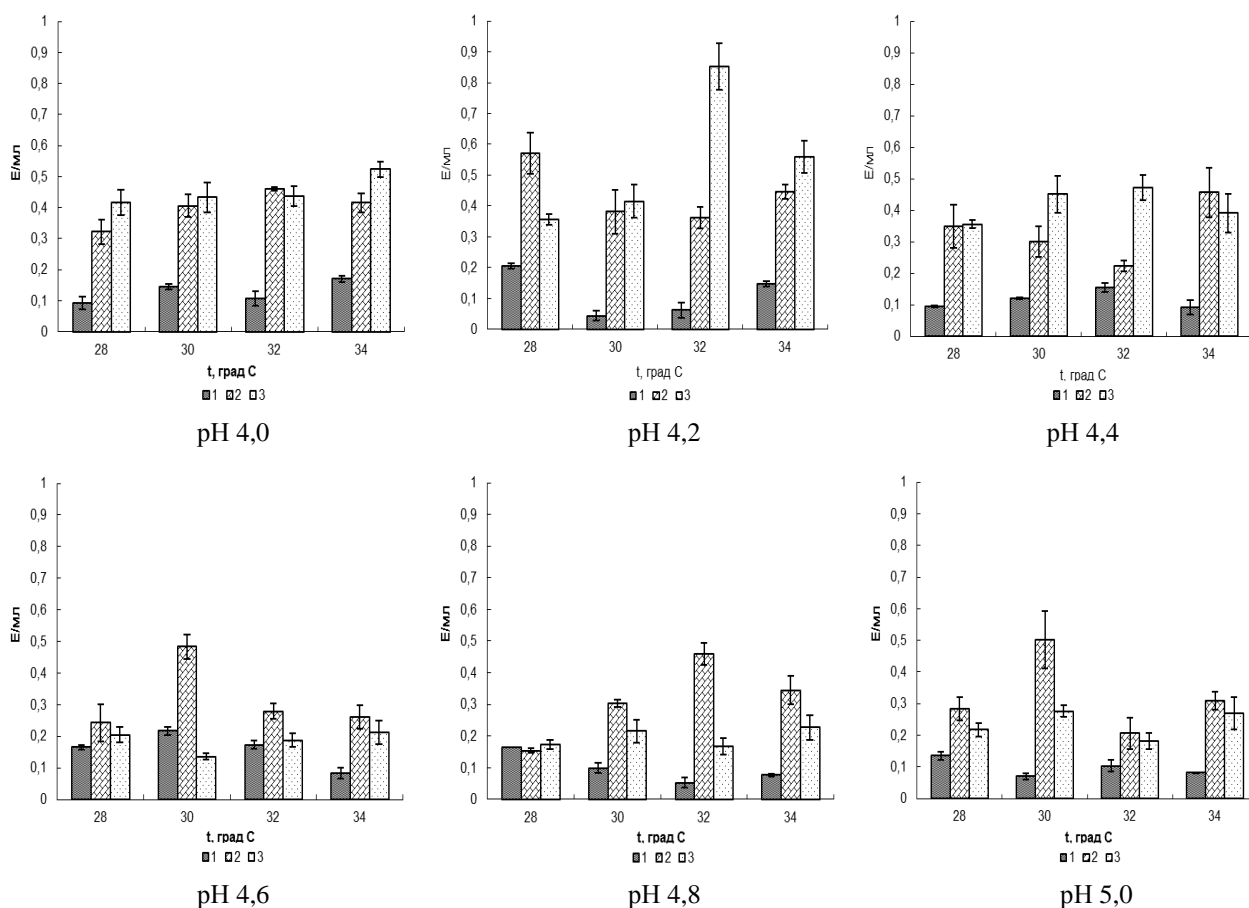


Рис. 4. Протеолитическая активность культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2428 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки

Согласно технологическим требованиям соотношение МСА/ПА молокозвертывающих ферментов должно быть в пределах 800-1000 [4]. Максимальные значения соотношения МСА/ПА отмечены в основном на 12-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* 2427. Именно в этот период наблюдалось снижение протеолитической активности культуральной жидкости данного штамма. Максимальное значение соотношения МСА/ПА отмечено для варианта культивирования штамма *I. lacteus* 2427 на питательной среде с pH 4,0 при 30°C и составило ~5491 и на питательной среде с pH 4,2 при 30°C – ~5638.

Высокие значения соотношения МСА/ПА штамма *I. lacteus* 2428 наблюдались в основном на 10-е сутки культивирования. Дальнейшее культивирование приводило к снижению данного соотношения, что связано со снижением специфической молокозвертывающей активности культуральной жидкости и повышением уровня протеаз иного спектра действия. Необходимо отметить, что максимальное соотношение ~7122 наблюдалось на 10-е сутки культивирования при начальном pH питательной среды 4,2 и температуре 30°C. Нужно отметить, что при культивировании штаммов *I. lacteus* 2427 и 2428 максимальные значения молокозвертывающей активности культуральной жидкости не совпадали с максимальным значением соотношения МСА/ПА.

Для штамма *I. lacteus* 2427 установлено, что на 10-е сутки содержание белка в культуральной жидкости было ниже контроля для вариантов культивирования на питательной среде с pH 4,0-4,4, 5,0 (рис. 5). На 12-е сутки культивирования содержание белка достигало контрольных показателей, что указывает на активный синтез экзобелков в культуральную жидкость. На 15-е сутки происходило снижение содержания белков в КЖ во всех вариантах эксперимента. Исключение составил вариант культивирования штамма *I. lacteus* 2427 на питательной среде с начальным pH 4,6 независимо от температуры.

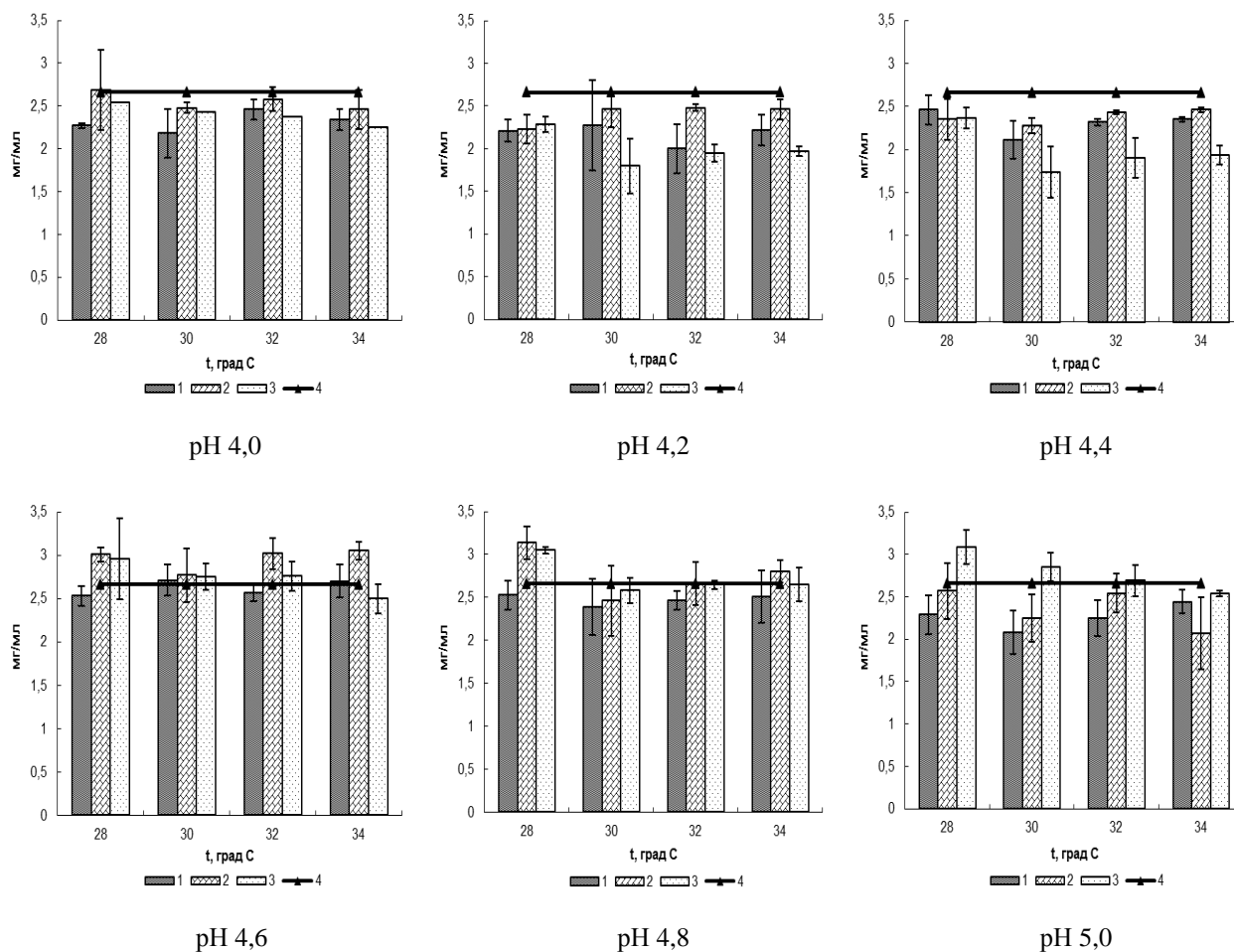


Рис. 5. Содержание белка в культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2427 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – контроль

На рис. 6 представлено содержание белка в культуральной жидкости *Irpex lacteus* 2428 при культивировании на питательных средах с разными значениями pH и при разных температурах. Установлено, что на 10-е сутки культивирования происходит активное потребление белка из питательной среды вместе с синтезом ферментов. Однако при дальнейшем росте данного штамма происходит более интенсивный синтез белковых веществ в культуральную жидкость в вариантах культивирования на питательной среде с pH 4,0 и 4,2. В остальных вариантах гриб продолжал усиленно использовать белок из питательной среды наряду с его синтезом, о чем указывает молокосвертывающая и протеолитическая активность культуральной жидкости.

Выводы

Полученные данные свидетельствуют о том, что условия культивирования (температура и pH питательной среды) оказывали влияние на биосинтез экзопротеиназ молокосвертывающего действия штаммами *I. lacteus* 2427 и 2428. Оптимальной температурой культивирования данных продуцентов является температура 30°C, а начальная кислотность питательной среды pH 4,2.

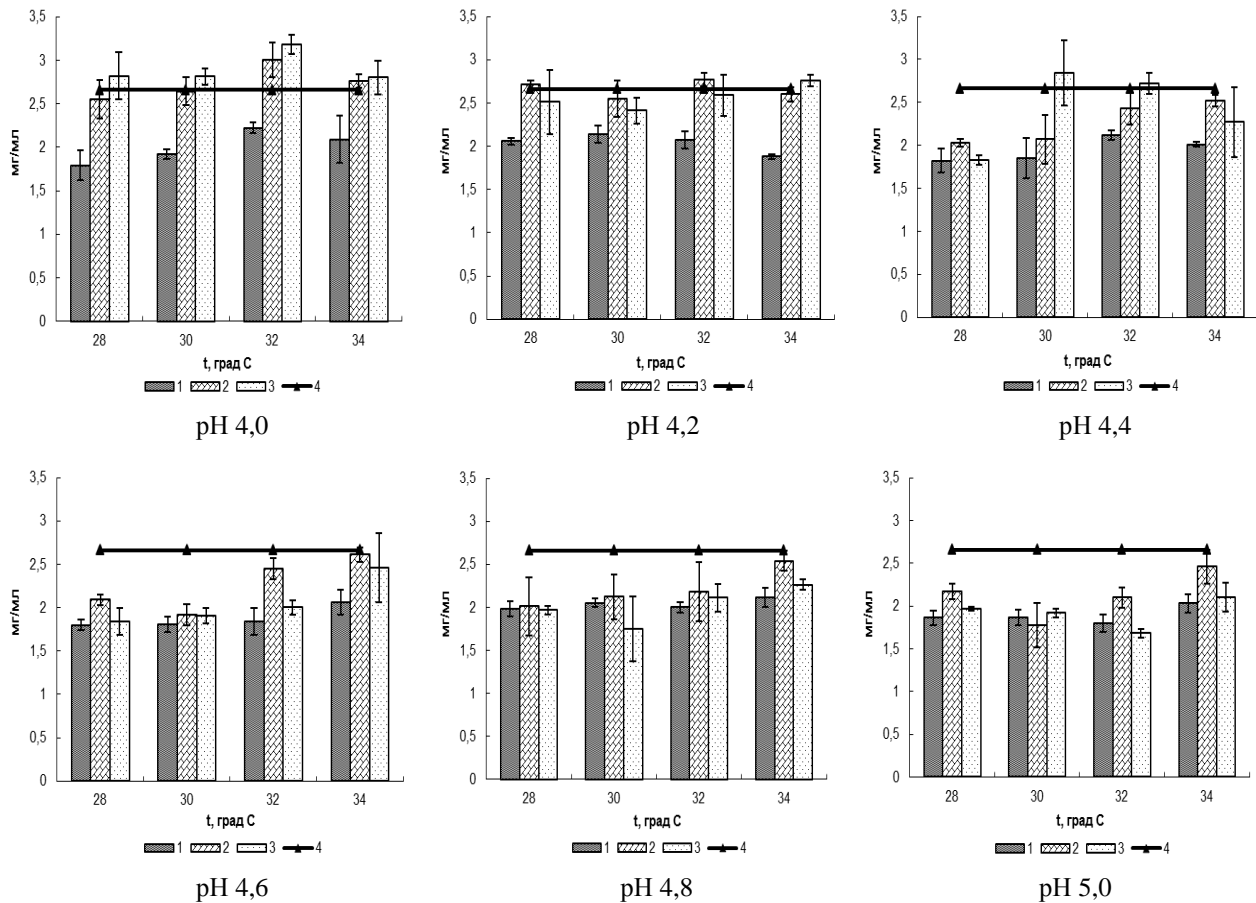


Рис. 6. Содержание белка в культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* 2428 при культивировании на питательной среде с разной кислотностью при разных температурах: 1 – 10-е сутки, 2 – 12-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – контроль

Список литературы

1. Беккер З. Э. Физиология и биохимия грибов. М. : Изд-во Московского ун-та, 1988. 230 с.
2. Белки, ферменты и стеринны базидиальных грибов. Методы исследования / Под ред. О. П. Низковской. Л. : Наука, 1979. 72 с.
3. Бойко С. М. Біологічні особливості штамів *Irpex lacteus* Fr. – продуцентів протеїназ молокозсідалної дії : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.21 «Мікологія». К., 2002. 20 с.
4. Дмитриева Т. А. Изучение молокосвертывающей активности высших базидиомицетов : автореф. дис. ... канд. тех. наук: спец. 03.01.06 «Биотехнология». СПб., 2011. 20 с.
5. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии. М. : Высш. шк., 1980. 272 с.
6. Кузнецова И. А., Клименко А. В., Бойко М. И. Вплив температури на синтез протеїназ молокозсідалної дії та деякі фізіологічні показники культур Р-04 та Ч-03 гриба *Irpex lacteus* // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвуз. сб. науч. тр. Донецк : ДонНУ, 2005. Вип. 5. С. 153–156.
7. Кудрявцева О. А., Дунаевский Я. Е., Камзолкина О. В., Белозерский М. А. Протеолитические ферменты грибов: особенности внеклеточных протеаз ксилотрофных базидиомицетов // Микробиология. 2008. Т. 77, № 6. С. 725–737.
8. Никитина О. А. Влияние pH среды на накопление молокосвертывающего фермента штаммами *Hirschioporus laricinus* // Мікробіол. журн. 1998. № 4. С. 43–48.
9. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів :

навч. пос. Донецьк : Кассиопея, 1999. 210 с.

10. Типограф Д. Я., Петина Т. А. Условия культивирования гриба *Aspergillus candidus*, шт. 111 и его ферментативные комплексы // Прикл. биохим. и микробиол. 1966. Т. 2, № 4. С. 417–424.

11. Федорова Л. Н., Шиврина А. Н. Протеазы сычужного действия в культурах высших грибов // Микол. и фитопатол. 1974. Т. 8, № 1. С. 22–25.

12. Чемерис О. В. Оптимизация условий культивирования штамма *Irpex lacteus* 2426 – продуцента фермента молокосвертывающего действия // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 146–151.

13. Чемерис О. В., Рашевский В. В., Галкова К. А., Бойко М. И. Штаммовая изменчивость синтеза специфических молокосвертывающих протеиназ у базидиального гриба *Irpex lacteus* // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биол. 2016. № 4. С. 45–49.

14. Kawai M., Mukai N. Studies on milk clotting enzymes produced by *Basidiomycetes*. I. Screening test of *Basidiomycetes* for the production of milk clotting enzymes // Agric. Biol. Chem. 1970. Vol. 34 (2). P. 159–163.

15. Kobayashi H., Kusakabe I., Murakami K. Milk-clotting enzyme from *Irpex lacteus* as a calf rennet substitute for cheddar cheese manufacture // Agric. Biol. Chem. 1985. Vol. 49, N 6. P. 1605–1609.

16. Layne E. Spectrophotometric and turbidimetric methods for measuring proteins // Methods Enzymol. 1957. Vol. 3. P. 447–455.

17. Wadekar R. V., North M. J., Watkinson S. C. Proteolytic activities in two wood-decaying basidiomycete fungi, *Serpula lacrymans* and *Coriolus versicolor* // Microbiol. 1995. Vol. 141. P. 1575–1583.

Chemeris O. V. The influence of cultivation conditions (temperature, pH of the nutrient medium) on the biosynthesis of milk-clotting proteinases by *Irpex lacteus* strains. – The effect of cultivation conditions (temperature and pH of the nutrient medium) on the biosynthesis of milk-clotting exoproteinases by the *Irpex lacteus* strains 2427 and 2428 was studied. It was established that the optimal cultivation temperature of the *Irpex lacteus* strains 2427 and 2428 is 30°C and the initial acidity of the nutrient medium is pH 4,2.

Key words: basidiomycete *Irpex lacteus*, milk-clotting (rennet) activity, influence of cultivation conditions, acidity (pH), temperature.

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2019

№ 1–2

Учредитель: ГОУ ВПО «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
(071) 419-59-19
e-mail: eco-1999@mail.ru

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