

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

2018

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 1–2

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

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

Редакционная коллегия

Беспалова С. В. , проф., д-р физ.-мат. наук (<i>главный редактор</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Горецкий О. С. , проф., д-р биол. наук (<i>зам. главного редактора</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Алемасова А. С. , проф., д-р хим. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Бойко М. И. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Глухов А. З. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад» НИИ травматологии и ортопедии
Калинкин О. Г. , проф., д-р мед. наук	ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Россия)
Мацюра А. В. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Остапко В. М. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Сафонов А. И. , доц., канд. биол. наук	Гуманитарно-педагогическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» (Россия)
Соболев В. И. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Труш В. В. , доц., канд. мед. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Штирц А. Д. , доц., канд. биол. наук (<i>отв. секретарь</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Ярошенко Н. Н. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 03.02.00 – общая биология (приказ МОН ДНР № 1134 от 01.11.2016 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 № 7 от 29.06.2018 г.

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2018

Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 2018, № 1–2

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

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

Editorial Board

Bespalova S. V. (Editor-in-Chief)	Donetsk National University
Goretsky O. S. (Associate Editor)	Donetsk National University
Alemasova A. S.	Donetsk National University
Boiko M. I.	Donetsk National University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Kalinkin O. G.	Research Institute of Traumatology and Orthopedy Donetsk National Medical University
Matsyura A. V.	Altai State University (Russia)
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
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

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

e-mail: eco-1999@mail.ru

*Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council
proc № 7 dated 29.06.2018*

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Гридько О. А.</i> Оценка адаптивных признаков селекционных форм популяции <i>Lagurus ovatus</i> L. в условиях Донбасса	6
<i>Жуков С. П.</i> О механизмах распространения чужеродных видов растений с первичной адаптацией в техногенных экотопах Донбасса	14
<i>Мирненко Н. С.</i> Диагностика состояния экотопов г. Донецка по палинологическим данным <i>Betula pendula</i> Roth	20
<i>Мирненко Э. И.</i> Виды Chlorococcales Marchand Нижнекальмиусского водохранилища г. Донецка	25
<i>Сафонов А. И., Морозова Е. И.</i> Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации.....	33
<i>Штирц Ю. А.</i> Показатель псевдосимметрии формы листовой пластинки <i>Populus nigra</i> L. в условиях придорожных насаждений г. Донецка	44

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Амолин А. В.</i> К изучению экологии и брачного поведения четырех гнездостроящих видов пчел (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) в Донбассе	51
<i>Прокопенко Е. В.</i> Пауки (Aranei) урочища Грабовое (Пятихатский район Днепропетровской области)	63
<i>Штирц А. Д., Кашук Н. Ю.</i> Особенности экологической структуры сообществ орибатид (Acari: Oribatida) шахтных промплощадок г. Макеевки	71
<i>Ярошенко Н. Н.</i> Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей (Acari: Oribatei) в условиях регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык»	84

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Ветрова Е. В., Махров В. В.</i> Влияние альтернариоза и монилиоза на некоторые биохимические показатели плодов яблони и груши	99
<i>Сыщиков Д. В., Агурова И. В., Сыщикова О. В.</i> Особенности процессов микробиологической мобилизации соединений азота и углерода в эдафотопе техногенно нарушенных земель	107
<i>Чемерис О. В., Купцова Ю. Г., Бойко М. И.</i> Влияние различных источников углеродного питания на синтез протеиназ молокосвертывающего действия штаммами гриба <i>Irpex lacteus</i>	117

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

<i>Капшук Р. А.</i> Исследование формирования фаций сыворотки крови человека после воздействия вакуумом и ультразвуком	124
<i>Фролова Г. А., Кацель С. Л.</i> Поведенческие эффекты тамоксифена и андрофарма на самок и самцов белых крыс, отличающихся по уровню депрессивности	130

CONTENTS

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Grydko O. A.</i> Assessment of adaptive features of the selection forms <i>Lagurus ovatus</i> L. population in the conditions of Donbass	6
<i>Zhukov S. P.</i> On mechanisms of distribution of alien species of plants with primary adaptation in technogenic ecotopes of Donbass	14
<i>Mirnenko N. S.</i> Diagnostics of ecotopes state in Donetsk according to palynological data <i>Betula pendula</i> Roth	20
<i>Mirnenko E. I.</i> Species of Chlorococcales Marchand of Nizhnekalmius reservoir in Donetsk	25
<i>Safonov A. I., Morozova E. I.</i> Rare species of bryophytes of Donetsk and Makeevka industrial agglomeration	33
<i>Shtirts Yu. A.</i> Pseudosymmetry index of leaf blade shape of <i>Populus nigra</i> L. in conditions of roadside plantations in Donetsk	44

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Amolin A. V.</i> To the study of ecology and mating behavior of four nest-building species of bees (Hymenoptera: Apiformes) in the Donbass	51
<i>Prokopenko E. V.</i> Spiders (Aranei) in Grabove ravine (Piatikhatkinskiy district, Dnepropetrovsk region)	63
<i>Shtirts A. D., Kashuk N. Yu.</i> Characteristics of the ecological structure of the oribatid mites communities (Acari: Oribatida) of the mines' industrial sites in Makeyevka	71
<i>Yaroshenko N. N.</i> Seasonal dynamics of number of egg-laying females of oribatid mites (Acari: Oribatei) in conditions of regional landscape park «Kleban-Byk»	84

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Vetrova E. V., Makhrov V. V.</i> Influence of alternariose and moniliose on some biochemical indices of apple and pear fruits	99
<i>Syshchykov D. V., Agurova I. V., Syshchykova O. V.</i> Features of processes of microbiological mobilization of nitrogen and carbon compounds in the edaphotopes of technogenous disturbed lands	107
<i>Chemeris O. V., Kuptsova Yu. G., Boyko M. I.</i> Influence of various sources of carbon nutrition on the synthesis of milk-clotting proteinase by fungus <i>Irpex lacteus</i>	117

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

<i>Kapshukov R. A.</i> Investigation of the formation of facies of human blood serum after exposure to vacuum and ultrasound	124
<i>Frolova G. A., Katsel S. L.</i> Behaviour effects of tamoxifen and androhparm on female and male of white rats with different level of depressive	130

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

УДК 581.57 : 582.542.11 (477.6)

© О. А. Гридько

**ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ ПОПУЛЯЦИИ
LAGURUS OVATUS L. В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА**

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

Гридько О. А. Оценка адаптивных признаков селекционных форм популяции *Lagurus ovatus* L. в условиях Донбасса. – Приведены результаты индуцирования наследственной изменчивости *Lagurus ovatus* L. с получением новых селекционных форм. Наиболее широкий диапазон изменчивости морфологических признаков отмечен при использовании 0,005% раствора диметилсульфата с экспозицией в течение 18 часов. В результате химического мутагенеза получены селекционные формы 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень', обладающие однородностью, стабильностью и наследственностью декоративных признаков.

Ключевые слова: химический мутагенез, селекционная форма, *Lagurus ovatus* L., зеленое строительство.

Введение

Одним из приоритетных направлений научных исследований в ботанических садах являются селекционно-генетические аспекты интродукции растений с применением методов отдаленной гибридизации, полиплоидии, мутагенеза для создания хозяйственно-ценных форм растений с повышенной способностью адаптации к региональным условиям [3].

Несмотря на то, что за последнее время появилось значительное количество новых сортов декоративных злаков зарубежного происхождения, поиск перспективных видов и сортов для почвенно-климатических условий Донбасса продолжается. Более того, наличие ассортимента данной культуры отечественного происхождения в настоящее время недостаточно разнообразен. Поэтому с целью пополнения ассортимента декоративных злаков сортами с повышенной адаптивной способностью к региональным условиям нами проведена селекция вида *Lagurus ovatus* L. (зайцехвост яйцевидный) донецкой популяции путем химического мутагенеза.

Цель работы – на основе сравнительной оценки выделить биоморфологическое разнообразие и адаптивные признаки селекционных форм *L. ovatus*, полученных в результате химического мутагенеза для пополнения ассортимента декоративных злаков отечественного производства.

Материал и методы исследования

В качестве материала исследований использовали *L. ovatus* коллекции «Газонные и декоративные злаки» Государственного учреждения «Донецкий ботанический сад» 1988 года интродукции [3, 7].

L. ovatus – однолетнее средиземноморское декоративное растение, культивируемое из-за красивых мохнато-волосистых колосовидных метелок. Используется в озеленении как бордюрное растение и для составления сухих букетов [15].

В основу эксперимента по индуцированию наследственной изменчивости под влиянием химических мутагенов положена методика Н. Н. Зоз [5, 8, 9]. Описание полученных селекционных форм проведено по методике экспертизы зайцехвоста яйцевидного, разработанной Г. А. Кудиной [10]. Изучение качества семян (абсолютный вес, энергия прорастания и лабораторная всхожесть), семенной продуктивности проводили по общепринятым методикам [2, 11, 12]. Для анатомического анализа отбирали средние части пластинок второго сверху листа генеративных побегов в период цветения. Изготовление временных препаратов, измерение отдельных элементов и статистическую обработку результатов проводили по общепринятым методикам [4, 6, 13, 15]. Оценивание степени

засухоустойчивости полученных форм проводили согласно шкале Г. Н. Шестаченко, Т. В. Фалькова [17].

Результаты и обсуждение

В экспериментальном мутагенезе успех работы во многом зависит от правильно выбранной дозы химических мутагенов, состоящей из концентрации и экспозиции. От дозы мутагенов зависит не только количество, но и качество мутаций. Частота жизнеспособных мутаций с увеличением дозы мутагена до определенного предела растет, после чего падает (видимо по причине гибели клеток, несущих рядом с жизнеспособными мутациями летальные перестройки хромосом) [1, 5].

Высокие дозы мутагенов, при которых в M_1 погибает значительная часть растений (от 50 до 90%) использовать в селекции нецелесообразно, поскольку положительные мутации при этом часто сопровождаются стерильностью и другими нежелательными изменениями растений. Рационально использовать такие дозы, которые не вызывают значительной гибели растений, угнетение их роста и развития. Наибольший выход положительных мутаций чаще наблюдается при стимулирующем действии дозы мутагена.

Продолжительность обработки семян мутагенами сильно влияет на выход мутаций и во многом зависит от качества семян. Экспозиция в 24 часа часто оказывается менее эффективной, чем более короткая, что объясняется распадом мутагена в водном растворе и образованием при этом токсичных веществ. Кроме того, для некоторых культур во время длительного замачивания семян нарушается целостность семян или семена сильно слипаются.

Так, получению селекционных форм *L. ovatus* способствовала обработка зерновок мутагеном 0,005% и 0,01% раствором диметилсульфата (ДМС) с длительностью экспозиции, соответственно, 6 и 18 часов. Экспозиция мутагенов в течение 18 часов, особенно в первый год жизни, ингибирует всхожесть и энергию прорастания зерновок, жизнеспособность сеянцев [8, 9] (табл. 1).

Таблица 1

Влияние диметилсульфата на зерновки *Lagurus ovatus* L.

Варианты эксперимента (концентрация, экспозиция)	Всхожесть, %	Жизне- способность, %	Количество измененных форм в M_1 , %	Селекционная форма
Вода – контроль	32,7	20,7	0	контроль
ДМС 0,01 %, 6 часов	52,0	43,3	4,35	'Велетень'
ДМС 0,005 %, 18 часов	22,0	13,3	66,7	'Пухнастик', 'Вересень'

Обработка зерновок 0,005% раствором ДМС с экспозицией 18 часов расширило спектр variability признаков по высоте генеративных побегов, форме и размерам соцветия. Наиболее часто в первом поколении (M_1) встречались следующие изменения: габитус куста, размеры генеративных побегов и метелок, размеры и окраска листьев, количество генеративных побегов. Также выделены низкорослые и высокорослые формы *L. ovatus* с короткой яйцевидной и удлиненной цилиндрической плотно сжатой колосовидной метелками, с узкими короткими и широкими длинными листьями, с ранним и поздним сроками начала колошения.

Среди выделенных форм наиболее интересными были ветвящиеся [8]. Большинство этих растений имели дополнительные побеги второго и третьего порядков, выходящие из пазух листьев на высоте 2,5-5,0 см над уровнем почвы. В отличие от исходного материала, более 70% низкорослых селекционных форм *L. ovatus* приобрели ветвистость, причем у некоторых растений наблюдалась ветвистость не только второго, но и третьего порядка.

Известно, что ветвление побегов у злаков осуществляется в зоне кущения. Ветвление стеблей в верхней и средней части у злаков внетропических стран – явление редкое. По мнению Н. Н. Цвелева [16], стебли злаков способны формировать боковые побеги, но у более примитивных групп они располагаются в зоне кущения, для более прогрессивных групп боковые побеги формируются в пазухах отставленных друг от друга стеблевых листьев. Следовательно, можно предположить, что появляющиеся под действием мутагенов ветвистые формы эволюционно более продвинуты, чем исходные.

Таким образом, использование 0,005% и 0,01% раствора химического мутагена ДМС с экспозицией 6 и 18 часов, соответственно, расширило спектр изменчивости и количество видимых морфологических признаков за счет мутации слабомутагенных локусов. Явление изменения ряда признаков у мутантов обусловлено либо плейотропным действием мутировавшего гена, либо одновременным мутированием нескольких генов [8].

Изучение второго (M_2) и третьего (M_3) поколений, выделенных в M_1 форм показало, что большинство видимых изменений являются модификациями, но некоторые из них (ветвистость, низкорослость и высокорослость, количество генеративных побегов, размеры листьев, размеры генеративных побегов и соцветий) наследовались в следующих (M_2 и M_3) поколениях. Появление измененных форм в контрольном варианте говорит о мутабельности генотипа *L. ovatus*, у которого под действием экстремальных факторов среды могут появляться спонтанные мутации или морфозы. Используя в течение 2003-2009 гг. метод, заключающийся в многократном индивидуальном отборе растений по желаемым качественным признакам, получили три селекционные формы *L. ovatus*: 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень'.

Селекционная форма 'Пухнастик' отличается от исходного материала низкорослостью (высота дерновины $9,0 \pm 0,54$ см), мелкими размерами флагового листа ($1,5 \pm 0,15$ см и $0,2 \pm 0,04$ см соответственно по длине и ширине) и листа генеративного побега ($3,8 \pm 0,47$ см и $0,3 \pm 0,41$ см). От контроля селекционная форма отличается яйцевидной формой соцветия, его размерами ($1,4 \pm 0,08$ см и $0,9 \pm 0,03$ см), а также формой и длиной ости нижней цветочной чешуи (табл. 2).

Селекционная форма 'Велетень', в отличие от исходного материала, характеризуется высокорослостью (высота дерновины $30,5 \pm 2,70$ см), крупными размерами флагового листа ($3,5 \pm 0,09$ см и $0,9 \pm 1,12$ см соответственно, по длине и ширине) и листа генеративного побега ($7,5 \pm 1,25$ см и $0,7 \pm 0,05$ см). От контроля селекционная форма отличается цилиндрической формой соцветия, его размерами ($3,5 \pm 0,95$ см и $2,0 \pm 1,55$ см), а также формой и длиной ости нижней цветочной чешуи (см. табл. 2).

Селекционная форма 'Вересень' отличается от исходного материала высокорослостью (высота дерновины $38,5 \pm 1,59$ см), крупными размерами флагового листа ($3,5 \pm 0,25$ см и $1,1 \pm 0,52$ см соответственно, по длине и ширине) и листа генеративного побега ($8,9 \pm 1,4$ см и $0,9 \pm 0,55$ см), цилиндрической формой соцветия, его размерами ($4,5 \pm 0,05$ см и $2,0 \pm 1,08$ см), а также формой и длиной ости нижней цветочной чешуи. Более того, селекционная форма 'Вересень', в отличие от исходного вида и других селекционных форм, обладает поздним сроком начала колошения, а также проявляет высокую устойчивость к засухе и действию сильных ливней (см. табл. 2).

Селекция *L. ovatus* по размерам соцветий и высоте растений привела к изменению типа и архитектоники дерновины. Так, полупрямой тип дерновины в фазе цветения отмечен у селекционных форм 'Пухнастик' и 'Велетень', полураскидистый – 'Вересень'. Увеличение или уменьшение высоты селекционных форм растений достигнуто не изменением количества междоузлий на генеративном побеге, а за счет длины отдельного междоузлия.

**Морфологическое разнообразие *Lagurus ovatus* L. и его селекционных форм
'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень'**

Признак	<i>Lagurus ovatus</i> L.	Селекционные формы		
		'Пухнастик'	'Велетень'	'Вересень'
Период формирования соцветия		M±m		
	ранний	ранний	ранний	поздний
Флаговый лист (в период колошения):				
- ширина, см	0,6±0,05	0,2±0,04***	0,9±1,12***	1,1±0,52***
- длина, см	2,5±0,03	1,5±0,15***	3,5±0,09**	3,5±0,25**
Лист генеративного побега:				
- ширина, см	0,8±0,50	0,3±0,41***	0,7±0,05*	0,9±0,55*
- длина, см	7,6±0,89	3,8±0,47***	7,5±1,25*	8,9±1,4**
Тип дерновины	полупрямой	полупрямой	полупрямой	полураскидистый
Высота растения в период цветения, см	25,1±3,15	9,0±0,54***	30,5±2,70***	38,5±1,59***
Форма соцветия (колосовидная метелка)	заостренно-яйцевидная	яйцевидная	цилиндрическая	цилиндрическая
Соцветие:				
- длина, см	2,6±0,10	1,4±0,08***	3,5±0,95***	4,5±0,05***
- ширина, см	1,3±0,08	0,9±0,03***	2,0±1,55*	2,0±1,08*
- форма ости нижней цветковой чешуи	согнутая	прямая	согнутая	согнутая
- длина ости нижней цветковой чешуи, мм	11,0±1,20	14,0±1,51**	14,5±1,13**	14,5±2,15**

Примечания:

1. $M \pm m$ – среднее арифметическое значение и ошибка;

2. Различия по сравнению с контролем достоверны при $P > 0,95$ (*), $P > 0,99$ (**), $P > 0,999$ (***)

С изменением морфометрических параметров соцветия меняется семенная продуктивность полученных селекционных форм *L. ovatus*. Так, отмечено повышение семенной продуктивности селекционных форм 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень' по сравнению с контролем. Самый высокий показатель семенной продуктивности отмечен у селекционных форм 'Пухнастик', 'Велетень' (табл. 3), что, вероятно, связано с ранним цветением, развитием фертильной пыльцы и созреванием зерновок в благоприятный летний период. Также отмечено снижение семенной продуктивности селекционной формы 'Вересень' по сравнению с другими формами, что обусловлено поздним сроком цветения и формированием семенного материала.

Таким образом, обработка семян *L. ovatus* мутагеном ДМС способствовала повышению производительности соцветия по сравнению с контролем в 1,06-1,12 раз. Более того, для исследованных селекционных форм нами выявлена прямая зависимость между реальной семенной продуктивностью и высотой растений в генеративной фазе развития ($r = 0,75-0,81$), размерами колосовидной метелки ($r = 0,83-0,87$).

Биоморфологические особенности зерновок и семенная продуктивность *Lagurus ovatus* L. и его селекционных форм 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень'

Параметр	<i>Lagurus ovatus</i> L.	Селекционные формы		
		'Пухнастик'	'Велетень'	'Вересень'
		$M \pm m$		
ПСП, шт.	78,0±4,43	32,0±3,24**	266,0±10,61***	283,6±6,42***
РСП, шт.	58,0±3,81	26,0±3,17***	228,0±17,70***	222,6±5,60***
КС, %	74,2	79,9	83,0	78,6
Длина зерновки, $M \pm m$, см	2,2±0,04	2,1±0,05	2,3±0,01	2,3±0,04
Ширина зерновки, $M \pm m$, см	0,8±0,02	0,8±0,02	0,9±0,02	0,9±0,02
Абсолютный вес, $M \pm m$, г	0,3±0,02	0,4±0,01*	0,4±0,01*	0,4±0,01*
Энергия прорастания, %	44	60	51	40
Всхожесть зерновок, %	66	65	80	59
Длительность прорастания, сут.	4	3	3	3

Примечания:

1. $M \pm m$ – среднее арифметическое значение и ошибка;
2. ПСП – потенциальная семенная продуктивность, РСП – реальная семенная продуктивность, КС – коэффициент семенификации;
3. Различия по сравнению с контролем достоверны при $P > 0,95$ (*), $P > 0,99$ (**), $P > 0,999$ (***).

В результате обработки семян мутагеном ДМС произошли изменения биоморфологических особенностей зерновки, энергии прорастания и всхожести. Почти во всех случаях 0,01% и 0,005% растворы ДМС стимулировали морфометрические показатели зерновок *L. ovatus*, энергию прорастания и лабораторную всхожесть (см. табл. 3). Энергия прорастания и всхожесть зерновок селекционной формы 'Вересень' уменьшилась по сравнению с контролем, что обусловлено ограниченным количеством завязавшихся зерновок по причине позднего периода цветения.

Таким образом, указанные биоморфологические особенности зерновок приобрели наследственный характер и могут быть использованы в качестве репродуктивной характеристики полученных селекционных форм.

С целью определения адаптационных возможностей и индикаторных признаков селекционных форм интродуцированного вида к засушливым условиям Донбасса, нами проведено сравнительное исследование особенностей анатомического строения листовой пластинки селекционных форм 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень' по сравнению с контролем.

Обработка 0,01% и 0,005% растворами ДМС способствовала изменению толщины листа, коэффициента ребристости, толщины верхнего и нижнего эпидермиса, количества и расстояния между ведущими пучками, а также количества и длины трихом (табл. 4).

Особенности анатомического строения листа *Lagurus ovatus* L. и его селекционных форм 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень'

Параметры	<i>Lagurus ovatus</i>	Селекционные формы		
		'Пухнастик'	'Велетень'	'Вересень'
Толщина листа, М±m, мкм	191,6±7,18	175,2±2,89	192,9±3,48	224,5±2,99
Толщина верхнего эпидермиса, М±m, мкм	31,7±1,34	28,2±1,31	30,6±1,31	31,1±0,75
Толщина нижнего эпидермиса, М±m, мкм	24,5±1,11	24,0±0,85	24,5±0,76	24,0±0,85
Расстояние между проводящими пучками, М±m, мкм	208,7±8,62	191,6±8,52	272,2±3,88	230,1±3,28
Количество проводящих пучков на 1 мм ²	23–29	26–29	29–31	31–33
Длина трихом (min – max), мкм	52,2–238,7	72,6–574,7	46,2–659,9	145,5–669,3
Количество трихом на 1 мм ² , М±m	14,5±1,00	10,9±0,93	11,7±1,52	15,4±2,15
Коэффициент ребристости	1,1	1,2	1,2	1,2

Примечание. М±m – среднее арифметическое значение и ошибка.

Полученные данные позволили установить, что все селекционные формы увеличивают коэффициент ребристости верхней поверхности листовой пластинки, что можно рассматривать как адаптивный признак вследствие влияния ДМС. Толщина верхнего эпидермиса превышает толщину нижнего, причем самые крупные клетки обнаружены у селекционной формы 'Вересень' – $31,1 \pm 0,75$ мкм и $26,7 \pm 1,28$ мкм, соответственно, на верхней и нижней стороне.

Количество проводящих пучков нельзя рассматривать в качестве индикаторного признака, так как с увеличением ширины листовой пластинки растет и их количество. Плотность размещения проводящих пучков на 1 мм² листовой пластинки, а также трихом обеспечивает поставку и задержание воды в засушливых условиях произрастания. Среди полученных селекционных форм *L. ovatus* форма 'Вересень' отмечена наивысшей степенью засухоустойчивости. Данное свойство четко отражается на анатомической структуре: утолщенная листовая пластинка ($224,5 \pm 2,99$ мкм), увеличение количества трихом до $15,4 \pm 2,15$ на 1 мм².

Выводы

В результате проведенного исследования предложен и запатентован способ мутагенной обработки зерновок *L. ovatus* [14]. Установлено, что для индуцирования наследственной изменчивости *L. ovatus* эффективно использовать 0,01% и 0,005% растворы химического мутагена ДМС. Широкий диапазон морфометрической изменчивости обнаружен в результате обработки семян 0,005% раствором ДМС с длительной экспозицией в течение 18 часов. В результате химического мутагенеза получены селекционные формы 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень', характеризующиеся однородностью, стабильностью и наследственностью декоративных признаков. Обработка семян *L. ovatus* мутагеном ДМС способствовала повышению производительности соцветия по сравнению с контролем в 1,06-

1,12 раз. Под влиянием мутагена ДМС произошли изменения биоморфометрических показателей зерновок *L. ovatus*, энергии прорастания и лабораторной всхожести. Кроме того, выбранные дозы химического мутагена способствовали изменению анатомического строения листовой пластинки полученных селекционных форм.

В результате индивидуального отбора по желаемым качественным признакам селекционные формы 'Пухнастик', 'Велетень' и 'Вересень' обладают новыми декоративными особенностями, являются однородными и стабильными, поскольку их основные признаки были неизменными у всех исследованных растений в течение 10 лет.

Селекционная форма 'Вересень' отмечена наивысшей степенью засухоустойчивости, проявляет устойчивость к полеганию во время осенних ливней и имеет длительный вегетационный период. Именно селекционная форма 'Вересень' рекомендована к массовому внедрению и широкому использованию в зеленое строительство г. Донецка.

Список литературы

1. Андрощук О. Ф. Мінливість рослин, викликана дією деяких хімічних мутагенних речовин / О. Ф. Андрощук // Укр. ботан. журн. – 1966. – Т. 23, № 5. – С. 28-33.
2. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826-831.
3. Глухов О. З. Інтродуковані декоративні злаки в умовах південного сходу України / О. З. Глухов, О. О. Грідько. – Донецьк, 2012. – 240 с.
4. Зайцев Г. Н. Математический анализ биологических данных / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1991. – 184 с.
5. Зоз Н. Н. Исследование зависимости действия химических мутагенов от дозы / Н. Н. Зоз // Химический мутагенез и селекция. – М.: Наука, 1971. – С. 161-169.
6. Клейн Р. М. Методы исследования растений / Р. М. Клейн, Д. Т. Клейн. – М.: Колос, 1974. – 528 с.
7. Кудина Г. А. Интродукция декоративных злаков и перспективы их использования в Донбассе / Г. А. Кудина, Л. Ю. Качур // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 39-45.
8. Кудина Г. А. Селекция однолетних декоративных злаков / Г. А. Кудина, А. Ю. Червинский // Промышленная ботаника. – 2004. – Вып. 4. – С. 161-165.
9. Кудина Г. А. Химические мутагены в селекции цветочно-декоративных растений / Г. А. Кудина // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып. 6. – С. 116-120.
10. Кудина Г. О. Методика проведення експертизи зайцехвосту яйцеподібного (*Lagurus ovatus* L.) на відмінність, однорідність і стабільність / Г. О. Кудина // Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних на відмінність, однорідність і стабільність. – 2009. – С. 401-410. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f1cfd2b89c.pdf>
11. Лищук С. С. Методика определения массы семян / С. С. Лищук // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76, № 11. – С. 1623-1624.
12. Методические рекомендации по определению потенциальной и реальной продуктивности пшеницы / [Куперман Ф. М., Мурашёв В. В., Щербина И. П. и др.]. – М., 1980. – 40 с.
13. Основы микротехнических исследований в ботанике. Справочное руководство / [Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятов и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 127 с.
14. Патент України 50654 UA, МКВ А 01Н 1/06. Спосіб мутагенної обробки насіння зайцехвоста яйцеподібного (*Lagurus ovatus* L.): Патент на корисну модель / О. З. Глухов, Г. О. Кудина, О. О. Грідько. – № u200909916; заявл. 28.09.09; опубл. 25.06.10. – Бюл. № 12.
15. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
16. Цвелев Н. Н. Злаки СССР / Н. Н. Цвелев. – Л.: Наука, 1976. – 787 с.

17. Шестаченко Г. Н. Методические рекомендации по оценке засухоустойчивости растений, применяемых для скальных садов в субаридных условиях / Г. Н. Шестаченко, Т. В. Фалькова. – Ялта : Б. и., 1974. – 10 с.

Grydko O. A. Assessment of adaptive features of the selection forms *Lagurus ovatus* L. population in the conditions of Donbass. – The results of inducing hereditary variability of *Lagurus ovatus* L. with obtaining new selection forms have been presented. The widest range of variability of morphological features marked using 0.005% solution of dimethyl sulfate with an exposure for 18 hours. As a result of chemical mutagenesis, the selection forms 'Pukhnastik', 'Veleten' and 'Veresen' have a homogeneity, stability and heredity of decorative features.

Key words: chemical mutagenesis, selection form, *Lagurus ovatus* L., green building.

УДК 581.55 (477.60)

© С. П. Жуков

О МЕХАНИЗМАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ С ПЕРВИЧНОЙ АДАПТАЦИЕЙ В ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПАХ ДОНБАССА

ГУ «Донецкий ботанический сад»

283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: donetsk-sad@mail.ru

Жуков С. П. О механизмах распространения чужеродных видов растений с первичной адаптацией в техногенных экотопах Донбасса. – Рассмотрены особенности распространения чужеродных видов, первоначально внедряющихся в техногенные экотопы, а затем распространяющихся на окружающие территории. Предложен вариант механизма их последовательной адаптации к местному климату и ценоотическому окружению.

Ключевые слова: фитоценоз, сукцессия, экотоп, породный отвал.

Введение

Антропогенная трансформация биосферы по мере развития современной цивилизации становится всё более явной в различных своих проявлениях. В растительном мире, в частности, выражены процессы космополитизации и унификации флоры и растительности, постоянного проникновения новых для регионов видов [1]. Особенно интенсивно эти процессы идут в промышленных регионах, к которым относится и Донбасс. В этом плане весьма интересен вопрос как происходит проникновение чужеродных видов на новые для них территории, что представляет особую опасность [2]. Влияние естественных и антропогенных нарушений, их взаимодействия на протекание демографических процессов считаются малоизученными, хотя это может изменять динамику популяций неаддитивно, делая прогнозы об их развитии сложной задачей [10]. Конкретно нас интересовали те виды, которые проникают в сложившиеся биогеоценозы промышленного региона через техногенные биогеоценозы, процесс их освоения в техногенно трансформированных территориях и какую роль последние играют в этом процессе. Это связано с тем, что, появляясь вначале в пределах техногенных экотопов, такие виды часто в дальнейшем переходят и в другие экотопы с сообществами различной степени трансформации или даже попадают в естественные фитоценозы или близкие к таковым по своему составу и структуре, что может представлять угрозу сложившимся региональным экосистемам. Поэтому выяснение особенностей этих процессов может быть необходимым при выработке мер сохранения имеющегося биоразнообразия и, в перспективе, регулирования развития растительного покрова, находящегося под антропогенным влиянием. Кроме того, на основании опыта минувших биогеоценологических кризисов выявлено, что растения, с которых начинается зарастание новых участков, – это та часть сообщества, изменения которой особенно опасны, и к изменениям которой следует относиться особенно осторожно [4].

Цель работы – рассмотреть механизм распространения чужеродных видов с использованием техногенных экотопов Донбасса как места первоначального проникновения и адаптации к местным эколого-ценоотическим условиям.

Материал и методы исследования

Проведено обобщение многолетних наблюдений (1997-2018 гг.) в регулярно обследовавшихся техногенных экотопах Калининского, Ворошиловского, Кировского, Буденовского и Пролетарского районов г. Донецка, в частности на породных отвалах угольных шахт и промплощадках. Использованы данные обследований на постоянных пробных площадях и трансектах, а также данные маршрутных обследований. Из техногенных объектов выбирали те, на которых после окончания эксплуатации или после проведения рекультивационных работ не осуществлялось в дальнейшем техногенное воздействие.

Выявляли случаи первоначального появления в техногенных экотопах чужеродных видов, их размножения и распространения в последующем на прилегающие территории: селитебные, парковые, слаботрансформированные участки сохранившейся природной растительности.

Результаты и обсуждение

По критерию первопоселения в изучаемых техногенных экотопах и отсутствия в этот момент на прилегающих территориях был отобран ряд видов, часть из которых уже давно встречаются в Донбассе на целом ряде техногенных или трансформированных человеком территорий, в том числе в культуре. Это, например, *Padellus mahaleb* (L.) Vassilcz., *Senecio vernalis* Waldst. & Kit., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle и др. [3, 6]. Но наиболее интересными были процессы внедрения через техногенные экотопы недавно занесенных, чужеродных видов растений, таких как *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort s.l., *Senecio viscosus* L., виды рода *Oenothera* L., *Petrosedum reflexum* (L.) Grulich. Они позволяют с гораздо большей степенью вероятности предполагать распространение этих видов на территории, прилегающие к техногенным объектам, именно из отслеживаемых техногенных экотопов.

Первичное распространение чужеродных видов проходит, очевидно, по транспортным путям, но в связи с постоянным нарушающим воздействием в них, закрепление чаще происходит в техногенных экотопах с редким и незначительным последующим влиянием человека, обычно заброшенных после использования, например, на породных отвалах шахт в изученных условиях.

Особенно показательным был процесс распространения и внедрения тонколучника *Phalacrolooma annuum*, который был прослежен на многих стадиях: в 1997 г. он был отмечен на отвале шахты № 3 г. Донецка; в первые годы тысячелетия распространился на отвалах в центральных районах города, при этом происходила его адаптация к новым, более засушливым условиям региона, шел отбор более ксерофитных особей. Так, тогда неоднократно наблюдалась картина массового засыхания в случае засухи летом (обычно это происходило в июле – августе) и плодоношением только отдельных более приспособленных экземпляров, которые к тому времени успевали сформировать плоды, например, на переформированном отвале в ур. Бахмутка (напротив больницы им. Вишневого). При этом происходила элиминация подавляющего числа особей на плоской вершине отвала, занятой этим видом в сочетании с *Ambrosia artemisiifolia* L., которая имеет площадь порядка 1 га. Открытые для внедрения новых видов площади техногенных экотопов служат в данном случае полигоном для их адаптации к новым условиям, отбора устойчивых в новых условиях особей из огромного числа генетических вариантов. Такое контрастное изменение местообитаний по показателю влажности и соответствующая фенотипическая дифференциация видов приводили в описанных в публикациях случаях и к выраженной генотипической дифференциации [11]. К концу первого десятилетия нашего века этот вид отмечался нами на многих породных отвалах по всей территории города и начался его выход на городские территории, газоны, пустыри, придорожные полосы. В настоящее время этот вид встречается в самых различных городских экотопах, в том числе и на территории ботанического сада. Наблюдается даже появление цветковых вариаций у соцветий, в частности синеватой окраски у язычковых цветков (июнь 2017 г., ул. Лабутенко) и выращивание его в качестве декоративного растения на придомовых территориях (или оставление его в этом качестве на грядках). Вероятно, произошло и ускорение начала цветения у этого вида. Так, в 2018 г. на отвале шахты «Заперевальная» цветущие особи наблюдались уже в конце мая, тогда как по описанию вид должен цвести с августа. В текущем 2018 г. этому способствовало раннее потепление весной с высокой суммой активных температур, но и в предыдущие годы начало цветения происходило уже в июне. Возможно, за счет элиминации особей с более поздним цветением вследствие повторяющихся засух в августе – сентябре, когда они должны плодоносить, произошло вымывание (или блокировка и пониженная экспрессия) генов, связанных с этим признаком и

усиление альтернативного блока генов, обеспечивших нетипично раннее цветение и, соответственно, плодоношение. Такие факты, в свою очередь поднимают вопрос о темпах видообразования и появлении новых таксонов вследствие антропогенного кризиса, о которых уже указывается, что время этих изменений «...коротко по меркам не только геологическим, но даже и человеческим» [4, с. 336].

Таким образом, в результате наблюдений в течение ряда лет за развитием заносных видов, широко распространяющихся в техногенных экотопах в районе исследований, и с учетом общих закономерностей развития ценозов, удалось реконструировать по элементам и составить общую схему и последовательность такого процесса, то есть рассмотреть его механизм. По крайней мере, это один из наиболее вероятных вариантов, наиболее согласующийся с нашими данными. При этом возможно последующее распространение нового вида как в антропогенно измененных примыкающих сообществах на зональных почвах, так даже и в незначительно, на фоновом уровне измененные природные фитоценозы, возможно, после некоторого промежуточного этапа широкого внедрения в этих антропогенно измененных местных сообществах. Наиболее благоприятны для таких процессов внедрения и последующего развития техногенные экотопы, которые на определенном временном этапе перестают использоваться, и в дальнейшем естественным образом происходит развитие биогеоценозов в сложившемся техногенном экотопе, то есть его сукцессия.

Предлагаемая схема проникновения нового или чужеродного вида в биогеоценозы промышленного региона через техногенные экотопы включает ряд этапов:

1. Вследствие техногенного нарушения образуется условно свободное от жизни пространство, куда идет занос диаспор видов местной флоры из рядом расположенных природных и в различной степени антропогенно трансформированных биогеоценозов, или по путям сообщения, или с дальних расстояний ветром, или животными и птицами. Не всегда можно отследить конкретные пути занесения и место происхождения диаспор видов. Собственно, и момент первоначального проникновения на техногенный участок не всегда устанавливается, но по интенсивности размножения и состоянию ценопопуляции его можно примерно оценить. В этот момент экологические ниши внедряющегося нового в этом месте вида (особенно в случае чужеродного вида) и обычных для таких экотопов видов-пионеров несостыкованы, могут сильно перекрываться, полностью или частично совпадая в разных своих измерениях. После окончания эксплуатации техногенного объекта и какое-то время после этого (зависит от свойств получившегося экотопа, иногда это довольно продолжительное время, как на породных отвалах), из-за слабой сформированности техногенных биогеоценозов при попадании в него чужеродных видов они оказываются в низкоконкурентной среде, где нет фитоценотического ограничения для их выживания и развития. Происходит закрепление новых видов в этом сообществе (по сути, группировке). В природных или незначительно трансформированных сообществах этому препятствует фитоценотическая замкнутость сообществ. Поэтому, если даже вначале такие виды и проникали на техногенный объект через какие-то локальные нарушения в окружающих более сформированных сообществах, то в дальнейшем они могут там выпасть вследствие конкурентного воздействия.

2. После закрепления вида в техногенных биогеоценозах начинается размножение, увеличивается его количество, идет адаптация к местным условиям и распространение этого чужеродного вида в другие сообщества техногенного объекта, в том числе и более сформированные, в которых присутствуют и местные виды. При этом адаптации к абиотическим факторам как раз способствует низкий уровень конкуренции в сообществах. Адаптация к местным почвенно-климатическим условиям может идти по принципу массовой элиминации неустойчивых особей с вымыванием генов, не соответствующих новым условиям. При этом возможно усиление альтернативных свойств, например, как в случае сдвига начала цветения у *Phalacrolooma annuum* на более ранние сроки.

3. При взаимодействии с имеющимися видами местных сукцессионных рядов, происходит передифференциация их экологических ниш, со сдвигом, трансформацией экологических ниш местных видов и формированием новой экологической ниши для внедрившегося вида, адаптированной к местным условиям (рис. 1). Эти процессы, возможно, идут без изменения фундаментальной экологической ниши внедряющихся видов, хотя такое тоже нельзя исключать, в частности для однолетних видов, на протяжении уже десятков поколений развивающихся в описываемых условиях. Но, по крайней мере, очевидно, что при дифференциации экологических ниш в сообществах изменяются реализованные экологические ниши как внедряющихся видов, так и уже присутствующих в данных фитоценозах. Это сопровождается изменениями конкурентоспособности видов, изученной нами на породных отвалах шахт [7]. Фактор межвидовых взаимоотношений во многом определяет направление развития и структуру растительных сообществ, которые формируются. Если в эволюционном времени конкуренция ведет к различию экологических ниш видов, то в сукцессионном аспекте межвидовые взаимоотношения ведут к формированию группировок из видов, все более дифференцированных по экологическим нишам.

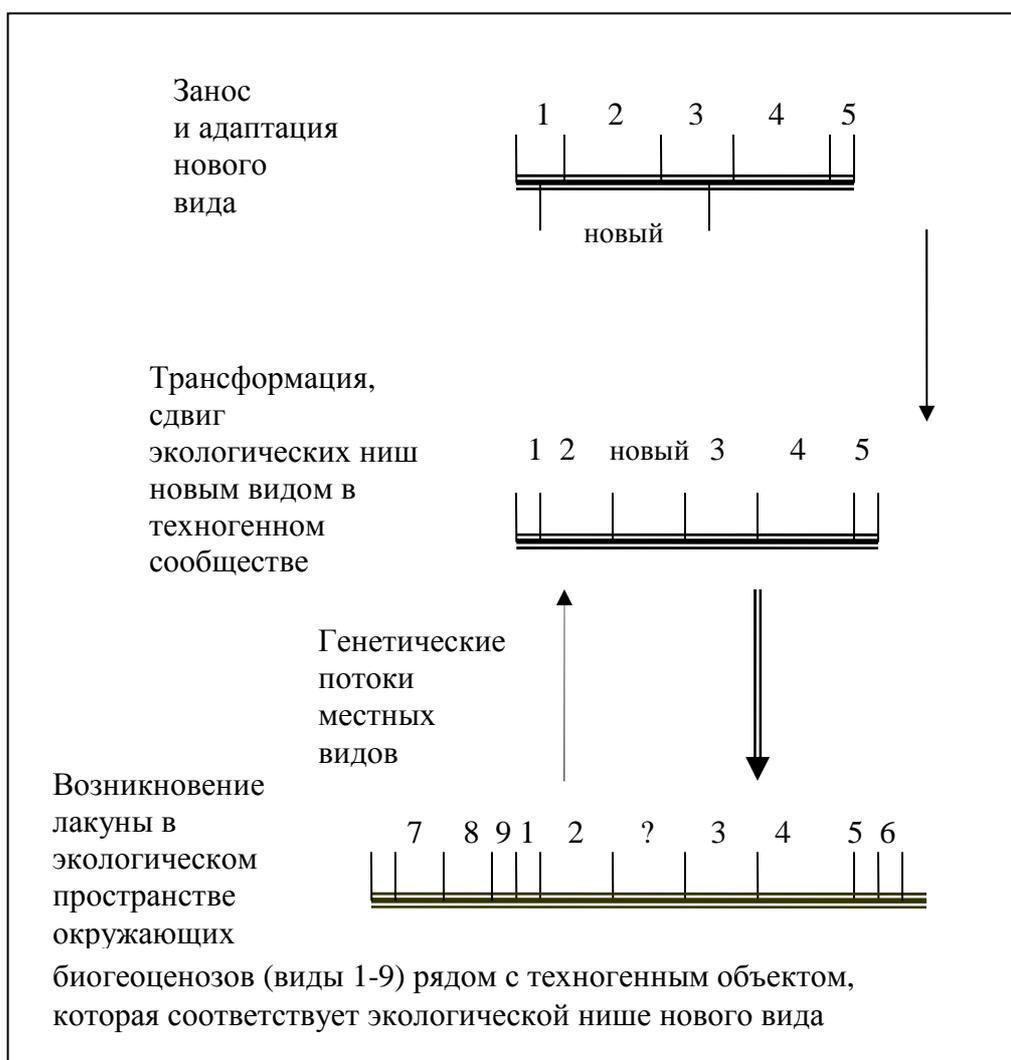


Рис. 1. Обобщенная схема дифференциации экологических ниш после проникновения нового, чужеродного вида в биогеоценозы промышленного региона через техногенные биогеоценозы
Пояснения в тексте

4. В процессе дифференциации экологических ниш происходит отбор соответствующих особей, которые легче встраиваются в формирующиеся в техногенных экотопах сообщества, сопровождающийся дрейфом генетической структуры в ценопопуляции многих видов техногенных биогеоценозов. Вследствие обмена генетической информацией у местных видов между ценопопуляциями техногенных экотопов и остальной частью этих популяций на прилегающих территориях, при наблюдающемся в настоящее время часто количественном преобладании по площади техногенных биогеоценозов генетический поток от них оказывается сильнее, чем из окружающих территорий на техногенные объекты, чему также способствует и возвышенное положение некоторых техногенных объектов, например, породных отвалов шахт. Это превалирование генетического потока от техногенных экотопов должно и, по-видимому, постепенно трансформирует генетическую структуру популяций местных прилегающих биогеоценозов.

5. При этом возникает зазор, свободная лакуна в экологическом пространстве местных сообществ, соответствующая сформировавшейся в техногенном экотопе реализованной экологической нише чужеродного вида. Поэтому в случае заноса диаспор этого вида в данные сообщества они перестают быть закрытыми фитоценологически для него, происходит внедрение этого вида и в них.

Отдельные этапы или даже несколько из них в предложенной схеме, в реальных случаях могут отсутствовать или проходить незаметно, или вид даже может пресекаться в развитии. Так, например, произошло с распространением *Senecio viscosus*, который первоначально был выявлен на отвале шахты № 5-6 [8]. Какое-то время шло его распространение на другие породные отвалы, где он часто ассоциировал с *Senecio vernalis*, и на примыкающие к отвалам скопления твердых бытовых отходов, но в последнее десятилетие перестал отмечаться даже на тех объектах, где он ранее находился. Возможно, к этому привели процессы климатических изменений с появлением частых протяженных засушливых периодов, нельзя также исключать влияния инфекций или вредителей. Процесс распространения некоторых других видов прослежен только до одной из перечисленных стадий [5]. Потенциально по описанному механизму возможно и проникновение чужеродных видов в естественные по своей структуре сообщества, с возможностью их трансформации, но этот важный вопрос требует дополнительных исследований с расширением исследуемых объектов.

В результате наблюдений за распространением *Phalacrolooma annuum* также можно сделать вывод о приуроченности его к тем же местообитаниям, что и *Ambrosia artemisiifolia*, что сопровождается конкуренцией между ними. И в этой борьбе конкурентное преимущество часто остаётся за *Phalacrolooma annuum*, поскольку этот вид начинает развиваться из семян ещё осенью, зимую в состоянии листовой розетки. Поэтому весной он опережает в развитии и подавляет близлежащие особи, заметно снижая обилие конкурента в сообществах породных отвалов. Это в перспективе (при отсутствии неблагоприятных последствий таких действий, например, отсутствии аллергенной активности у этого вида) позволяет рассматривать этот сравнительно новый в наших условиях вид в качестве потенциального биологического «средства борьбы» с *Ambrosia artemisiifolia*, – аллергенным карантинным видом.

Выводы

На основании изучения особенностей распространения видов, первоначально внедряющихся в техногенные экотопы Донбасса, а затем распространяющихся на окружающие территории, рассмотрен обобщенный механизм этого процесса, с поэтапной адаптацией чужеродных видов к местному климату и ценологическому окружению на основе трансформации и дифференциации экологических ниш в формирующихся сообществах.

Список литературы

1. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда. – К. : Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Бурда Р. И. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі / Р. І. Бурда, О. А. Ігнатюк. – К. : НЦЕБМ НАН України, ЗАТ «Віпол», 2011. – 112 с.
3. Глухов А. З. Экоморфологический анализ раннецветущих видов растений в техногенных экотопах юго-востока Украины / А. З. Глухов, А. И. Хархота, С. И. Прохорова, И. В. Агурова, С. П. Жуков // Экология и ноосферология. – 2011. – Т. 22, № 3 – 4. – С. 48 – 57.
4. Жерихин В. В. Избранные труды по палеоэкологии и филоценогенетике / В. В. Жерихин. – М. : Т-во научных изданий КМК, 2003. – 542 с.
5. Жуков С. П. Изменение структуры фитоценозов шахтного отвала за 10 лет / С. П. Жуков // Відновлення порушених природних екосистем : матер. III Міжнар. наук. конф. (Донецьк, 7–9 жовтня 2008 р.). – Донецьк, 2008. – С. 202-205.
6. Жуков С. П. Флорокомплексы техногенных экосистем Донбасса / С.П. Жуков // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ. – 2010. – №1(10). – С. 57 – 61.
7. Жуков С. П. Диференціація екологічних ніш видів та формування фітоценозів на техногенно порушених землях / С. П. Жуков // Промышленная ботаника. Сборник научных работ. – Донецк. – 2011. – Вып. 11. – С. 36 – 41.
8. Кондратюк Е. Н. Конспект флоры юго-востока Украины / Е. Н. Кондратюк, Р. И. Бурда, В. М. Остапко. – К. : Наук. думка, 1985. – 272 с.
9. Миркин Б. М. Современная наука о растительности : учебник / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
10. Tye M. R. A demographic ménage à trois: interactions between disturbances both amplify and dampen population dynamics of an endemic plant / [M. R. Tye, E. S. Menges, C. Weekley et al.] // Journal of Ecology. – 2016. – Vol. 104 (6). – P. 1778-1788.
11. Zhang Q. Hydrologically contrasting environments induce genetic but not phenotypic differentiation in *Solanum dulcamara* / [Q. Zhang, J. L. Peters, E. J. W. Visser et al.] // Journal of Ecology. – 2016. – Vol. 104 (6). – P. 1649-1661.

Zhukov S. P. On mechanisms of distribution of alien species of plants with primary adaptation in technogenic ecotopes of Donbass. – The paper focuses on specific features of alien species spread. Those initially penetrate technogenic ecotopes and then spread onto the adjacent areas. A suggested variant of their gradual adaptation mechanism to local climate and cenotic environment is given.

Key words: phytocenosis, succession, ecotope, waste rock dump.

© Н. С. Мирненко

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭКОТОПОВ Г. ДОНЕЦКА ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ *BETULA PENDULA* ROTH

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Мирненко Н. С. Диагностика состояния экотопов г. Донецка по палинологическим данным *Betula pendula* Roth. – Приведены данные по изучению морфологического и качественного состояния пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth в экотопах г. Донецка.

Ключевые слова: пыльцевые зерна, г. Донецк, стерильность, фертильность, загрязнение, *Betula pendula* Roth.

Введение

В атмосфере циркулирует большое количество разнообразных частиц, которые составляют атмосферные аэрозоли. Эти частицы можно систематизировать по форме, размерам, происхождению, по эффекту воздействия, оседая на различных поверхностях. Частицы, имеющие биологическое происхождение, подразделяются на жизнеспособные и нежизнеспособные (обычно отдельные фрагменты живых организмов), а также на частицы, имеющие способность к стимуляции биологических процессов [4, 6, 7, 14, 15].

Атмосферные аэрозоли, имеющие биологическое происхождение, являются основным объектом аэробиологических исследований, важнейшим компонентом которого является совокупность парящих в воздухе частиц, таких как, пыльца растений и споры грибов [3, 5, 8, 18].

В результате воздействия экологических, климатических, географических условий, а также антропогенного влияния, происходят необратимые изменения в онтогенезе пыльцевого зерна, изменяется периодичность выхода пыльцы и количество пыльцы в пыльцевых мешках, что является предопределёнными биологическими особенностями растений. Такие изменения наблюдаются в городах и населенных пунктах [10, 15].

Пыльца древесных растений разносится на большие расстояния в отличие от пыльцы травянистых растений. На территории до 10 км выпадает менее 50% от вида продуцируемой деревом пыльцы, основная часть пыльцы выносится на расстояние до 80 км [8, 14, 15].

Изучение неблагоприятного воздействия антропогенных факторов окружающей среды на растения и их пыльцу, выявление структурных изменений, происходящих вследствие этого, является одним из актуальных направлений экологической аллергологии.

Известно, что растения имеют высокую степень чувствительности по определенным морфо-функциональным реакциям к воздействию загрязнителей [2, 12, 16, 17]. Аллергены, находящиеся в пыльцевых зёрнах берёзы, являются одними из наиболее активных в составе пыльцевого спектра деревьев, в этом плане самой «аллергенной» оказалась пыльца берёзы повислой [19].

Цель работы – установить изменчивость морфологических признаков и качества пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth в условиях г. Донецка.

Материал и методика исследования

В качестве объекта исследования использовали пыльцу березы повислой (*B. pendula*). Выбор данного вида определился тем, что ареал указанного рода отличается чрезвычайной обширностью. Берёза повислая зацветает ранней весной (апрель – май), выбрасывая в атмосферный воздух огромные количества пыльцы. Так, она способна образовывать порядка 6 млн. зёрен пыльцы только из одного цветка [19]. Береза повислая зимостойка и засухоустойчива, малотребовательна к почвам, может расти на бедных песчаных и

каменистых почвах, проточных болотах. Светолюбивое, газоустойчивое, лекарственное, фитонцидное, бактерицидное растение. Применяется в озеленении улиц, скверов и парков [2].

Сбор сырьевого материала – соцветий с пылью – проводили с 15 апреля по 2 мая 2018 г. с одновозрастных особей без видимых повреждений грибковыми заболеваниями и вредителями. Для оценки пыли как тест-системы загрязнений была собрана пыль с 35 деревьев на 5 пробных площадках г. Донецка: 1) ул. Артема; 2) ул. Университетская; 3) пр-т Киевский; 4) ул. Челюскинцев; 5) бул. Пушкина.

Точки сбора были распределены вдоль основных автомагистралей с интенсивным движением автотранспорта. Несколько точек были расположены в районах с меньшей транспортной нагрузкой (пр-т Киевский и бул. Пушкина).

Часть материала отбирали в бумажные пакеты, на которых отмечали дату и место сбора, часть – фиксировали в 70% спирте.

Для изучения морфологических признаков пыли образцы просматривали под микроскопом Primo Star (Carl Zeiss) с соблюдением правил микроскопирования (при увеличении 40 x 10 и 90 x 10).

Фертильность пыли определяли ацетокарминовым методом [1, 9, 11, 12]. Фиксировали пыльники со зрелой пылью в фиксаторе Карнуа. Фертильные зерна идентифицировали по яркому окрашиванию, стерильные – окрашены не полностью либо остаются прозрачными [1, 11, 12].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований были установлены морфологические характеристики пылевых зерен берёзы повислой. Пылевые зерна *B. pendula* обычно одиночные, радиально-симметричные, сплюснуто-сфероидальные, сплюснутые, изополярные (рис. 1-2).

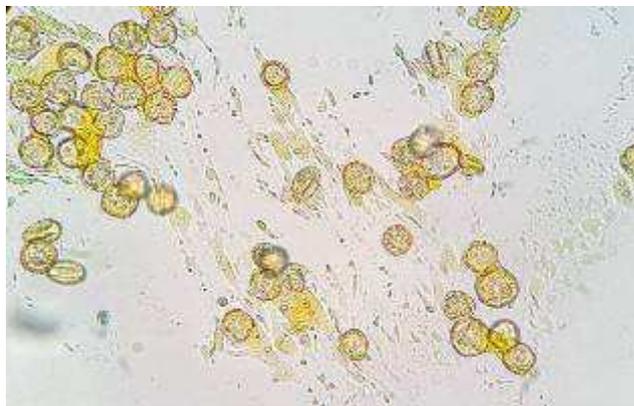


Рис. 1. Морфологическое строение пылевых зерен *Betula pendula* Roth., увеличение 40 × 10



Рис. 2. Морфологическое строение пылевых зерен *Betula pendula* Roth., увеличение 90 × 10

Если смотреть на пылевое зерно в очертании с одного полюса, то наблюдается вариация от округло-треугольных до треугольных, а в очертании с экваториальной оси – эллиптической формы. Размер пылевых зёрен варьирует в диапазоне 15-30 мкм в диаметре, что зависит от места сбора, а также с рядом других факторов. Поры в пылевом зерне большей частью расположены экваториально, имеют камерное строение, округлой или овальной формы с ободком диаметром около 2-4 мкм, который немного приподнят над поверхностью.

Также было определено качество пыли берёзы по показателям стерильности и фертильности (табл. 1).

Процентный показатель стерильности и фертильности пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth. на пробных площадках г. Донецка (2018 г.)

Пробные площадки	Стерильность, %	Фертильность, %
1	65	35
2	58	42
3	33	67
4	41	59
5	27	73

Наибольшее угнетение качества мужского гаметофита отмечено в образце, взятом по ул. Артема (№ 1). Показатель стерильности равен 65%. Это объясняется непосредственной близостью автодороги, используемой как легковым, так и грузовым транспортом, а также находящегося вблизи Донецкого металлургического завода.

Два образца, взятых в городе (№ 3 и 5), на техногенно ненагруженных территориях имеют показатели 33 и 27% соответственно. В образце № 2 количество стерильных зерен близко к максимальному – 58%, что, вероятно, объясняется близким расположением автодороги. В образце № 4, взятом по ул. Челюскинцев, отмечено превышение стерильных пыльцевых зерен, их количество составляет 41%.

Таким образом, *B. pendula* проявляет закономерность в изменении качества пыльцевых зерен, особенно в условиях усиленной техногенной нагрузки. Поэтому, такой показатель как фертильность пыльцевого зерна у данного вида можно рекомендовать как информативный для проведения мониторинга состояния воздушной среды в городских условиях. Показатель, характеризующий анатомо-морфологическое строение пыльцевого зерна, можно использовать в условиях г. Донецка как дополняющий другие признаки, при выявлении значительного загрязнения окружающей среды.

Выводы

Качество пыльцевых зерен, а именно морфологическая изменчивость, зависит от воздействия различных антропогенных факторов. В ходе исследования были идентифицированы основные морфологические признаки пыльцевых зерен берёзы повислой (*B. pendula*), произрастающей на пробных площадках г. Донецка, приведена их характеристика: размер пыльцевых зёрен 15-30 мкм в диаметре, поры округлой или овальной формы с приподнятым ободком, диаметр пор 2-4 мкм.

Территория г. Донецка, который является крупным промышленным городом, испытывает значительную техногенную и антропогенную нагрузки. При этом в неблагоприятных условиях произрастания формируется большее количество стерильных, не способных к прорастанию, а также тератоморфных зерен.

Наибольшее угнетение качества формирования мужского гаметофита отмечено в образце, взятом по ул. Артема (№ 1) – 65%. Это объясняется непосредственной близостью автодороги, используемой как легковым, так и грузовым транспортом, а также находящегося вблизи Донецкого металлургического завода. Полученные данные подтверждают высокий уровень и непосредственное влияние техногенной и антропогенной нагрузки в г. Донецке.

Список литературы

1. Барыкина Р. П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р. П. Барыкина. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.
2. Бухарина И. Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / И. Л. Бухарина, А. А. Двоглазова. – Ижевск : Изд-во Удмуртский университет, 2010. – 184 с.

3. Василевская Н. В. Тератоморфизм пыльцы *Syringa josikaea* Jacq. при интродукции на урбанизированных территориях Российской Арктики / Н. В. Василевская, Д. А. Морозова // Уч. зап. Петрозаводского гос. ун-та. – 2016. – № 8 (161). – С. 7-14.
4. Дзюба О. Ф. Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палиопалинологических спектрах и некоторые проблемы палинотратиграфии / О. Ф. Дзюба // Нефтегазовая геология. Теория и практика / Под ред. О. М. Прищепа. – СПб., 2007. – Т. 2. – С. 5-22.
5. Елькина Н. А. Состав и динамика пыльцевого спектра воздушной среды г. Петрозаводска : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. А. Елькина. – СПб., 2008. – 24 с.
6. Захаренкова Н. С. Анализ пыльцевых зерен сорно-рудеральных видов в воздушной среде г. Донецка / Н. С. Захаренкова // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XI Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального ун-та, 2017. – С. 312-314.
7. Захаренкова Н. С. Статус пыльцевых зерен сорно-рудеральных видов в воздушной среде Донецка / Н. С. Захаренкова // Промышленная ботаника : состояние и перспективы развития : матер. VII Междунар. науч. конф. (Донецк, 17–19 мая 2017 г.). – Ростов-на-Дону. – С. 182-185.
8. Именитова А. С. Анализ таксономического состава и динамики аэропалинологического спектра Северо-Востока Русской равнины / А. С. Именитова, С. А. Пупышева, И. А. Жуйкова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 871-875.
9. Крутских Н. В. Изучение качества пыльцы *Alnus incana* как палиноиндикатора состояния компонентов природной среды / Н. В. Крутских, О. В. Лазарева // Геология и полезные ископаемые Карелии. – 2014. – Вып. 17. – С. 118-121.
10. Лях В. А. Степень прорастания *in vitro* пыльцы древесных растений как показатель их устойчивости к загрязнению фторидами / [В. А. Лях, Е. Н. Войтович, Е. В. Дубовая, Т. Н. Пересыпкина] // Уч. зап. Крымского инж.-пед. ун-та. Биол. науки. – 2008. – Вып. 15. – С. 77-80.
11. Мирненко Н. С. Тератоморфы пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. селитебных территорий г. Донецка / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 26-31.
12. Мирненко Н. С. Состояние пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3–4. – С. 12-17.
13. Ненашева Г. И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула / Г. И. Ненашева // Ин-т водн. и экол. проблем СО РАН. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. – 132 с.
14. Осмонбаева К. Б. Использование пыльцы растений в качестве тест-системы окружающей среды / К. Б. Осмонбаева. – Каракол, 2010. – 147 с.
15. Осмонбаева К. Б. Экологические аспекты проблемы поллинозов : автореф. дис. ... канд. биол. наук / К. Б. Осмонбаева. – Бишкек, 2006. – 26 с.
16. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 23-29.
17. Сафонов А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 66-72.
18. Сафонов А. И. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России / А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко // 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 / Под общ. ред. С. В. Беспаловой. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 97-99.

19. Смирнов В. В. Актуальные аспекты и специфика стандартизации полного аллергенного экстракта пыльцы березы / [В. В. Смирнов, Д. О. Боков, С. Л. Морохина, А. Н. Луферов] // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 36, № 10. – С. 13-20.

Mirnenko N. S. Diagnostics of ecotopes state in Donetsk according to palynological data *Betula pendula* Roth. – Data on morphological and qualitative state of pollen grains *Betula pendula* Roth in anthropogenically of Donetsk are presented.

Key words: pollen grains, Donetsk, sterility, fertility, pollution, *Betula pendula* Roth.

УДК 574.21 (447.60)

© Э. И. Мирненко

ВИДЫ CHLOROCOCCALES MARCHAND НИЖНЕКАЛЬМИУССКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА Г. ДОНЕЦКА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Мирненко Э. И. Виды Chlorococcales Marchand Нижнекальмиусского водохранилища г. Донецка. –

В работе представлены данные о частоте встречаемости видов порядка хлорококковые водоросли в Нижнекальмиусском водохранилище г. Донецка в весенний период 2018 г. В водохранилище было определено 14 видов, которые относятся к 9 семействам, 5 подсемейством, 9 родам. Наибольшим видовым богатством характеризовались сем. Scenedesmaceae и Hydrodictyaceae, единичным видом отмечено сем. Micractiniaceae.

Ключевые слова: Chlorococcales, Нижнекальмиусское водохранилище, г. Донецк, фитопланктон.

Введение

Chlorococcales (хлорококковые водоросли) – многовидовой таксон отдела Chlorophyta зеленых водорослей, насчитывающий более 1200 видов. Эти водоросли являются важными компонентами различных экосистем, играют огромную роль в водной среде как первичные продуценты органического вещества и кислорода, используемые в качестве ценного корма для беспозвоночных животных и рыб, принимают активное участие в процессах самоочищения и формирования качества воды [1, 10]. Некоторые из них служат биоиндикаторами трофности и сапробности водоемов, культивируются и используются в качестве стимулирующих добавок в корм сельскохозяйственным животным, а также в питании человека [5, 6].

Хлорококковые водоросли представлены рядом жизненных форм, одноклеточными, колониальными или ценобиальными, свободнопарящими в толще воды (планктонными), обитающими у дна или прикрепленными к субстрату организмами. Одноклеточные формы образуют иногда скопления в виде однослойных пластинок или бесформатных конгломератов. Для клеток хлорококковых водорослей характерно большое разнообразие форм: шаровидная, овальная, эллипсоидная, веретеновидная, цилиндрическая, лимонно-, яйцо-, сердце-, почко-, месяце- или серпо-, спирале-, булаво-, трапециевидная или трех-, четырех-, пяти- до многоугольной, иногда H-образной формы. Оболочка хлорококковых водорослей крепкая, плотная, различной толщины, структуры и состава.

Поскольку Chlorococcales довольно разнообразная группа водорослей, то они заселяют различные типы водоёмов (ручьи, реки, водохранилища, озера, пруды (в том числе биологические), болота, каналы, пойменные и эфемерные водоемы) и их биотопы (нейстон, планктон, бентос, перифитон и др.). Большинство видов хлорококковых водорослей являются обитателями пресных или слабосоленоватоводных, мелких, хорошо прогреваемых, богатых биогенными веществами водоёмов, со стоячей или слабопроточной водой и лишь немногие из них встречаются в морях. Часто хлорококковые водоросли встречаются на глубине до 0,5-1,0 м и нередко имеют специальные приспособления (щетинки, шипы и т.п.) для парения в толще воды [10].

Изучение микроскопических хлорококковых водорослей длится более 180 лет. За данный период было предложено более 70-ти систем классификации данной группы водорослей, существенно отличающихся друг от друга. На современном этапе нет единого мнения о систематической структуре хлорококковых водорослей, не определена значимость отдельных признаков в систематике и существуют спорные вопросы в интерпретации видов и внутривидовых таксонов. В нашем понимании группа хлорококковых водорослей рассматривается в ранге порядка Chlorococcales, предложенного П. М. Царенко [10].

Следовательно, изучение хлорококковых водорослей является актуальным вопросом, однако сведения о видовом составе хлорококковых водорослей, их экологии,

распространении на территории Донбасса в настоящее время в научной литературе представлены не в полном объеме.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили пробы фитопланктона, которые отбирали в четырех точках Нижнекальмиусского водохранилища с марта по май 2018 г. (рис. 1).

Нижнекальмиусское водохранилище является одним из четырех водохранилищ, созданных на р. Кальмиус. Исследуемое водохранилище находится в центре г. Донецка и состоит из двух отдельных водоемов, принимающих в себя сточные воды.



Рис 1. Карта-схема расположения точек отбора проб в Нижнекальмиусском водохранилище г. Донецка

Пробы отбирали на расстоянии 1 м и более от береговой линии на глубине 40 см от поверхности в пластиковые бутылки минимальным объемом 2-3 дм³.

Сбор фитопланктона осуществляли двумя общепринятыми методами [4, 5, 7, 9]. Сгущение проб фитопланктона осуществляли фильтрованием и центрифугированием [4, 6, 8].

Для отбора и хранения проб использовали стеклянные бутылки из прозрачного бесцветного химически стойкого стекла, снабженные резиновыми или притертыми стеклянными пробками. Изучение качественного состава фитопланктона проводили в препаратах раздавленной капли с помощью светового микроскопа Primo Star (Carl Zeiss) с соблюдением правил микроскопирования. Основой определения видовой принадлежности водорослей служил сравнительно-морфологический анализ образцов. При изучении видового состава водорослей измеряли также их размеры, являющиеся важными диагностическими признаками. Для измерения микроскопических объектов (практически все виды водорослей фитопланктона) применяли окуляр-микрометр с измерительной линейкой. Микрофотографии были сделаны фотонасадкой для микроскопа Primo Star (Carl Zeiss).

Результаты и обсуждение

Отдел Chlorophyta

Подотдел Chlorophytina

Класс Chlorophyceae

Порядок Chlorococcales Marchand

Семейство Chlorococcaceae Black. et. Tansl.

Род *Chlorococcum* Menegh

Вид *C. infusionum* (Schr.) Menegh

Chlorococcum infusionum – Хлорококкум инфузионный (рис. 2). Клетки, собранные во временных плоских скоплениях неопределенной формы, от эллипсоидных до шаровидных (в зависимости от возраста). Оболочка гладкая, тонкая. Хлоропласт шаровидный, с отверстием или без него, иногда лопастный, с одним пиреноидом. Клетки в диам. (2)-4-8-12 мкм.

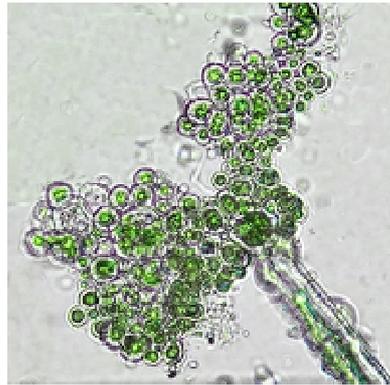


Рис. 2. *Chlorococcum infusionum*

Распространен в толще воды, у дна озер, прудов, рек, каналов, в почве, в виде бесформенных скоплений [2, 10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище единичная.

Семейство Characiaceae (Nag.) Wille

Подсемейство Schroederioideae

Род *Schroederia* Lemm. em. Korsch.

Вид *S. setigera* (Schrod.) Lemm.

Schroederia setigera (Schrod.) Lemm. – Шредерия щетинконосная (рис. 3). Клетки прямые или слегка изогнутые, удлинненно-веретеновидные, суженные к обоим концам в прямые, тонкие щетинки. Оболочка гладкая, тонкая. Хлоропласт пристенный, в виде выгнутой в центре пластинки, до дисковидного, с 1 реже 2 пиреноидами, одно ядро.

Распространен в толще воды прудов, карьеров, озер, рек, каналов, лиманов, пойменных водоёмов, болот [2, 9]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище единичная.



Рис. 3. *Schroederia setigera*

Семейство Hydrodictyaceae (S.F. Gray) Durmortier

Род *Pediastrum* Meyen

Виды *P. boryanum* (Turp.) Menegh

P. tetras (Ehrenb.) Ralfs

P. duplex Meyen

Pediastrum boryanum* var. *boryanum (Turp.) Menegh – Педиаструм Бориев (рис. 4, 1). Ценобии мелкоперфорированные, 32-клеточные. Клетки отчетливо дифференцированы на наружные и внутренние, чаще всего плотно сросшиеся всеми сторонами кругами. Наружные клетки выемчатые с 2 неразветвленными, слегка зауженными к верхушке отрезками, снабженными длинными, узкими придатками в плоскости ценобия и округленной или широкоокругленной до почти отсутствующей вырезки между ними с широкозакругленными основаниями.

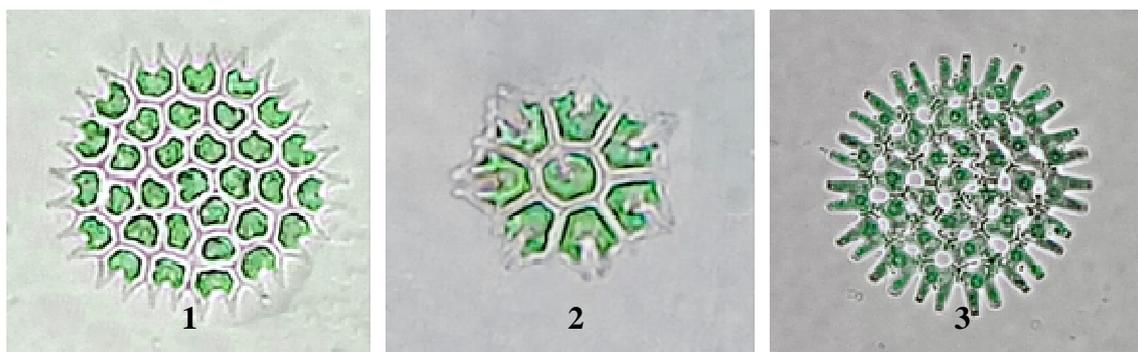


Рис. 4. Виды рода *Pediatrum*:
1 – *Pediatrum boryanum*; 2 – *Pediatrum tetras*; 3 – *Pediatrum duplex*

В различных биотопах чаще всего эвтрофных водоемов Северного Приазовья, единично – мало.

Общее распространение: все континенты.

Наиболее широко распространенная вариация вида var. *Boryanum*. Варибельным признаком является число клеток и их расположение в ценобии. С возрастом очень меняются форма клетки, её рассеченность, глубина и форма вырезки, длина отростков и придатков, а также плотность, размер, расположение и форма гранул или бородавок на оболочке. Изменчивость этого признака и систематическое соотношение указанных разновидностей требует детального изучения [3, 10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище низкая.

Pediatrum tetras (Ehrenb.) Ralfs – Педиаструм тетрадный (рис. 4, 2). Ценобии сплошные, иногда с мелкими отверстиями, 8-клеточные. Клетки обратнотрапециевидные до 4-7-угольных, чаще всего полностью сросшиеся своими сторонами: наружные – разделены узкой срединной вырезкой на 2 лопасти, каждая с 2 дихотомически разветвленными срезаноконусовидными отростками и мелкими узкими придатками в плоскости ценобия, внутренние – с узкой вырезкой на переднем конце клетки, лопасти без отростков тупозакругленные. Оболочка гладкая, под световым микроскопом до гранулированной. Ценобии 15-35-(74) мкм диам., наружные клетки (4)-8-14-(18) x (5)-8-14-(18) мкм, внутренние (4)-8-11-(14) x (5)-7-11-(16) мкм.

В толще воды, у дна, на погруженных предметах различных типов. Распространен повсеместно.

Общее распространение: все континенты, кроме Антарктиды.

Один из наиболее широко распространенных видов рода *Pediatrum*, представленный разнообразными переходными формами, систематическое положение некоторых из них неоднозначно. Очень изменчивыми являются длина отростков внешних клеток, форма и глубина вырезки, особенно между отростками отдельной лопасти. Поэтому выделение самостоятельных внутривидовых таксонов на основании таких признаков не обосновано [10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище низкая.

Pediatrum duplex Meyen – Педиаструм двойной (рис. 4, 3). Ценобии перфорированные, 4-128-клеточные. Клетки почти однотипные, H-образные, из них наружные – с более длинными, иногда отогнутыми в разные стороны внешними неразветвленными 2 цилиндрическими или слегка зауженными к вершине отростками с придатками в плоскости ценобия, внутренние – чаще всего с одинаковыми отростками, сросшимися только отдельными местами сторон или всеми сторонами. Оболочка гладкая, пунктированная или бородавчатая, реже шиповатая до морщинистой, складчатой. Ценобии 35-198-(212) мкм диам., наружные клетки 4,5-28-(42) x 4-24 мкм, внутренние – 4-25,5-(30) x 5-23,5-(30) мкм. [10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище массовая.

Семейство Micractiniaceae (Brunnth.) G.M. Smith

Род *Golenkinia* Chodat

Вид *G. radiata* Chodat

Golenkinia radiata Chodat – Голенкиния лучистая (рис. 5). Клетки шаровидные, окруженные слизью, с тонкими, длинными и прямыми щетинками. Оболочка толстая. Хлоропласт колоколообразный, с 1 почковидным пиреноидом, с крахмальной оберткой только с выпуклой стороны (при полном отсутствии зерен крахмала пиреноид трудно различим). Клетки 10 мкм диам., акинеты до 20 мкм диам.; щетинки 24 мкм дл. Длина щетинок и степень развития слоя вокруг клеток – довольно вариабельные признаки и зависят от возраста клетки. В толще воды прудов, озер, водохранилищ, болот. Встречаемость – очень редко.



Рис. 5. *Golenkinia radiata* Chodat

Семейство Botryosocaceae Wille

Подсемейство Dictyosphaerioideae

Род *Dictyosphaerium* Nag.

Вид *D. pulchellum* Wood.

Dictyosphaerium pulchellum Wood. – Диктиосфериум прекрасный (рис. 6). Колонии шаровидные, овальные до бесформных, 4-64 до многоклеточных, с клетками, прикрепленными к концам тетратомически разветвленных слизистых тяжей и рыхло расположенными или почти соприкасающимися друг с другом (в зависимости от возраста колонии). Взрослые клетки шаровидные, молодые клетки автоспоры – яйцевидные, неправильно овальные, эллипсоидные до веретеновидных. Оболочка тонкая, бесцветная, гладкая. Хлоропласт пристенный, чашевидный, базальный, выстилающий 1/2-3/4 клетки, до латерального (у молодых клеток) с 1 пиреноидом. Колонии до 80-100 мкм диам., клетки (4)-5-8-(10) мкм диам., автоспоры (2,8)-4-6-(7) x (2,5)-4-5,5-(6,5) мкм.

В толще воды, у дна, на погруженных предметах стоячих или медленно текущих водоёмов, часто до массово; реже в реках с быстрым течением и болотах.

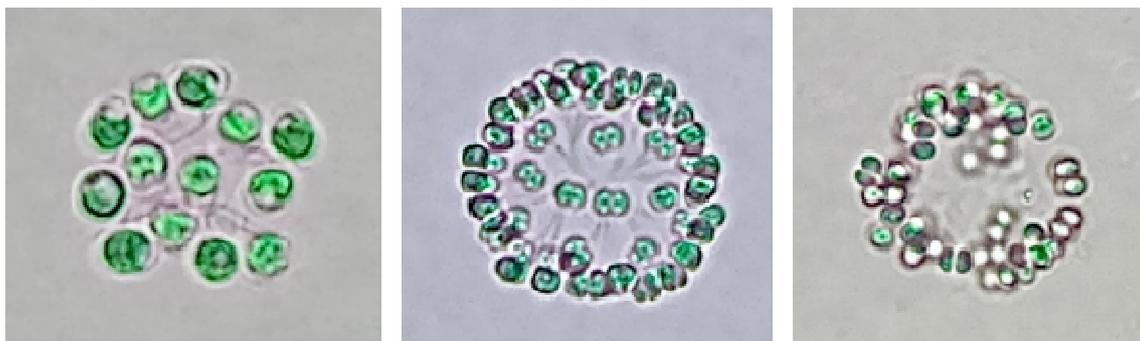


Рис. 6. Вариации вида *Dictyosphaerium pulchellum* Wood.

Общее распространение: широко распространенный вид, особенно в умеренной зоне, реже в тропиках (Южная Америка, Центральная Африка) [9]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище средняя.

Семейство Radiococcaceae Fott ex Ком.

Подсемейство Radiococcoideae

Род *Coenococcus* Korsch.

Вид *C. planctonius* Korsch.

Coenococcus planctonicus Korschikoff – Ценококк планктонный (рис. 7). Колонии шаровидные, эллипсоидные до бесформных, 4-8 до многоклеточных, чаще всего собраны плотными группами из 4 тетрад каждая, окруженные прозрачной, неясно ограниченной слизью. Клетки шаровидные до широкоовальных (в молодом возрасте), оболочка гладкая, тонкая. Хлоропласт 1, пристенный, чашевидный до бокаловидного с ясным, большим пиреноидом в утолщенной части. Размножение (2)-4-(8) автоспорами, которые освобождаются при ослизнении оболочки материнской клетки. Клетки 5,5-8-(10) мкм диам., 4-32-клеточные колонии – 27-100 мкм диам.

В толще воды, у дна и среди обрастаний озер, прудов, рек, лиманов, каналов водохранилищ [10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище средняя.

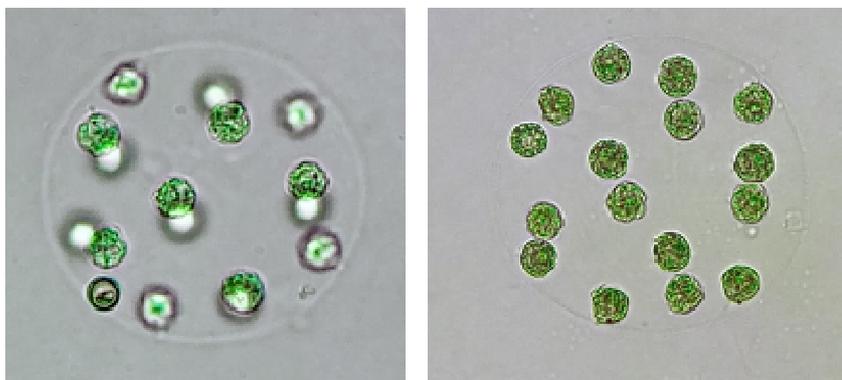


Рис. 7. *Coenococcus planctonicus* Korschikoff

Семейство Oocystaceae Voel.

Подсемейство Oocystoideae

Род *Oocystis* A. Br.

Вид *Oocystis lacustris* Chod.

Oocystis lacustris Chodat. – Оцистис озерный (рис. 8). 4 клетки, окруженные увеличенной материнской оболочкой и слоистой оболочкой. Клетки широкоэллипсоидные, слегка асимметричные, с закругленными до тупозаостренных и неясно утолщенных полюсами. Хлоропласт 1 до 4, пристенный, корытовидный, с 1 пиреноидом. Распространён в толще воды, у дна. Общее распространение: повсеместно [3, 10]. Встречаемость редкая.

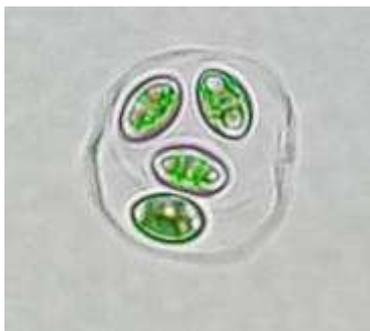


Рис. 8. Колония *Oocystis lacustris* Chod.

Семейство Coelastraceae Wille.

Род *Coelastrum* Nag.

Вид *C. micronium* Nag.

Coelastrum micronium Nageli – Целяструм мелкопористый (рис. 9). Ценобии шаровидные до кубических, из (4)-8-16-(32) клеток. Клетки шаровидные, без утолщений, соединительных отростков, размещенные отдельными слоями прямо друг над другом или сдвинуты на 45°. Оболочка гладкая, тонкая, бесцветная. Хлоропласт пристенный, с 1 пиреноидом. Ценобии 40 мкм диам., клетки 10 мкм.

В толще воды, у дна, на погруженных предметах различных типов водоемов. Общее распространение: все континенты, кроме полярных [3, 10]. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище массовая.

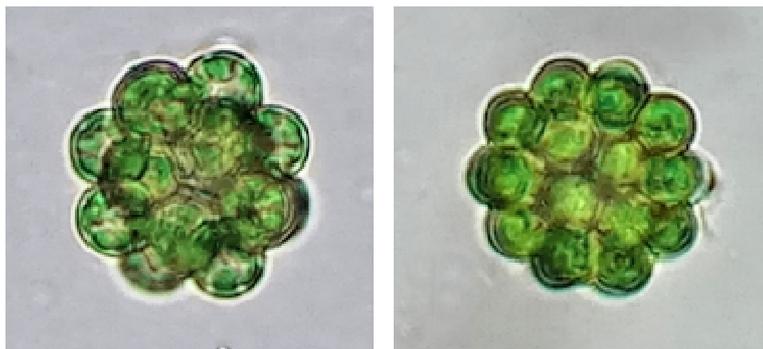


Рис. 9. *Coelastrum micronium* Nag.

Семейство Scenedesmaceae Oltmanns

Подсемейство Scenedesmoideae

Род *Scenedesmus* Mayen

S. quadricauda (Turp.) Breb.

S. bicaudatus Dedussenko

S. fackatus Chodat

Scenedesmus quadricauda (Turp.) Brebisson – Сценедесмус четыреххвостый (рис. 10, 1). Ценобии из 4 клеток, линейные, плотные. Клетки удлинено-цилиндрические, с закругленными, свободными (без покрывала) полюсами, у всех клеток линейно-симметричные изогнутые шипы, у наружных со слегка выпуклой внешней стороной. Клетки 8 x 2,1 мкм. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище массовая, вызывает «цветение».

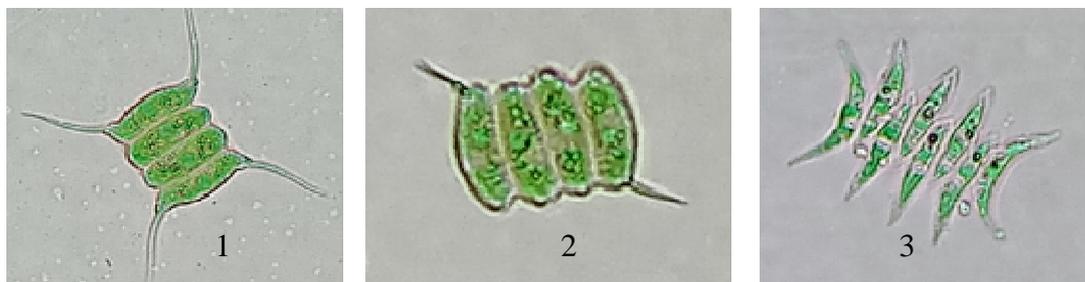


Рис. 10. Виды рода *Scenedesmus*: 1 – *S. quadricauda* (Turp.) Breb; 2 – *S. bicaudatus* Dedussenko; 3 – *S. quadricauda* var. *abundans* (Turp.) Breb; 4 – *S. fackatus* Chodat

Scenedesmus bicaudatus Dedussenko – Сценедесмус двурогий (рис. 10, 2). Ценобии из 4 клеток, линейные, иногда слегка альтернативные, плотно соединенные. Клетки удлиненоэллипсоидные до овально-цилиндрических с широкоокругленными полюсами,

диагонально-симметричными шипами на крайних клетках. Оболочка гладкая, без каких-либо украшений. Клетки 7,8 x 2 мкм.

Scenedesmus falcatus Chodat – Сценедесмус серповидный (рис. 10, 3). Ценобии из 8 клеток, плоские, линейные или закономерно альтернативные до двурядных, костулатоидных, без слизи. Клетки удлинено веретеновидные, крайние – луновидно или серповидно изогнутые, средние – прямые, иногда слегка изогнутые, несколько меньшей длины, чем терминальные, постепенно суженные от центра к заостренным полюсам, с прямой или выпуклой внешней стороной. Клетки 18-35,5 x 3,4-9 мкм.

В толще воды, у дна, на погруженных предметах различных типов водоемов. Встречаемость в Нижнекальмиусском водохранилище частая.

Очень полиморфный по расположению клеток вид – от однорядного до закономерно альтернативного или двурядного, костулатоидного типа ценобии, что зависит от внешних условий, концентрации ионов в среде и, в целом, физиологического состояния популяции.

Выводы

В Нижнекальмиусском водохранилище в весенний период 2018 г. было определено 14 видов хлорококковых водорослей, которые относятся к 9 семействам, 5 подсемействам, 9 родам. Наибольшим видовым богатством характеризовались семейства Scenedesmaceae и Hydrodictyaceae, для них было определено по 3 вида. Единично был идентифицирован вид *Golenkinia radiata* из семейства Micractiniaceae. Встречаемость всех остальных видов имеет ступенчатый характер, их численность возрастает с марта по май.

Список литературы

1. Авакян А. Б. Водохранилища мира / [А. Б. Авакян, В. А. Шарапов, В. П. Сатланкин и др.]. – М.: Наука, 1979.
2. Алексеевский Е. Е. Водные ресурсы СССР. Проблема их эффективного использования и охраны / Е. Е. Алексеевский // Водные ресурсы. – 1972. – С. 7-24.
3. Баринова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды // С. С. Баринова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
4. Вассер С. П. Водоросли : справочник / [С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк и др.]. – К. : Наук, думка, 1989. – 608 с.
5. Константинов А. С. Общая гидробиология : уч. пос. / А. С. Константинов. – М. : Высш. шк., 1986. – 465 с.
6. Мирненко Э. И. Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке / Э. И. Мирненко. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 93 с.
7. Мирненко Э. И. Биоиндикационные особенности прудов Кировского района города Донецка. Использование результатов исследований в учебном процессе / Э. И. Мирненко, Н. С. Захаренкова, А. В. Левченкова. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 68 с.
8. Наумчук А. Э. Роль прудов-отстойников в формировании альгофлоры г. Грузская (альгофлора и экологическое состояние) / А. Э. Наумчук, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 138 р.
9. Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк. – К. : Наук. думка, 1984. – 336 с.
10. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – К. : Наук. думка, 1990. – 208 с.

Mirnenko E. I. Species of Chlorococcales Marchand of Nizhnekalmius reservoir in Donetsk. – The data on incidence of species of order of chlorococcal algae in Nizhnekalmius reservoir of Donetsk in spring of 2018 are presented. There were definitely 14 species in reservoir, which belong to 9 families, 5 subfamilies and 9 genera. The greatest species wealth was characterized by this family. Scenedesmaceae and Hydrodictyaceae, a single species is noted by this family Micractiniaceae.

Key words: Chlorococcales, Nizhnekalmius reservoir, Donetsk, phytoplankton.

УДК 582.296.32 : 632.15 (477)

© А. И. Сафонов, Е. И. Морозова

РЕДКИЕ ВИДЫ МОХООБРАЗНЫХ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

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

Сафонов А. И., Морозова Е. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации. – Предложен список видов мохообразных, которые единично встречаются на территории Донецко-Макеевской промышленной агломерации. Составлено морфологическое описание и указаны экологические особенности для включения видов мохообразных в охраняемые списки растений Донбасса.

Ключевые слова: мохообразные, Донецк, редкие и охраняемые виды Bryobionta.

Введение

В связи с возрастающей потребностью в проведении биомониторинговых исследований в степной зоне Северного Приазовья [5-7, 10, 19, 20] мохообразные рассматривают как перспективные объекты в реализации экологических программ [3, 9, 10, 11, 13, 15, 16].

Классические работы по биоразнообразию являются основой для дальнейшего решения прикладных задач по оценке состояния природных сред. Такими задачами в комплексе рассматриваются как проведение экологического мониторинга и диагностики состояния экотопов [8, 12, 15], так и мероприятия по экспертизе и экологическому контролю [7, 8, 11], что важно и актуально в динамически изменяющемся промышленном городе в условиях появляющихся новых факторов, трансформирующих балансы урбогеосистемы [13, 15, 18-20]. Однако для проведения таких эколого-ботанических оценок необходимо иметь реперную информацию, на основании которой формируются многочисленные критерии и показатели уровня, степени и специфики нарушенности природных систем. Одним из важнейших критериев в таком блоке экспериментов является видовое богатство наблюдаемой, изучаемой и эксплуатируемой территории, а также многосторонний анализ показателей аут- и синфитоиндикационного значения, закрепленных в отдельности и в совокупности за каждым видом растения или локальными сообществами информативных для индикации показателей.

Цель работы – дать актуальные регионально адаптированные биоморфологические описания и указать экологические характеристики редких видов мохообразных, единично зарегистрированных на территории Донецко-Макеевской промышленной агломерации по результатам инвентаризационных работ 2015-2018 гг.

Материал и методы исследования

Рекогносцировочные и маршрутные сборы образцов Bryobionta проведены в 2015-2018 гг. во все сезоны. Категории экотопов и схема их зонально-территориальной дифференциации в Донецко-Макеевской агломерации были описаны нами ранее [2, 4, 9], соответствующие точки постоянного мониторинга указаны на рис. 1.

Характерной особенностью регистрации мохообразных является высокий уровень гидронасыщения субстрата (как показатель микроклиматической влажности в целом) и низкий коэффициент инсоляции на поверхности, т.е. условия затенения. Индикационная значимость регистрируемых мохообразных в классическом понимании индикации экологических режимов и функций соответствует тем экотопам, степень механической нарушенности которых минимизирована. В таком случае для полного цикла развития видов Bryobionta необходимы условия долгосрочной механической целостности субстрата, что важно как рекомендация к поиску и выявлению новых локалитетов, поэтому экспозиция эксперимента составляет четыре года.

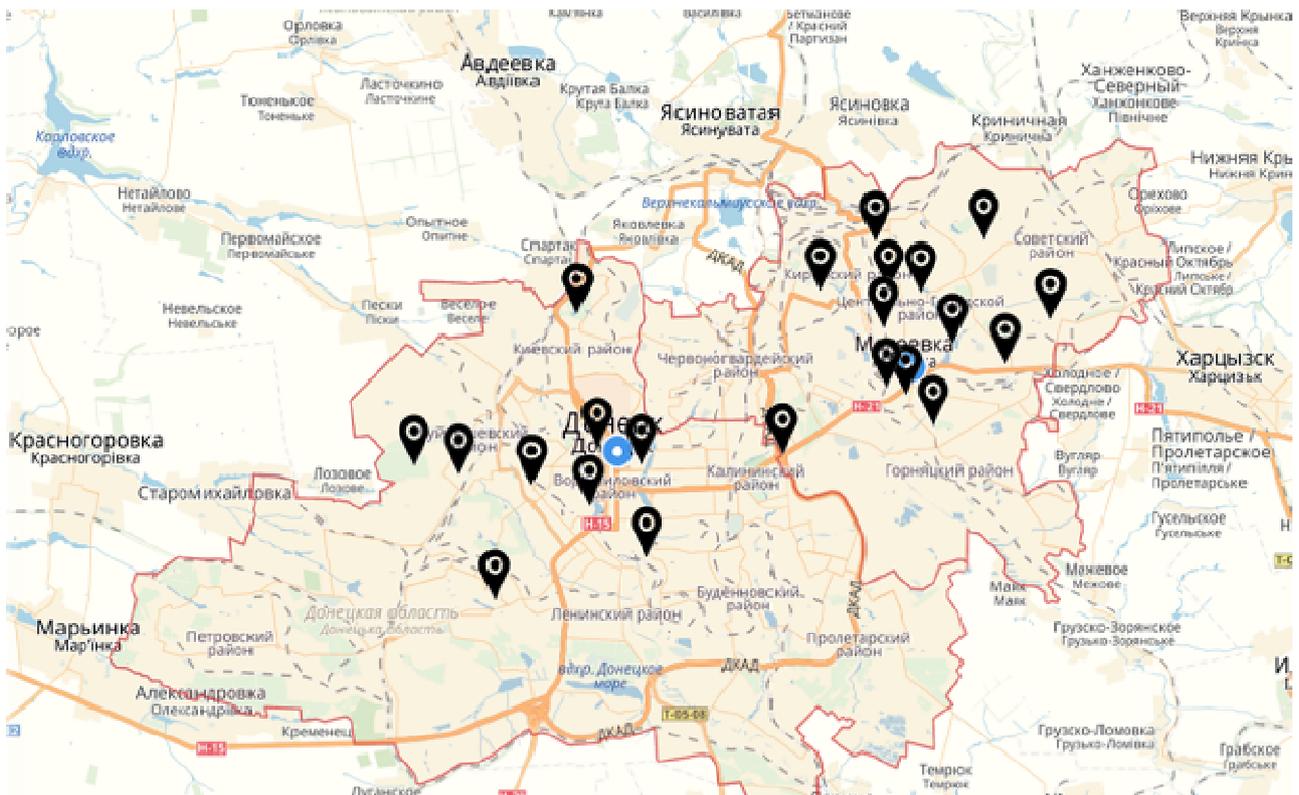


Рис. 1. Мониторинговые точки на карте Донецко-Макеевской агломерации

Таксономическая идентификация и микропрепарирование проведены в соответствии с рекомендациями приоритетных определителей и справочных списков [1, 14, 17].

Для описания каждого вида использован следующий план информационных разделов:

- 1) таксономическая принадлежность (семейство, род, название вида);
- 2) местопроизрастание преимущественно отражает субстратную специфичность как экологический параметр, важный и для таксономического определения;
- 3) биоморфологическая характеристика со значимыми диагностическими признаками – указаны линейные параметры, варьирование которых соответствует идентифицированным образцам;
- 4) жизненная форма (или диапазон жизненных форм в том случае, если отмечается вариация по этому признаку);
- 5) доминирующая жизненная стратегия по имеющимся региональным особенностям этого экологического параметра.

Результаты и обсуждение

В общем инвентаризационном списке представлены 7 видов мохообразных, локалитеты которых единично зарегистрированы; приведены соответствующие оригинальные иллюстрации (рис. 2-8) и соответствующее морфо-экологическое описание:

- 1) *Bryum funckii* Schwaegr.;
- 2) *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R. S. Chopra;
- 3) *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp.;
- 4) *Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe.;
- 5) *Funaria hygrometrica* Hedw.;
- 6) *Marchantia polymorpha* L.;
- 7) *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra.



А

Семейство Bryaceae Schwaegr.

Род *Bryum* Hedw.

***Bryum funckii* Schwaegr.**

Встречается на известняковом и меловом рухляке, а также на покрывающем их тонком слое мелкозема, на пастбищах, каменных стенах.

Дерновинки маленькие, рыхлые или густые, беловато- или желтовато-зеленые, слегка блестящие, иногда с войлоком, 0,5-1(2) см. Листья сверху плотно прилегающие как в сухом, так и во влажном состоянии, до 1,2-2,2 мм, яйцевидно-ланцетные или яйцевидные, коротко заостренные, килевато- или ложковидно вогнутые, не низбегающие, основание листа окрашено иначе (красное), край листа отогнутый, кайма однорядная. Жилка мощная, в основании красная, сверху желтая, выступает остроконечием. Двудомный. Коробочка симметричная, на красной ножке, поникшая или висючая, продолговато-грушевидная, коричневая, под широким устьем суженная, шейка вдвое короче урночки. Крышечка коротко коническая, с остроконечием. Спороносит весна – лето.

Жизненная форма: настоящая или подушковидная дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопатент экотопический.



Б

Рис. 2. *Bryum funckii* Schwaegr.:
А – гаметофит, Б – стадия спорофита



А

Семейство Amblystegiaceae Kindb.
Род *Campyliadelphus* (Kindb.) R. S. Chopra
***Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R. S. Chopra**

На влажных почвах, обогащенных минералами или известняками, у корней деревьев и на камнях, покрытых почвой.

Дерновинки рыхлые или плотные, зеленовато-золотисто-коричневые, блестящие, до 8 см в диаметре. Листья около 0,9-1,5 мм, прямые, изогнутые, округлые, от яйцевидной основы сужаются к острому наконечнику, который обычно загнут, цельнокрайние, иногда зубчатые. Жилка, короткая едва доходит до середины листа, иногда двойная. Двудомный. Коробочка красно-бурых оттенков, изогнутая, цилиндрическая, под устьем суженная. Крышечка коническая с заостренным кончиком. Спороносит на протяжении всего года, очень редко.

Жизненная форма: разветвленно-ветвистое сплетение.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопатент ценотический.



Б

Рис. 3. *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.)
R. S. Chopra:

А – гаметофит, Б – поздняя стадия гаметофита



А



Б

Рис. 4. *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp.:

А – гаметофит, Б – стадия спорофита

Семейство Dicranaceae Schimp.

Род *Dicranella* (H. Mull.) Schimp., nom. cons.

***Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp.**

В лесах и у дорог, почвенные обнажения, в местах с постоянным увлажнением, на стенках канав, окраинах заболоченных местностей.

Дерновинки плотные, желто-зеленые, слабо-блестящие, маленькие 0,5-2,0 см. Листья согнутые, при основании расширенные, почти курчавые, из полувлагалищного основания резко линейно-ланцетные, немного желобчатые, выше – шиловидно-оттянутые и отогнутые, с зубчатой верхушкой, в сухом состоянии – кудрявые. Жилка занимает около 1/3 основания листа и заполняет его верхушку. Двудомный. Коробочка слегка согнутая, толстоовальная, на желтой ножке, яйцевидная, зобатая, желтая или бурая, зрелая и раскрытая с продольными жилками. Крышечка с косым клювиком. Спороносит летом.

Жизненная форма: настоящая дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриоэксплерент, бриопациент ценогический.



А



Б

Рис. 5. *Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe.:
А – гаметофит, Б – стадия спорофита

Семейство Ditrichaceae Limpr.
Род *Ditrichum* Bruch & Schimp.
***Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe.**

Влажная песчаная почва, механически уплотненная почва, вдоль дорог и троп, на каменистых обнажениях.

Дерновинки рыхлые, зеленые и матовые. Стебли 0,4-1,2 см. Листья до 3,5 мм, прижатые, из ланцетного основания, которые постепенно сужаются до острого (но не затянутого) наконечника – верхушки листа, края целые или изогнутые. Жилка кверху постепенно утончается, выступает остроконечием. Двудомный. Коробочка вертикальная, яйцевидно-узкоцилиндрическая, прямая или слабосогнутая, светло-коричневая, на красно-коричневой ножке. Крышечка с коротким, косым клювиком. Спороносит весна – лето.

Жизненная форма: настоящая дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопацент.



А



Б

Рис. 6. *Funaria hygrometrica* Hedw.:
А – гаметофит, Б – стадия спорофита

Семейство Funariaceae Schwaegr.

Род *Funaria* Hedw.

***Funaria hygrometrica* Hedw.**

Сырая почва в лесах и на лугах, влажные поля, по обочинам дорог, вблизи воды и жилья.

Дерновинки крупные, рыхлые, бледно-зеленые или обесцвеченные, стебель до 1,0-3,0 см высотой. Листья до 4,0 мм, почковидно-сложенные, широко яйцевидно-ланцетные, выпуклые, коротко заостренные, цельнокрайные, вверх городчатые. Жилка заканчивается в верхушке листа, реже выступает. Однодомный. Ножка спорогона красновато-желтая, на верхушке дуговидно согнутая, 4,0-5,0 см. Коробочка повислая или горизонтальная, косогрушевидная, полосатая, глубокопродольно-бороздчатая. Крышечка плоско-выпуклая, без бородавочки. Колпачок внизу вздутый. Перистом двойной. Зубцы наружного перистома краснорубые, в верхушке сросшиеся. Спороносит весна – лето.

Жизненная форма: настоящая дернина.

Доминирующая жизненная стратегия: бриоэксплерент, бриопациент экотопический.



А



Б

Рис. 7. *Marchantia polymorpha* L.:
А – таллом, Б – подставки

Семейство Marchantiaceae Lindl.
Род *Marchantia* L.
Marchantia polymorpha L.

Пожарища, по канавам и оврагам (подвижный грунт), на влажных скалистых обнажениях, у берегов различных вод.

Слоевидное тёмно-зелёное, дихотомически разветвлённое на широкие лопастные пластинки, имеющие дорзовентральную симметрию. Гаметофит в виде пластинчатого таллома, 10-12 см, ветвление верхушечное, который покрыт эпидермой с обеих сторон. Двудомное растение. На верхней стороне таллома образуются особые веточки – подставки. На одних экземплярах подставки имеют форму сидящей на ножке девятилучевой звездочки, между лучами которой на нижней стороне расположены архегонии. На других – сидящего на ножке восьмиугольного щитка, на верхней стороне которого расположены антеридии, погруженные в антеридиальные полости. Коробочка вскрывается восемью назад загнутыми зубчиками. В коробочке, кроме спор, развиваются ещё пружинки (элатеры). Спороносит летом, редко.

Жизненная форма: талломный ковер.

Доминирующая жизненная стратегия:
бриовиолент, бриопациент.



А



Б

Рис. 8. *Niphotrichum canescens* (Hedw.)
Bednarek-Ochyra & Ochyra:

А – гаметофит, Б – стадия спорофита

Семейство Grimmiaceae Arn.

Род *Niphotrichum* (Bednarek-Ochyra) Bednarek-Ochyra
& Ochyra

***Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra &
Ochyra**

В сухих условиях на песчаных или гравийных почвах, предпочитает лугопастбищные угодья и пустоши, обнаженные валуны вдоль ручьев.

Дерновинки рыхлые или плотные, от желтовато- или серовато-зелёных, до седого оттенка, матовые, 3-8(10) см. Листья 1,5-2,8 мм, прямо отстоящие, вогнутые, от яйцевидных до широко овально-ланцетных, острые или тупые, низбегающие, край отвороченный с двух сторон почти до верхушки. Жилка выступает гиалиновым волоском за верхушкой листа. Двудомный. Коробочка темно-красно-коричневая, прямостоячая, узкоэллипсоидная или овально цилиндрическая, бороздчатая. Крышечка шапочковидная. Спороносит осенью.

Жизненная форма: дернистая подушка.

Доминирующая жизненная стратегия: бриопатент.

Сформулированные описания являются базовой частью запланированного в Донбассе мониторингового исследования с использованием растений для разработки и внедрения диагностических критериев оценки экотопов по важным для хозяйственного назначения характеристикам: функциональному зонированию, расширению трансферов экологических сетей, сохранению биоразнообразия, а также с целью подчеркивания высокой степени эстетичности дикой природы в регионе.

Выводы

1. Зарегистрированные единично встречающиеся виды Bryobionta территории Донецко-Макеевской агломерации значительным образом расширяют показатель биоразнообразия восточной части Северного Приазовья и указывают на необходимость включения их в составляемые соэкологические списки.

2. Для редких видов мохообразных Донбасса не отмечена общность в субстратной специфичности, жизненной форме или доминирующей жизненной стратегии – каждый вид проявляет аутоэкологическую дифференциацию; однако в совокупности обнаруженных локалитетов можно судить о малой степени механической нарушенности субстратного комплекса в местах произрастания указанных видов.

3. Учитывая частоту встречаемости видов, для биоиндикационных исследований в этом случае рекомендован только пассивный способ мониторинга с минимальным вмешательством в микроклиматические особенности экотопа.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ДонНУ в рамках госбюджетных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117 D 000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Игнатов М. С.* Флора мхов средней части европейской России / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова. – М. : КМК, 2003. – Т. 1. – 608 с; М. : КМК, 2004. – Т. 2. – С. 608-994.

2. *Морозова Е. И.* Фиторазнообразие как информационный ресурс эффекта промышленного загрязнения / Е. И. Морозова, А. И. Сафонов // Комплексное использование природных ресурсов : матер. науч. конф. (Донецк, 10 декабря 2015 г.). – Донецк : Изд-во ДонНТУ, 2015. – С. 86-88.

3. *Морозова Е. И.* Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова, А. И. Сафонов // 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.

4. *Морозова Е. И.* Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова, А. И. Сафонов // 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.

5. *Сафонов А. И.* Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 18-24.

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

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

8. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.

9. Сафонов А. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3–4. – С. 24-31.

10. Сафонов А. И. Мохообразные Донецкой агломерации : иллюстрированный атлас и биоиндикация / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова. – Донецк : ДонНУ, 2018. – 128 с.

11. Фронтасьева М. В. Нейронный активационный анализ в науках о жизни. Обзор / М. В. Фронтасьева // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Т. 42, № 2. – С. 636-716.

12. Boquete M. T. Analysis of temporal variability in the concentrations of some elements in the terrestrial moss *Pseudoscleropodium purum* / [M. T. Boquete, J. A. Fernandez, J. R. Aboal, A. Carballeira] // Environmental and Experimental Botany. – 2011. – Vol. 72. – P. 210-217.

13. Cowden P. Mosses as bioindicators of air pollution along an urban-agricultural transect in the Credit River Watershed, southern Ontario, Canada / P. Cowden, T. Liang, J. Aherne // Annali Di Botanica. – 2015. – Vol. 5. – P. 39-46.

14. Erzberger P. Revision of the red list status of Hungarian bryophytes. New occurrences of species previously thought to be regionally extinct or without recent data / [P. Erzberger, Cs. Nemeth, B. Papp et al.] // Studia bot. Hung. – 2015. – Vol. 46 (2). – P. 15-53.

15. Frontasyeva M. V. Monitoring long-term and large-scale deposition of air pollutants based on moss analysis / M. V. Frontasyeva, E. Steinnes, H. Harmens / In: Mira (eds.), Biomonitoring of air pollution using mosses and lichens : a passive and active approach : state of the art research and perspectives // Nova Science Publishers. – 2016. – P. 1-20.

16. Harmens H. Heavy metals and mosses : spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe / H. Harmens, D. Norris, G. Mills // ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology, Bangor, UK, 2013. – 63 p.

17. Ignatov M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov, O. M. Afonina, E. A. Ignatova // Arctoa. – 2006. – Vol. 15. – P. 1-130.

18. Koval S. Heavy metal accumulation and chlorophyll content in moss samples collected from heavy traffic sites / S. Koval, M. Misra, P. K. Tandon // Res. in Environ. Life Sci. – 2014. – Vol. 7 (2). – P. 111-114.

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

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

Safonov A. I., Morozova E. I. Rare species of bryophytes of Donetsk and Makeevka industrial agglomeration. – A list of species of bryophytes, found on the territory of Donetsk and Makeevka industrial agglomeration, has been offered. The morphological description is made and ecological features for including bryophytes species in lists of protected plants of Donbass are indicated.

Key words: bryophytes, Donetsk, rare and protected species Bryobionta.

© Ю. А. Штирц

**ПОКАЗАТЕЛЬ ПСЕВДОСИММЕТРИИ ФОРМЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ
POPULUS NIGRA L. В УСЛОВИЯХ ПРИДОРΟЖНЫХ НАСАЖДЕНИЙ Г. ДОНЕЦКА**

ГУ «Донецкий ботанический сад»

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

Штирц Ю. А. Показатель псевдосимметрии формы листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях придорожных насаждений г. Донецка. – Проведена оценка показателя псевдосимметрии (степени инвариантности) формы листовой пластинки *Populus nigra* L. с использованием программы Biological Pseudosymmetry (BioPs). Материал собран в периоды листопада с 2012 по 2017 гг. в придорожных насаждениях г. Донецка, расположенных вдоль автодорог с различной интенсивностью движения транспорта. Показатель псевдосимметрии формы листовой пластинки *P. nigra* анализируемых выборок варьирует от 0,6108 до 0,9760. Характерно преобладание листовых пластинок с показателем псевдосимметрии не менее 0,9000. Анализируемый показатель характеризуется низкими значениями варьирования – коэффициент вариации составляет менее 10,00%. С целью сравнения значений исследуемого показателя с использованием t-критерия Стьюдента с 95% мощностью на 5% уровне значимости рекомендуемый минимальный размер выборки составляет 36 листовых пластинок, на 1% уровне значимости – 49 листовых пластинок *P. nigra*. Для выборок листьев городского парка и придорожных насаждений города с различной интенсивностью движения автотранспорта статистически достоверных различий показателя псевдосимметрии формы не выявлено.

Ключевые слова: листовая пластинка, псевдосимметрия, форма, *Populus nigra* L., придорожные насаждения

Введение

Листья являются наиболее чувствительными к условиям окружающей среды органами растений, под влиянием различных факторов в них происходят морфологические изменения [17]. По мнению многих авторов, изменение морфологии листьев одного и того же вида связано со сменой условий его произрастания [1, 3-7, 12, 14, 15, 19, 20, 23, 28, 29]. Факторы внешней среды, воздействуя на развивающиеся листья, оказывают существенное влияние на становление особенностей их окончательной структуры и формы [14, 24, 27].

Одной из фундаментальных проблем в современной биологии является проблема симметрии (асимметрии). Симметричным называется объект, который состоит из частей, равных относительно какого-либо признака [18]. Симметрия представляет собой фундаментальную особенность природы, охватывающую все формы движения и организации материи. Она представляет собой понятие, характеризующее переход объектов в самих себя или друг в друга при осуществлении над ними определенных преобразований; в широком плане – свойство неизменности (инвариантности) некоторых сторон, процессов и отношений объектов относительно некоторых преобразований [15]. Симметрия морфологической структуры представляет собой повторение её частей в различных положениях и конфигурациях [25]. В природе чаще всего встречаются лишь приблизительно симметричные объекты, об инвариантности которых относительно операций симметрии также можно говорить лишь приблизительно [18].

Возникновение билатеральной симметрии является важным эволюционным достижением, раскрывающим большие возможности для дифференцировки организма [6]. Согласно описанию типов билатеральной симметрии [26], листовая пластинка большинства древесных представляет собой пример объектной билатеральной симметрии, так как ось симметрии проходит непосредственно через анализируемый объект. При данном типе относительное расположение двух половин является составным аспектом симметрии целой структуры [25]. Билатеральная асимметрия представляет собой комплекс наследующихся и ненаследующихся видов асимметрии [2].

Целью наших исследований являлась оценка показателя псевдосимметрии (степени инвариантности) формы листовой пластинки *Populus nigra* L. в придорожных насаждениях г. Донецка.

P. nigra встречается в биотопах различных типов, что даёт возможность исследовать морфологическую изменчивость его листовой пластинки в условиях различных экологических факторов и в дальнейшем оценить перспективность применения этого вида в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды. Данный вид проявляет также высокую степень устойчивости в условиях города [16]. Следует отметить существенную роль *P. nigra* как эдификатора в условиях трансформированных экосистем [21], поэтому изучение различных аспектов его морфологической изменчивости как проявление устойчивости является актуальной задачей.

Материал и методика исследования

Материал собран в периоды листопада с 2012 по 2017 гг. в придорожных насаждениях г. Донецка, расположенных вдоль автодорог с различной интенсивностью движения транспорта. Периоды листопада выбраны с целью рандомизации выборки. Сбор листьев осуществлялся с древесных растений зрелой стадии генеративного периода, находящихся в непосредственной близости от автомобильных дорог: расстояние от проезжей части до ствола дерева не превышало 1,5 м. Определение возрастного состояния деревьев проводилось по системе О. В. Смирновой и др. [11]. Ввиду того, что данный вид обладает высокой склонностью к гибридизации с близкородственными видами, выбирали экземпляры растений с чётко выраженными морфологическими признаками, подтверждающими видовую принадлежность.

Согласно С. В. Капанову [8], интенсивность автомобильного движения на участке автомагистрали – это количество автомобильных средств, прошедших данный участок за единицу времени в обоих направлениях. Принимая это во внимание, мерой интенсивности движения автотранспорта послужила средняя величина количества транспортных средств, проходящих через поперечное сечение дороги за 1 час в светлое время суток в обоих направлениях. Выделены две градации интенсивности движения транспорта на дорогах, вдоль которых располагались исследуемые участки насаждений: 1) свыше 1200 авт./час; 2) 600-800 авт./час (приведенные показатели автотранспортной нагрузки отражают средние круглогодичные показатели). Автомагистрали, в придорожных насаждениях которых осуществлялся сбор материала, располагались в кварталах многоэтажной жилой застройки города и имели асфальтобетонное покрытие. Для сравнения анализируемых параметров листовых пластинок *P. nigra* в придорожных насаждениях города с параметрами листовых пластинок данного вида из менее трансформированных экосистем, собраны листья на территории Центрального парка культуры и отдыха им. А. С. Щербакова. Данная территория принята нами в качестве условного контроля.

Листья были отсканированы при помощи сканера Epson Perfection V33 с разрешением 300 пикселей на дюйм.

С целью оценки симметричности листовой пластинки использована программа для расчета степени псевдосимметрии относительно зеркального отражения для плоских билатерально симметричных объектов – Biological Pseudosymmetry (BioPs) – биологическая псевдосимметрия. Оценка псевдосимметрии в этом случае основана на выражении интегральной свёртки:

$$\eta = \frac{\sum_{i,j} A_{i,j} \cdot B_{i,j}}{\sum_{i,j} A_{i,j}^2},$$

где η – степень симметричности, A – матрица яркостей исходного изображения, B – матрица яркостей, полученная в результате отражения матрицы A относительно выбранной плоскости. Так как мы имеем дело с суммой положительных чисел, задающих яркости пикселей, то диапазон изменения степени симметрии лежит в пределах от нуля (для полностью несимметричного объекта) до единицы (для абсолютно симметричного). При расчёте степени псевдосимметрии реализован подход без учёта яркостей пикселей, при этом

неоднородности внутри объекта не учитываются. Яркость пикселей фона равна 0, а яркость пикселей объекта равна 255. Другими словами, для программы объект выглядит как белое пятно на чёрном фоне, с проведенной через него (объект) плоскостью симметрии [10, 15]. Таким образом, учитывалась степень инвариантности формы без учёта степени яркости окраски листа. Выбор плоскости отражения осуществлялся по нескольким точкам средней жилки методом наименьших квадратов.

Размеры выборок при проведении исследований значительно превышали рекомендуемые минимальные объёмы, установленные соответствующими вычислениями. Минимальные размеры выборок для определения информативных средних показателей рассчитывали согласно рекомендациям, приведенным в работе М. В. Козлова [9], в частности с использованием формулы вычисления объёма выборки из бесконечной генеральной совокупности. Оценка достоверности различий сравниваемых параметров проведена с использованием t-критерия Стьюдента. Минимальные размеры выборок для проведения информативного сравнения с учётом статистической мощности проведены по формулам, приведенным в работе М. Bland [22]. Расчёт значений коэффициента и размаха вариации проводили по формулам, приведенным в работе Г. Ф. Лакина [13]. Статистическая обработка данных проведена с применением пакета Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Показатель псевдосимметрии (степени инвариантности) формы листовой пластинки *P. nigra* анализируемых выборок варьирует от 0,6108 до 0,9760, коэффициент вариации составляет 5,81%, размах вариации – 0,3652.

Для визуального восприятия диапазона изменчивости псевдосимметрии на рис. 1 отражены листовые пластинки с минимальным и максимальным значениями показателя.

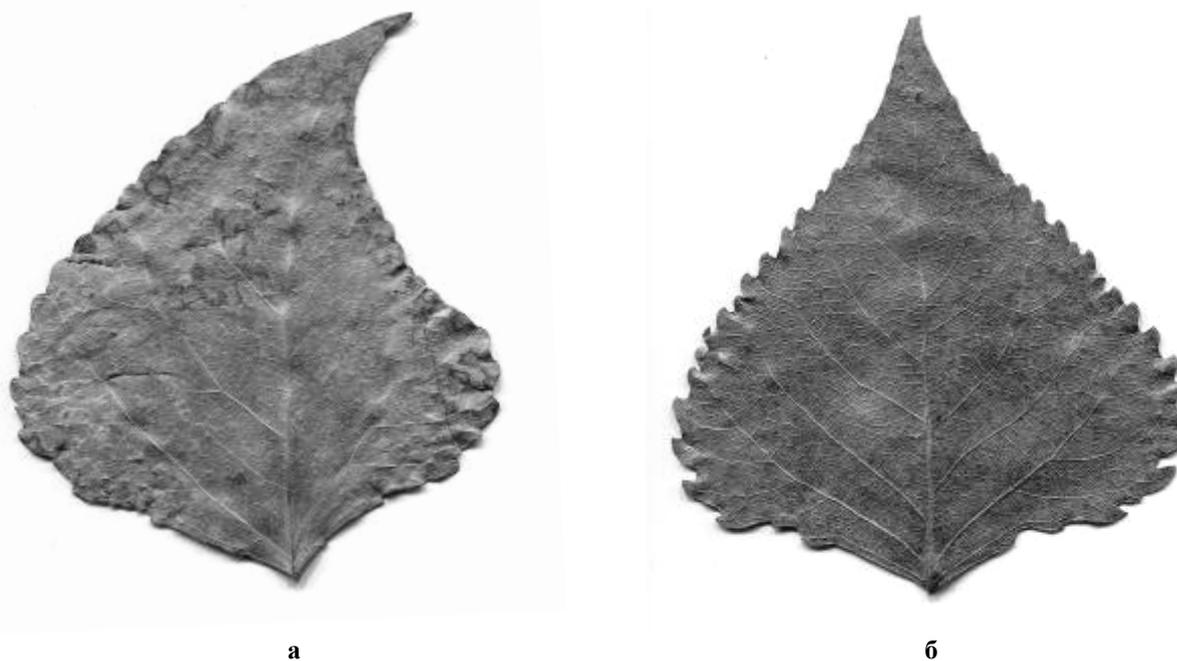


Рис. 1. Листовые пластинки *Populus nigra* L. с минимальным и максимальным значениями показателя псевдосимметрии формы: а) с минимальным значением (0,6108); б) с максимальным значением (0,9760)

Согласно расчётам, проведенным в соответствии с рекомендациями М. В. Козлова [9], минимальный размер выборки для определения информативных средних показателей псевдосимметрии формы листовой пластинки составляет 15 листьев.

Минимальные размеры выборок, необходимые для информативного сравнения показателя псевдосимметрии листовой пластики с использованием t-критерия Стьюдента с учётом статистической мощности отражены в табл. 1.

Минимальные размеры выборок, необходимые для информативного сравнения показателя псевдосимметрии (степени инвариантности) формы листовой пластинки *Populus nigra* L. с использованием t-критерия Стьюдента с учётом различной статистической мощности

Статистическая мощность, %	80%		90%		95%	
	Уровень значимости		Уровень значимости		Уровень значимости	
	P = 0,05	P = 0,01	P = 0,05	P = 0,01	P = 0,05	P = 0,01
Минимальный размер выборки	21,19	31,61	28,37	40,26	35,02	48,12

Таким образом, с целью сравнения значений показателя псевдосимметрии листовой пластинки с использованием t-критерия Стьюдента с 80% мощностью на 5% уровне значимости рекомендуемый минимальный размер выборки должен составить 22 листовые пластинки, в то время как размер выборки в 49 листьев позволяет выявить различия в значениях псевдосимметрии с 95% мощностью на 1% уровне значимости.

Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения свыше 1200 авт./час.

Показатель псевдосимметрии листовой пластинки варьирует от 0,7375 до 0,9734, размах вариации составляет 0,2359, коэффициент вариации – 6,91%, среднее значение – $0,9112 \pm 0,02087$ (здесь и далее указан доверительный интервал для $P = 0,05$).

Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения 600-800 авт./час.

Показатель псевдосимметрии листовой пластинки варьирует от 0,6108 до 0,9685, размах вариации составляет 0,3577, коэффициент вариации – 7,09%, среднее значение – $0,9127 \pm 0,02146$.

Городской парк (Центральный парк культуры и отдыха им. А. С. Щербакова).

Показатель псевдосимметрии листовой пластинки варьирует от 0,7792 до 0,9760, размах вариации составляет 0,1968, коэффициент вариации – 4,22%, среднее значение – $0,9262 \pm 0,00949$.

В результате сравнения показателя псевдосимметрии выборок листьев *P. nigra* городского парка и придорожных насаждений города с различной интенсивностью движения автотранспорта статистически достоверных различий не выявлено (табл. 2).

Отсутствие достоверных различий между показателями псевдосимметрии выборок листовых пластинок городского парка и придорожных насаждений автодорог с различной интенсивностью движения автотранспорта может быть связано, с одной стороны, с относительной степенью устойчивости *P. nigra* к влиянию комплекса факторов, связанных с автотранспортным потоком, с другой стороны, с низкой чувствительностью анализируемого показателя применительно к данным условиям либо данному виду (следует отметить, что нет оснований утверждать о низкой информативности данного показателя в целом, речь идёт об его применении в конкретной ситуации и к конкретному виду).

Анализ распределения значений показателя псевдосимметрии листовой пластинки всей совокупности выборок показал следующее: листовые пластинки со значением показателя псевдосимметрии менее 0,7000 составляют менее 1,0%, 0,7000-0,7999 составляют 3,7%, со значениями 0,8000-0,8999 – 17,8%, 0,9000 и более – 77,8% объединённой выборки. Распределение листовых пластинок *P. nigra* соответственно значению показателя псевдосимметрии (степени инвариантности) формы отражено на рис. 2.

**Оценка достоверности различий показателя псевдосимметрии
(степени инвариантности) формы листовой пластинки *Populus nigra* L.**

Места сбора листьев	Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения свыше 1200 авт./час	Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения 600-800 авт./час	Городской парк
Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения свыше 1200 авт./час	0,9112 ± 0,02087**	0,924125*	0,145848*
Придорожные насаждения автодорог с интенсивностью движения 600-800 авт./час	различия статистически недостоверны***	0,9127 ± 0,02146**	0,196084*
Городской парк	различия статистически недостоверны***	различия статистически недостоверны***	0,9262 ± 0,00949**

Примечание. * – значение Р, при котором может быть отвергнута нулевая гипотеза; ** – среднее значение псевдосимметрии листовой пластинки (доверительный интервал указан для Р = 0,05); *** – оценка достоверности различий.

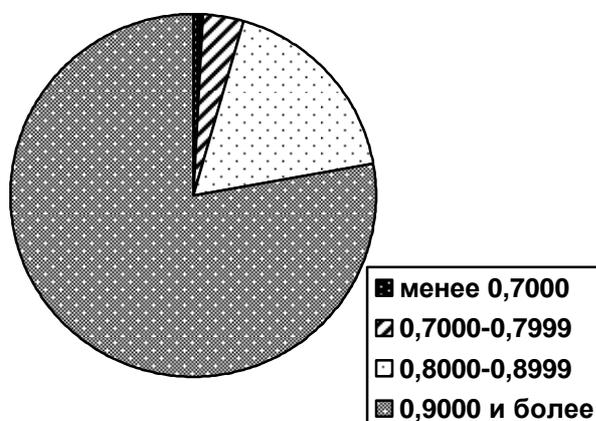


Рис. 2. Распределение листовых пластинок *Populus nigra* L. соответственно значению показателя псевдосимметрии (степени инвариантности) формы

Выводы

Показатель псевдосимметрии (степени инвариантности) формы листовой пластинки *P. nigra* анализируемых выборок варьирует от 0,6108 до 0,9760. Характерно преобладание листовых пластинок с показателями псевдосимметрии не менее 0,9000.

Показатель псевдосимметрии формы листовой пластинки характеризуется низкими значениями варьирования – коэффициент вариации составляет менее 10,00%.

С целью сравнения значений исследуемого показателя с использованием t-критерия Стьюдента с 95% мощностью на 5% уровне значимости рекомендуемый минимальный размер выборки составляет 36 листовых пластинок, на 1% уровне значимости – 49 листовых пластинок *P. nigra*.

Для выборок листьев *P. nigra* городского парка и придорожных насаждений города с различной интенсивностью движения автотранспорта статистически достоверных различий показателя псевдосимметрии формы не выявлено.

Список литературы

1. *Андреева М. В.* Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растений-индикаторов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : спец. 06.03.03 «Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними» / М. В. Андреева. – СПб., 2007. – 20 с.
2. *Баранов С. Г.* К вопросу об использовании гармонического анализа в феногенетических исследованиях / С. Г. Баранов, А. В. Малеев // Математическая морфология. – 2009. – Т. 8, вып. 3. – С. 1-10.
3. *Бессонова Н. В.* Использование метода биоиндикации для оценки экологического состояния различных районов в г. Хабаровске / Н. В. Бессонова // Леса России в XXI веке : матер. I Междунар. науч.-практ. конф. (июль 2009 г.). – СПб. : ЛТА, 2009. – С. 11-13.
4. *Бухарина И. Л.* Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, К. Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
5. *Зайцева И. О.* Біоекологічні механізми адаптації деревних інтродуцентів у степовій зоні України : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.16 «Екологія» / И. О. Зайцева. – Дніпропетровськ, 2012. – 40 с.
6. *Здоровье среды : методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников* / [В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов и др.]. – М. : Центр экол. политики России, 2000. – 66 с.
7. *Исаков В. Н.* Исследование морфологии листа древесных средствами автоматизации / В. Н. Исаков, Л. И. Висковатова, Я. Я. Лейшовник. – Рига : Зинатне, 1984. – 196 с.
8. *Капранов С. В.* Автотранспорт, воздух и здоровье / С. В. Капранов. – Луганск : ИПЦ «Ладо», 1998. – 200 с.
9. *Козлов М. В.* Планирование экологических исследований : теория и практические рекомендации / М. В. Козлов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 171 с.
10. Комплекс программных продуктов BioPS для автоматической количественной оценки степени псевдосимметрии растительных объектов). – [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://ecograde.belozersky.msu.ru/links/index.html>
11. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений различных биоморф / [О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, Н. А. Таронова, Л. Д. Фаликов] // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М. : Наука, 1976. – Ч. I. – С. 14-43.
12. *Крохмаль І. І.* Еколого-біологічні детермінанти успішності інтродукції трав'янистих багаторічників в степовій зоні України : автореф. дис. ... д-ра біол. наук / І. І. Крохмаль. – К., 2016. – 53 с.
13. *Лакин Г. Ф.* Биометрия : уч. пос. для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.
14. *Мигалина С. В.* Размеры листа берёзы как индикатор её продуктивности вдали от климатического оптимума / С. В. Мигалина, Л. А. Иванова, А. К. Махнев // Физиология растений. – 2009. – Т. 56, № 6. – С. 948-953.
15. *Нижегородцев А. А.* Псевдосимметрия растительных объектов как биоиндикационный показатель : теоретическое обоснование, автоматизация оценок, апробация : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.08 «Экология» / А. А. Нижегородцев. – Нижний Новгород, 2010. – 24 с.
16. *Поляков А. К.* Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / А. К. Поляков. – Донецк : Ноулидж (Донецкое отделение), 2009. – 269 с.

17. Стаковецкая О. К. Оценка экологического состояния воздушной среды методами биоиндикации / О. К. Стаковецкая, Н. А. Куликова, Е. С. Советова. – [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.rusnauka.com/10_DN_2012/Ecologia/6_106476.doc.htm

18. Статистический анализ флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков разноцветной ящурки *Eremias arguta* / [Д. Б. Гелашвили, В. Н. Якимов, В. В. Логинов, Г. В. Епланова] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии : сб. науч. тр. – Тольятти, 2004. – Вып. 7. – С. 45-59.

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

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

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

22. Bland M. An introduction to medical statistics / M. Bland. – Oxford : Oxford University Press, 2000. – 405 p.

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

24. Givnish T. J. Leaf and canopy adaptations in tropical forests / T. J. Givnish // Physiological ecology of plants of the wet tropics. Tasks for vegetation Science 12. – 1984. – P. 51-84. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-7299-5_6.

25. Klingenberg C. P. Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics : concepts, methods and applications / C. P. Klingenberg. // Symmetry. – 2015. – Vol. 7. – P. 843-934. <http://dx.doi.org/10.3390/sym7020843>

26. Mardia K. V. Statistical assessment of bilateral symmetry of shapes / K. V. Mardia, F. L. Bookstein, I. J. Moreton // Biometrika. – 2000. – Vol. 87, Iss. 2. – P. 285-300. <https://doi.org/10.1093/biomet/87.2.285>

27. Niinemets Ü. Variability in leaf morphology and chemical composition as a function of canopy light environment in coexisting deciduous trees / Ü. Niinemets, O. Kull, J. D. Tenhunen // Int. J. of Plant Sciences. – 1999. – Vol. 160. – P. 837-848.

28. Niinemets Ü. Leaf shape and venation pattern alter the support investments within leaf lamina in temperate species: a neglected source of leaf physiological differentiation / Ü. Niinemets, A. Portsmouth, M. Tobias // Funct. Ecol. – 2007. – Vol. 21. – P. 28-40. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2006.01221.x>

29. Vogel S. Leaves in the lowest and highest winds : temperature, force and shape / S. Vogel // New Phytologist. – 2009. – Vol. 183. – P. 13-26. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02854.x>

Shtirts Yu. A. Pseudosymmetry index of leaf blade shape of *Populus nigra* L. in conditions of roadside plantations in Donetsk. – An estimation of pseudosymmetry index (degree of invariance) of leaf blade shape of *Populus nigra* L. using the Biological Pseudosymmetry (BioPs) program was carried out. The material was collected during the fall periods from 2012 to 2017 in roadside plantations of Donetsk, located along roads with different traffic intensity. The pseudosymmetry index of the *P. nigra* leaf shape of the samples analyzed varies from 0,6108 to 0,9760. Preval of leaf blades with pseudosymmetry index of at least 0,9000. The analyzed indicator is characterized by low values of variation – the coefficient of variation is less than 10,00%. In order to compare the values of indicator under study using Student's t-test with 95% power at 5% significance level, the recommended minimum sample size is 36 leaf blades, at 1% level of significance – 49 *P. nigra* leaf blades. For samples of leaf blades of city park and roadside plantings with different traffic intensity, there were no statistically significant differences in the pseudosymmetry index of leaf blade shape.

Key words: leaf blade, pseudosymmetry, shape, *Populus nigra* L., roadside plantations.

УДК 595.799 : (477.6) : 638.19

© А. В. Амолин

К ИЗУЧЕНИЮ ЭКОЛОГИИ И БРАЧНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕТЫРЕХ
ГНЕЗДОСТРОЯЩИХ ВИДОВ ПЧЕЛ (HYMENOPTERA: APOIDEA: APIFORMES)
В ДОНБАССЕ

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

Амолин А. В. К изучению экологии и брачного поведения четырех гнездостроящих видов пчел (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) в Донбассе. – В статье приведены результаты многолетних исследований по ландшафтно-биотопическому распределению, брачному поведению, относительному обилию, фенологии, трофическим связям, станциям гнездования и гнездовым паразитам четырех видов пчел: *Colletes cunicularius*, *Camptopoeum friese*, *Lithurgus cornutus* и *Anthidium manicatum* в Донбассе. Впервые описано брачное поведение редкого степного вида *Camptopoeum friese*, а также уточнены известные в литературе данные по экологии и брачному поведению *C. cunicularius*, *L. cornutus* и *A. manicatum*. У всех исследуемых видов пчел (кроме *A. manicatum*) перед началом спаривания отмечена конкурентная борьба между самцами за обладание самкой. Характерным элементом этой борьбы является кратковременное появление предкопуляционного клубка, состоящего из нескольких (2-4) самцов и одной самки. У *A. manicatum* конкуренция между самцами, по-видимому, проявляется в борьбе за куртину кормового растения, куда прилетают самки и где происходит копуляция.

Ключевые слова: *Colletes cunicularius*, *Camptopoeum friese*, *Lithurgus cornutus*, *Anthidium manicatum*, экология, брачное поведение.

Введение

В процессе многолетних исследований фауны, экологии и биологии жалящих перепончатокрылых на территории Донецкой и Луганской областей, автором был получен целый ряд сведений по экологии некоторых видов пчел и ос. В данном сообщении приведены данные по ландшафтно-биотопическому распределению, брачному поведению, встречаемости, относительному обилию, фенологии, трофическим связям, местам гнездования (станциям гнездования) и гнездовым паразитам четырех видов пчел: *Colletes (s. str.) cunicularius* (Linnaeus, 1758) (Colletidae), *Camptopoeum (s. str.) friese* Mocsary, 1894 (Andrenidae), *Lithurgus (s. str.) cornutus* (Fabricius, 1787) и *Anthidium (s. str.) manicatum* (Linnaeus, 1758) (Megachilidae). Нами не приводится подробный анализ всех имеющихся публикаций, касающихся экологии и биологии гнездования этих видов. Следует отметить, что среди указанных видов наиболее изученными являются *C. cunicularius* и *A. manicatum*. Также особенности гнездования *L. cornutus* были показаны в работах С. И. Малышева [21] и А. А. Гутбира [5, 16]. Широкий круг вопросов, касающихся этологии и экологии гнездования пчел этого вида, освещен в работе Т. П. Мариковской [11]. Гораздо менее изученным видом, главным образом из-за его редкости и относительно небольшого ареала, является *C. friese*.

Цель данного сообщения – представить данные по экологии и брачному поведению четырех гнездостроящих видов пчел, полученные в ходе собственных многолетних наблюдений на территории Донецкой и Луганской областей. Результаты этого исследования могут быть использованы при планировании мероприятий по охране редких и практически значимых видов пчел на территории Донбасса.

Материал и методы исследования

Исследования экологии и брачного поведения *C. cunicularius* проводили в период с 1996 по 2001 гг., а также спорадически в 2002, 2005 и 2016 гг., в г. Донецке (48°00' с.ш., 37°48' в.д.) и его ближайших окрестностях. Изучение видов *A. manicatum* и *L. cornutus* проводили с 2005 по 2015 гг. на стационарном приусадебном участке в г. Донецке.

Наблюдения по экологии гнездования *C. friese* были выполнены в 2012 г. в окр. с. Дроновка Донецкой области (48°55' с.ш., 38°02' в.д.).

Распространение всех исследуемых видов изучали в ходе многолетних (1996-2016 гг.) эколого-фаунистических исследований жалоносных перепончатокрылых на территории Донецкого кряжа и прилегающих территорий.

В целях изучения ландшафтно-биотопического распределения проводили сбор пчел в различных биотопах в пределах основных геоморфологических областей (Старобельское плато, Донецкая возвышенность, Приазовская возвышенность, Придонецкая террасовая равнина, Приазовская низменность). Всего было обследовано 52 географических пункта. При изучении стаций гнездования в изучаемых биотопах проводили поиск гнезд, используя методики С. П. Иванова [6].

При определении встречаемости и относительного обилия использовали методику Ю. А. Песенко [16].

Фенологию лёта *C. cunicularius* изучали на основе ежегодных систематических наблюдений (ведение полевого дневника) за временем основных периодов жизни изучаемых видов на стационарных участках. Трофические связи изучали путем визуальных наблюдений за питанием пчел на цветках кормовых растений (с применением фото- и видеорегистрации) с последующим отловом насекомых и гербаризацией растений для их точной видовой идентификации.

Результаты и обсуждение

Ниже приводим расширенные аннотации для четырех видов пчел, содержащие сведения о распространении, фенологии, ландшафтно-биотопическом распределении, стациях гнездования, трофических связях, брачном поведении, гнездовых паразитах.

Colletes (s. str.) cunicularius (Linnaeus, 1758) – Коллет пушистый

Транспалеарктический вид [9]. Единственный из всех видов данного рода, лёт которого проходит в весенний период года. На исследуемой территории широко распространенный, среднечисленный вид.

Биологию и экологию гнездования коллета пушистого на территории европейской части России (Курская область) подробно и основательно изучал С. И. Малышев [10, 20]. Еще раньше были опубликованы сведения А. Гутбира о строении гнезда данного вида [4]. Кроме того, в небольшой статье В. С. Гребенникова приведены оригинальные данные о строении гнезда, стациях гнездования и брачном поведении самцов коллета пушистого [3]. В работе С. П. Иванова отражены результаты специальных исследований по изучению отдельных вопросов экологии гнездования этого вида в Крыму [7]. Для исследуемой территории оригинальные сведения о гнездовании данного вида приводит В. Г. Радченко [17], а также автор данной статьи [2].

По нашим наблюдениям, период лёта данного вида в окр. г. Донецка длится 1,5 месяца (с начала апреля до конца второй декады мая). Наибольшую активность имаго отмечали во второй и третьей декадах апреля. Сроки начала и окончания лёта имаго могут смещаться в зависимости от климатических условий конкретного года (прежде всего годовой динамики температуры и влажности воздуха). Самцы, по-видимому, выходят раньше самок. Выход имаго самцов и самок фенологически сопряжен с зацветанием ранневесенних энтомофильных растений, в том числе ив (рис. 1, А).

На территории Донбасса вид встречали в различных биотопах, однако, большей частью в долинах рек (опушки сосновых боров на надпойменной песчаной террасе Северского Донца, склоны степных балок в долинах рек Грузская, Богодуховка, опушки байрачных лесов и искусственных рекреационных лесных массивов, песчаные карьеры, городские парки). Относительная численность этого вида может варьировать по годам от категории малочисленных до среднечисленных видов.

Гнезда находили в долине р. Грузская (восточные окр. г. Донецка) в виде небольших агрегаций на пологих склонах степной балки (северная экспозиция склона).



А

Б

Рис. 1. *Colletes cunicularius*: А – самец питается нектаром на цветках ивы (фото Оголь И. Н.);
Б – гнездовой холмик гнезда (фото автора)

На 1 м² было обнаружено около 11 гнезд. При этом гнёзда располагались в легкосуглинистой почве с разреженным травостоем (проективное покрытие 30-40%) без затенения. Гнездование отмечали также в песчаном карьере в окр. г. Ясиноватая на хорошо освещенной, горизонтальной поверхности в песчаной почве, лишенной растительного покрова (рис. 1, Б). В парках г. Донецка вид может также образовывать относительно крупные агрегации гнезд. Например, одна из таких агрегаций была найдена в 2017 г. студентом биологического факультета Е. Г. Пономаревым в небольшом сквере возле биологического факультета в центре города (рис. 2). Гнёзда в этой многолетней агрегации были устроены в суглинистой почве, как с разреженным травостоем, так и на открытой, полностью лишенной травостоя поверхности почвы.



А

Б

Рис. 2. *Colletes cunicularius*: А – станция гнездования в г. Донецке; Б – самка *C. cunicularius* при входе в гнездо (фото Пономарев Е. Г.)

В период брачного поведения, которое наступает во время массового выхода из гнезд самок (вторая и третья декады апреля), самцы низко летают над землей в пределах гнездовой станции. Копуляцию в трёх из шести случаев наблюдали на земле, в остальных трёх случаях – на сухих стеблях травянистых растений, прилегающих к земле. В одном случае наблюдали копуляцию в норке жука-кравчика (*Lethrus apterus*) (при этом самка кравчика выталкивала из своей норки копулирующую пару наружу). Спаривание наблюдали всегда поблизости от гнёзд, как в солнечную, так и в пасмурную погоду (иногда в ветреную, с переменной облачностью) при температуре воздуха +21°С. Время копуляции для трёх измеренных

случаев в среднем составило 5,6 минут (максимальное время около 9 минут отмечено в пасмурную погоду). Перед спариванием и во время начала копуляции наблюдали конкуренцию среди самцов за обладание самкой. При этом несколько самцов (2-3) и одна самка образуют предкопуляционный клубок, распадающийся после начала спаривания. Подобные клубки ранее были описаны В. С. Гребенниковым [3]. Минимально конкурировало два самца, максимально – восемь. Не исключено, что копуляция может проходить на кормовых растениях. По-видимому, в пределах конкретной гнездовой станции вида (субпопуляции), часть самцов сразу после выхода из материнских гнезд мигрируют в поисках соседних станций (субпопуляций) и спариваются там с самками, обеспечивая, таким образом, перекрёстное скрещивание в пределах всей популяции. В антропогенных ландшафтах с нарушенными экосистемами перекрёстное скрещивание, по-видимому, ослаблено, и в таких условиях часто происходит близкородственное скрещивание в пределах одной субпопуляции. Вопрос о степени инбридинга у различных видов пчел в условиях урбололандшафтов требует специального исследования.

Питание самцов отмечали на цветках *Gagea* sp., *Corydalis solida*, особенно большие скопления отмечены на цветущих ивах (*Salix* sp.). При этом посещения массово цветущего в это же время и в этом же месте чистяка весеннего (*Ficaria verna*) ни самцами, ни самками нами не отмечено. Сбор пыльцы самками отмечали на плодовых розоцветных деревьях (абрикос, яблоня) и кустарниках (терн). В частности, начало гнездостроительных работ и фуражировочной активности самок, по нашим наблюдениям, фенологически сопряжено с зацветанием терна (*Prunus spinosa*).

Возле гнезд встречали известного для этого вида гнездового паразита – *Sphcodes albilabris* (Fabricius, 1793).

Анализируя экологию и распространение этого вида можно предположить, что он является реликтом плейстоценовых перигляциальных ландшафтов (тундростепей) [2].

***Camptopoeum* (s. str.) *friese* Mocsary, 1894**

Позднелетний, моновольгинный вид [14]. Узкоареальный вид, по-видимому, имеющий средиземноморско-западноскифский тип ареала.

На территории Донецкой и Луганской областей малочисленный, локально встречаемый вид.

Для Донецкой области приводится с территории заповедника «Хомутовская степь» [14]. Нами локально отмечен в Луганской (заповедник «Провальская степь») и Донецкой (окр. с. Безыменное и с. Дроновка) областях.

Лёт вида отмечали с середины июля до конца второй декады августа.

В окрестностях с. Дроновка нами была обнаружена небольшая агрегация гнёзд, расположенная возле заброшенной доломитной шахты на пологом степном склоне правого берега р. Бахмутка (рис. 3). Гнезда размещались на ровном, ориентированном на юго-восток, слабонаклонном участке, с плотной глинистой почвой и слабо развитым травостоем. Плотность гнёзд в агрегации составила ≈ 15 гнезд на 1 м². По-видимому, вид приурочен к гнездованию на хорошо освещенных солнцем, горизонтальных участках с разреженным травостоем и глинистой почвой.

Брачный лёт самцов и копуляцию отмечали 27 июля 2013 г. в вышеописанной гнездовой станции в солнечную погоду во второй половине дня (15 ч. 40 мин.). Самцы низко летают над землей возле гнёзд (иногда бегают возле гнезд) и при выходе самки из гнезда, спариваются с ней (рис. 3). Важно отметить наличие конкуренции между самцами за обладание самкой. Обычно самцы ожидают выхода самки возле гнезда (до 4 экз.). При выходе из гнезда самки, ожидающие её самцы сразу набрасываются на неё, при этом часто образуется предкопуляционный клубок, состоящий из нескольких самцов (2-3 экз.) и самки (рис. 4, Б). После того как одному из самцов удаётся начать копулировать с самкой, клубок распадается (через 5-6 сек.), хотя преследование конкурентными самцами (или самцом) может продолжаться (рис. 4, А). Время копуляции для одного измеренного случая составило около 4 мин.



А

Б

Рис. 3. Гнездовая станция *Camptopoeum friese* (окр. с. Дроновка): А – общий вид гнездовой станции; Б – вход в гнездо



А

Б

Рис. 4. Копуляция *C. friese*: А – копулирующая пара возле гнезда с самцом-конкурентом (в левом нижнем углу виден вход в гнездо); Б – предкопуляционный клубок

Как редкий степной вид *C. friese* нуждается в охране, в частности, в охране его гнездовых станций.

Lithurgus (s. str.) *cornutus* (Fabricius, 1787)

Западнопалеарктический полизональный вид [9]. Летний, моновольтинный вид. В г. Донецке, по восьмилетним наблюдениям в пределах стационарного участка (пос. Калинкино), лётный период вида в среднем длится с начала второй декады июня до конца августа (сроки лёта могут смещаться). Максимальный лёт самцов (брачный лёт) отмечали с начала второй декады июня до конца этого месяца. При этом лёт самцов быстро нарастает, достигая максимума, а затем постепенно снижается, полностью прекращаясь обычно к концу первой декады июля (максимальная дата – 17 июля). Самки обычно выходят из гнезд во второй декаде июня и после спаривания приступают к строительству гнезд (обычно в начале первой декады июля). Начало гнездостроительной активности самок фенологически сопряжено с зацветанием лопуха войлочного (*Arctium tomentosum* Mill.) – одного из кормовых растений этого вида. В августе лёт самок заметно ослабевает и к концу этого месяца полностью прекращается. Таким образом, лёт самок длится около 2,5 месяцев, самцов – около одного месяца (обычно 20 дней).

Вид отмечен нами в пойменных и байрачных лесах по всей изучаемой территории, а также в селитебных городских и сельских ландшафтах. В пределах гнездовых станций

является среднечисленным видом. Облигатный ксилобионт, топически приуроченный к старым, усыхающим или усохшим деревьям. При этом гнездовые станции, как правило, представляют усыхающие старовозрастные деревья (чаще виды *Salix*) растущие как в естественных, так и в антропогенных ландшафтах. Например, в ландшафтах Северного Приазовья гнездование вида отмечали в усохших и усыхающих ивах в поймах небольших рек. В г. Донецке одна гнездовая станция была обнаружена на обочине оживленной городской улицы (в стволе усыхающей ивы), ещё одна – на приусадебном участке возле жилого дома. Последняя станция представляла собой фрагмент нижней части полностью усохшего ствола груши обыкновенной, в котором, кроме этого вида, гнездились также ксилобионтные виды ос-крабронид (*Pemphredon* sp., *Ectemnius* sp., *Lestica clypeata*) и пчела-плотник (*Xylocopa valga*). В указанной станции гнезда *L. cornutus* в виде агрегации (в 2014 г. было обнаружено 14 гнездовых входов) были расположены на высоте от 0,96 до 2,13 м от поверхности земли, в основном, с южной, восточной и юго-восточной сторон ствола дерева. Диаметр отверстий, ведущих к гнездовым ячейкам, варьирует от 6 до 12 мм (в среднем – 8 мм). Остаётся открытым вопрос о способе проникновения самок в ствол дерева. Нами отмечено использование некоторыми самками входов в ствол дерева, сделанных пчелой-плотником. Данная агрегация гнезд *L. cornutus* была многолетней и начала формироваться с 2007 г.

По нашим наблюдениям, самцы вылетают раньше самок примерно на неделю. Во время брачного лёта самцов, концентрировано летающих возле гнезд, довольно отчетливо слышен гул, стихающий на расстоянии не менее 7-8 м. Наличие гула является хорошим показателем максимального лёта самцов. Он наблюдается при их достаточно высокой численности (от 30 до 40 экз.), а также служит показателем выхода самок из гнезд. Перед первым выходом из гнезд неоплодотворенных самок, а также во время их выхода, вылетевшие несколько раньше самцы держатся большей частью возле гнёзд, формируя иерархию в борьбе за право спариться с самкой (рис. 5, А). При этом между ними часто происходят стычки за лучшее место возле входа в гнездо, удобное для «нападения» на самку (ближайшая точка к входу в гнездо). Иногда такая иерархия кратковременно приобретает геометрический порядок (рис. 5, Б). Самый активный и сильный самец обычно в течение долгого времени удерживает ближайшую точку возле входа в гнездо и никого не подпускает на это место. Копуляция обычно проходит возле гнезда на стволе дерева (рис. 5, В, Д) или на поверхности почвы под деревом (при сильной конкуренции копулирующая пара часто сваливается на землю) (рис. 5, Е). Во время выхода самки из гнезда в большинстве случаев формируется предкопуляционный клубок (рис. 5, Д, Е), состоящий из нескольких самцов (может включать более шести) и одной самки, быстро распадающийся после начала копуляции. Время копуляции для одного измеренного случая составило 5 минут.

При копуляции самец и самка могут перелетать с одного места на другое. Также отмечен факт стимуляции самки к копуляции самцом, выражающийся в том, что самец обхватывает самку сверху ногами, при этом шпоры передних ног самца фиксируют костальную жилку передних крыльев самки, средние ноги фиксируют заднегрудь самки, а задними ногами самец интенсивно потирает прегенитальные сегменты брюшка самки, издавая характерный звук. Иногда находили самцов и одну самку с повреждениями, вероятно обусловленными брачным поведением. В частности у самки и у одного самца было вывихнуто переднее крыло (перелом костальной жилки). Находили также самцов без одного жгутика усика, а также одного мертвого самца. У самок отмечена характерная поза отказа копулировать, самки при этом высоко поднимают брюшко вверх и прижимают его сверху к груди.

Кроме копуляции возле гнёзд (4 случая), наблюдали также один случай безуспешной попытки копуляции самца с фуражирующей на цветке самкой (следует отметить, что кормовые растения на изучаемом приусадебном участке находились возле места гнездования). После спаривания самки начинают строить гнезда, хотя в этот период возле гнёзд их могут ожидать ещё не спарившиеся самцы (рис. 5, Г).



Рис. 5. Брачное поведение у *L. cornutus*: А – четыре самца в ожидании выхода самки из гнезда; Б – фрагмент линейной иерархии из трех самцов; В – попытка копуляции на стволе груши; Г – неспарившийся самец ожидает самку, которая уже строит гнездо (видна стружка, выгребаемая самкой из гнезда при расчистке гнездового хода); Д – предкопуляционный клубок возле гнезда на стволе груши; Е – предкопуляционный клубок на земле возле дерева

Следует отметить, что полученные нами данные о брачном поведении самцов, а также о наличии у них иерархической градации, в целом согласуются с данными наблюдений Т. П. Мариковской [11], изучавшей агрегацию гнезд *L. cornutus* в окр. г. Алма-Аты. Однако в г. Донецке мы не наблюдали выхода второго поколения, а также спаривания на цветках кормовых растений.

По нашим наблюдениям, в гнездах *L. cornutus* паразитируют: пчеложук *Trichodes apiarius* (L.) (Coleoptera, Cleridae), муха-траурница *Anthrax anthrax* Schr. (Diptera, Bombyliidae), пчела *Stelis simillima* Mor. (Hymenoptera, Megachilidae), наездник *Monodontomerus obscurus* West. (Hymenoptera, Torymidae). Последний вид оказался самым многочисленным паразитом, заметно ограничивающим численность *L. cornutus* на определенной фазе роста субпопуляции (резко ограничивает рост субпопуляции при достижении ею определенной численности). Этот наездник, в отличие от других вышеуказанных паразитов, долгое время не проявлял себя в изучаемой агрегации и массово появился только на восьмом году жизни субпопуляции *L. cornutus*, когда её численность существенно возросла. При этом массовый лёт наездника наблюдали, в пределах станции гнездования *L. cornutus*, в начале второй декады июня, перед началом вылета самцов этой пчелы. Первые два паразита (*T. apiarius* и *A. anthrax*) имели относительно постоянную встречаемость и численность в течение всего периода наблюдений, а численность *S. simillima* синхронно возрастала. При этом поисковый лет самок *S. simillima* максимален в июле, в период фуражировочной активности самок *L. cornutus*. Самки и самцы этого клептопаразита питались нектаром на лопухе войлочном – кормовом растении *L. cornutus*. Нами было отмечено, что самки *L. cornutus* замедляют фуражировку, если возле их гнёзд летают самки *S. simillima*. Не исключено, что фуражирующие самки *L. cornutus* могут охранять свои гнезда.

***Anthidium* (s. str.) *manicatum* (Linnaeus, 1758)**

Голарктический полизональный вид [8, 9], завезенный человеком также в Южную Америку и Новую Зеландию [23]. Исходный ареал этого вида, по-видимому, был расположен в области Древнего Средиземья. В пределах исследуемой территории нами ранее были опубликованы некоторые сведения по экологии этого вида, в частности, об его распространении, экологии гнездования, брачном поведении самцов [1]. Кроме того, отдельные аспекты поведения самцов этого вида описаны в работе А. Мюллера [22].

На основании многолетних наблюдений нами установлено, что *A. manicatum* на исследуемой территории является широко распространенным, среднечисленным видом, с растянутым периодом лёта, длящимся не менее трёх месяцев (июнь – август). Остаётся открытым вопрос о вольтиности данного вида.

В пределах стационарного участка (г. Донецк, пос. Калинкино) самцы и самки этого вида появляются с момента зацветания пустырника пятилопастного – одного из основных кормовых растений этого вида в г. Донецке (третья декада мая). При этом самцы вылетают раньше самок и совершают патрулирующий полет в пределах куртины кормового растения. С появлением самок самцы начинают спариваться с ними. Копуляцию наблюдали всегда в пределах куртин кормового растения (на цветках). При этом самец зависает в воздухе, выслеживая самку (в точке зависания он может поворачиваться в разные стороны на 90°, находясь при этом на одном месте) и в момент её подлета к цветку, или во время питания на цветке, совершает резкий бросок к ней, плотно обхватывая её тело сверху ногами. Средняя пара ног у самцов *A. manicatum* всегда направлена вперед (рис. 6, А), что характерно и для самцов других видов этого рода. Такое положение средней пары ног аналогично положению этой пары ног у хищных мух-ктырей (Asilidae) и стрекоз (Odonata), и является примером конвергентной адаптации, служащей для фиксации и удержания тела самки с целью спаривания, а не для захвата и удержания добычи с целью её поедания, как у мух-ктырей или стрекоз. Важным приспособлением для быстрой и точной копуляции является также наличие шиповидных выростов на прегенитальных стернумах метасомы самца, позволяющие быстро зафиксировать брюшко самки в нужном положении. По данным А. Мюллера [22], указанные шиповидные выросты используются самцами как оружие при нападении на других антофильных насекомых, питающихся в пределах контролируемой данным самцом куртины кормового растения. Время копуляции в среднем (для семи измеренных случаев) составило около 9,3 секунды. Несмотря на то, что общее соотношение полов у этого вида, по результатам сплошного вылова, составило 2 : 1 (с перевесом самцов), видимой борьбы

между самцами за обладание самкой нами не отмечено. Обычно в пределах одной куртины летают один, реже два самца (в зависимости от размера куртины), в то же время самок – в два раза больше, вероятно, поэтому видимой конкуренции не наблюдается. Однако конкуренция между самцами у этого вида (а, возможно, и между самцами разных видов этого рода), по-видимому, проявляется в борьбе за куртину кормового растения, куда прилетают самки и где происходит копуляция (за место для спаривания). Именно подобной конкуренцией, с нашей точки зрения, можно объяснить наличие патрулирующего полёта у самцов и нападение на любых антофильных насекомых (мух, пчел, ос), питающихся на цветках в пределах кормовой станции *A. manicatum*.

Гнездостроительное поведение самок в пределах указанного стационарного участка наблюдали с начала второй декады июня, при этом самки ищут подходящие для устройства гнезда полости в кирпичных стенах (рис. 6, Б), не заселяя одну и ту же полость два раза подряд. К числу характерных станций гнездования на исследуемой территории следует отнести приусадебные участки в селитебных городских и сельских ландшафтах [1], склоны степных балок с обнажениями известняка [18], опушки лесополос. С конца июля у этого вида вылетает, по-видимому, второе поколение, самцы и самки которого питаются уже на других кормовых растениях, цветущих в данный момент времени (чаще всего, на куртинах *Ballota nigra* L.). Следует отметить, что на исследуемой территории в августе имеет место дефицит кормовых растений в связи с частыми засухами. Лёт вида прекращается в конце августа – начале сентября.



Рис. 6. *Anthidium manicatum*: А – самец с характерным положением средних ног; Б – самка заканчивает строительство гнезда в кирпичной стене (строит гнездовую пробку)

Несмотря на широкое распространение, данный вид встречается локально, имея чётко выраженные гнездовые и кормовые станции.

Кормовые станции *A. manicatum* пространственно совпадают с куртинами кормовых растений этого вида, которые постоянно патрулируются одним или несколькими самцами. При этом границы этих станций часто совпадают с размерами куртин кормовых растений и обычно не превышают нескольких квадратных метров. Например, в г. Донецке характерными кормовыми станциями этого вида являются цветущие куртины *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Ballota nigra* L. и *Linaria* sp., расположенные на опушках в лесопарках и лугово-степных участках. Кроме того, в Донецком ботаническом саду на участке эфирномасличных, пряно-ароматических и редких овощных растений этот вид отмечен нами при питании на небольшой куртине *Calamintha nepeta* L. (Lamiaceae). При этом интересно, что кормовые станции *A. manicatum* и *A. florentinum* (Fabricius, 1775) (вида также достаточного обычного в г. Донецке), по-видимому, территориально разобщены (в местах, где питается *A. manicatum* нами не отмечен *A. florentinum* и наоборот). Взаимоотношения между этими видами, включая их территориальное распределение, а также межвидовые отношения внутри

этого рода, заслуживают специального изучения. Иногда кормовые станции *A. manicatum* расположены вблизи гнёзд и территориально совпадают с гнездовыми станциями (например, на приусадебных участках).

Трофические связи этого вида, по нашему мнению, изучены недостаточно. В ходе собственных наблюдений и анализа имеющейся литературы [12, 13, 15] можно констатировать, что данный вид приурочен к питанию на цветках зигоморфных венчиков различных семейств цветковых растений. При этом семейство яснотковых (*Lamiaceae*) занимает одно из ведущих мест. Важно отметить, что у данного вида хорошо выражена цветковая константность, обусловленная относительно узкой трофической специализацией этого вида и особенностями его поведенческих реакций, и проявляемая в том, что самцы и самки питаются на цветках данного вида растения в течение длительного времени его цветения. При этом самцы, как было уже показано ранее [1], могут снижать конкуренцию за кормовое растение.

В качестве гнездового паразита из гнёзд этого вида, отстроенных в тростниковых трубках искусственных гнездовых конструкций, нами был выведен клептопаразит *Aglaopis tridentata* (Nylander, 1848) (*Megachilidae*).

Выводы

1. На территории Донецкой и Луганской областей в ходе многолетних наблюдений нами были получены данные по ландшафтно-биотопическому распределению, относительному обилию, брачному поведению, фенологии, трофическим связям, местам гнездования (станциям гнездования) и гнездовым паразитам четырех видов пчел: *Colletes cunicularius*, *Camptopoeum friese*, *Lithurgus cornutus* и *Anthidium manicatum*.

2. Установлено что вид *C. cunicularius* является широко распространенным на исследуемой территории видом, который обитает большей частью в долинах рек, при этом самки могут строить свои гнёзда не только в песчаной и супесчаной почве, но и в легкосуглинистой почве, образуя небольшие агрегации гнёзд. Учитывая эколого-морфологические особенности этого вида, можно предположить, что этот вид является реликтом плейстоценовых перигляциальных ландшафтов (тундростепей).

3. Установлено, что вид *C. friese* является редким и малочисленным на исследуемой территории видом, который локально встречается в ксерофитных биотопах. Самки строят гнёзда на хорошо освещенных солнцем, горизонтальных участках с разреженным травостоем и глинистой почвой, образуя небольшие агрегации гнёзд.

4. Установлено, что вид *A. manicatum* является широко распространенным на исследуемой территории урботолерантным видом, самки которого могут строить гнёзда в щелях кирпичных стен на приусадебных участках г. Донецка. В качестве основных кормовых растений в г. Донецке для данного вида были выявлены цветущие куртины *Leonurus quinquelobatus*, *Ballota nigra* и *Linaria* sp., на которых у данного вида хорошо проявляется цветковая константность и территориальное поведение самцов.

5. Вид *L. cornutus* в условиях Донбасса является летним, моновольтиным видом, способным образовывать в урболандшафтах многолетние гнездовые агрегации.

6. Важной составляющей брачного поведения у *C. cunicularius*, *C. friese* и *L. cornutus* является конкуренция между самцами за обладание самкой. При этом у этих видов конкурирующие самцы и самка перед спариванием образуют предкопуляционный клубок, который распадается сразу после начала копуляции одного из самцов с самкой. У *A. manicatum* конкуренция между самцами, по-видимому, проявляется в борьбе за куртину кормового растения, куда прилетают самки и где происходит копуляция. При этом такая конкуренция позволяет этому виду одновременно конкурировать с другими антофильными насекомыми за кормовой ресурс. В брачном поведении самцов *L. cornutus* отмечена, описанная Т. П. Мариковской, иерархическая градация.

7. Для сохранения редких и исчезающих видов пчёл необходимо в местах гнездования этих видов организовывать сеть энтомологических заказников.

Список литературы

1. Амолин А. В. Гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini (Hymenoptera : Megachilidae) юго-востока Украины / А. В. Амолин // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2008. – Вып. 8. – С. 96-103.
2. Амолин А. В. К изучению ландшафтно-биотопического распределения пчел семейства Colletidae (Hymenoptera: Apoidea) в Донбассе / А. В. Амолин // Эверсманния. – 2018. – Вып. 54. – С. 43-48.
3. Гребенников В. С. Коллеты / В. С. Гребенников // Пчеловодство. – 1974. – № 1. – С. 36-38.
4. Гутбир А. К биологии некоторых видов пчел одиночных; о классификации и эволюции гнезд ос и пчел (Hymenoptera Aculeata) / А. Гутбир // Любитель природы. – 1915. – № 9. – С. 257-275.
5. Гутбир А. О классификации и развитии гнезд ос и пчел / А. Гутбир // Тр. Русского энтомолог. общ-ва. – 1916 (1915). – Т. 41, № 7. – С. 1-57.
6. Иванов С. П. Методы изучения биологии и экологии диких пчел в природе и лаборатории / С. П. Иванов. – Симферополь : ТНУ, 2011. – Ч. 1. – 92 с.
7. Иванов С. П. Эдафические условия гнездования диких пчел *Colletes cunicularius* L. в Крыму / С. П. Иванов, Л. И. Головчанская, М. Г. Абдусалам // Рациональное использование и охрана экосистем Крыма : сб. науч. работ. – К. : УМК ВО, 1992. – С. 57-60.
8. Левченко Т. В. К фауне пчел (Hymenoptera, Apoidea) Московской области: предварительный список видов семейства Megachilidae / Т. В. Левченко / Исследования по перепончатокрылым насекомым : сб. науч. работ. – М. : Т-во научных изданий КМК, 2007. – С. 153-161.
9. Левченко Т. В. Зоогеографическая характеристика фауны пчел (Hymenoptera, Apoidea) Московской области / Т. В. Левченко // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 2009. – Т. 114 (1). – С. 14-21.
10. Малышев С. И. Гнездование коллетов, *Colletes* Latr. (Hymenoptera Apidae) / С. И. Малышев // Русское энтомолог. обозрение. – 1923. – Т. 18. – С. 103-124.
11. Мариковская Т. П. Этологические особенности, структура гнезда и тенденция к становлению общественного образа жизни пчелы *Lithurgus cornutus* Fab. (Hymenoptera, Megachilidae) / Т. П. Мариковская // Энтомолог. обозрение. – 1991. – Т. 70, вып. 1. – С. 70-80.
12. Осичнюк Г. З. Бджолині (Apoidea) правобережного степу України / Г. З. Осичнюк. – К. : АН УССР, 1959. – 92 с.
13. Осичнюк А. З. Пчелиные (Hymenoptera, Apoidea) Украинских Карпат и Закарпатья. II. Семейства Melittidae и Megachilidae / А. З. Осичнюк // Вестн. зоол. – 1967. – № 2. – С. 64-71.
14. Осичнюк Г. З. Бджоли-андреніди / Г. З. Осичнюк / Фауна України. Бджолині. – К. : Наук. думка, 1977. – Т. 12, вип. 5. – 328 с.
15. Песенко Ю. А. Материалы по фауне и экологии пчелиных (Hymenoptera, Apoidea) степей Нижнего Дона. I. Сем. Megachilidae / Ю. А. Песенко // Энтомолог. обозрение. – 1971. – Т. 50, вып. 1. – С. 66-78.
16. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М. : Наука, 1982. – 287 с.
17. Радченко В. Г. О гнездовании трех видов пчел рода *Colletes* Latr. с заметками по биологии клептопаразитической пчелы *Epeolus cruciger* Pz. (Hymenoptera, Colletidae и Anthophoridae) / В. Г. Радченко // Ред. ж. Вестник зоологии. – 1988. – 14 с. Деп. в ВИНТИ 03.06.88, № 4388-И88.
18. Ромасенко Л. П. Пчелы-мегахилиды (Apoidea, Megachilidae) Украинского государственного степного заповедника (Хомутовская степь, Каменные могилы) / Л. П. Ромасенко. – К. : Ин-т зоологии АН УССР, 1990. – 64 с.
19. Gutbier A. Über einige Hymenopterenester aus Turkestan / A. Gutbier // Ztschr. Wiss. Insectenbiol. – 1914. – 10 (10/12). – S. 339-345.

20. *Malyshev S. I.* Lebensgeschichte des *Colletes cunicularius* L. / S. I. Malyshev // Ztschr. Morphol. und Öcol. Tiere. – 1927. – 9 (3/4). – S. 390-409.
21. *Malyshev S. I.* Nistgewohnheiten der Steinbienen *Lithurgus* Latr. (Apoidea) / S. I. Malyshev // Ztschr. Morphol. und Öcol. Tiere. – 1930. – 19 (1). – S. 116-134.
22. *Müller A.* Wildbienen im Schaffhauser Randen / A. Müller // Neujarhrsblatt der Naturforsch. Gesell. Schaff. – 1991. – № 43. – S. 1-78.
23. *Proshchalykin M. Yu.* Tribe Anthidiini / M. Yu. Proshchalykin, A. V. Fateryga / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I Symphyta and Apocrita : Aculeata. – Saint Petersburg : Zoological Institute RAS, 2017. – 300 p.

Amolin A. V. To the study of ecology and mating behavior of four nest-building species of bees (Hymenoptera: Apiformes) in the Donbass. – The article presents the results of long-term research on landscape-biotope distribution, mating behavior, relative abundance, phenology, trophic links, nesting stations and nesting parasites of four species of bees: *Colletes cunicularius*, *Camptopoeum friese*, *Lithurgus cornutus* and *Anthidium manicatum* in the Donbass. The mating behavior of the rare steppe species *C. friese* is described for the first time, as well as known in the literature data on the ecology and mating behavior of *C. cunicularius*, *L. cornutus* and *A. manicatum* are refined. By all species of bees under study (except *A. manicatum*), a competitive struggle between males for the possession of a female before the beginning of mating was noted. A specific element of this struggle is a brief appearance of a pre-copulatory ball that consists of several (2-4) males and one female. By *A. manicatum*, a competition between males become apparent in the fighting for the clump of the fodder plant, where fly females and where copulation takes place.

Key words: *Colletes cunicularius*, *Camptopoeum friese*, *Lithurgus cornutus*, *Anthidium manicatum*, ecology, mating behavior.

УДК 595.4

© Е. В. Прокопенко

ПАУКИ (ARANEI) УРОЧИЩА ГРАБОВОЕ (ПЯТИХАТСКИЙ РАЙОН ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Прокопенко Е. В. Пауки (Aranei) урочища Грабовое (Пятихатский район Днепропетровской области). – В урочище Грабовое (с. Беленщина, Пятихатский район, Днепропетровская область) отмечено 18 видов пауков, относящихся к 9 семействам. Наибольшим количеством видов характеризуются семейства Lycosidae (5 видов) и Thomisidae (3 вида). Количество видов пауков максимально на склоне южной экспозиции, динамическая плотность – на склоне южной экспозиции и в тальвеге. Для тальвега индикаторными видами выступают *Piratula hygrophila*, *Pachygnatha listeri*, *Agroeca brunnea*, *Xysticus lanio*. Для северного склона характерны *P. listeri*, *Abacoproeces saltuum*, *Zora spinimana*. На склоне южной экспозиции спектр индикаторных видов наиболее широк, включая виды, характерные для древесных насаждений (*Panamomops mengei*, *Arctosa lutetiana*, *Mastigusa arietina*, *Zelotes fuscus*, *Ozyptila praticola*, *Xysticus luctator*), и обитателей открытых травянистых биотопов (*Pisaura novicia*, *Pardosa agrestis*).

Ключевые слова: пауки, Aranei, фауна, степная балка.

Введение

Байрачные, или балочные леса произрастают по склонам и днищам балок в полосе разнотравно-типчаково-ковыльных степей (этот регион иногда называют байрачной степью) и считаются эталонами лесных условий в степной зоне [4]. Разнообразие экотопов, пестрота растительного покрова и связанного с ним животного населения являются характерной чертой байрачных лесов.

Ранее нами был собран и проанализирован материал по паукам степных балок в пределах Днепропетровской, Донецкой и Херсонской областей [3, 6-13]. В настоящей работе рассматриваются сообщества пауков байрачного леса на северо-западе Днепропетровской области.

Материал и методы исследования

Липо-грабовые дубравы в урочище Грабовое (с. Беленщина, Пятихатский район, 48°45'25" с. ш. 33°49'47" в. д.) можно расценивать как самый восточный форпост сплошного распространения этой древесной породы на территории Украины [2].

Материал был собран А. В. Жуковым (Днепропетровский национальный университет, г. Днепр) с 5.05 по 5.06.2009 г. с помощью почвенных ловушек (0,5 л стеклянные банки с раствором 2% формалина) в следующих биотопах: 1) верхняя треть склона южной экспозиции, липо-ясеневая дубрава с ежой (ВЮ); 2) средняя треть склона южной экспозиции, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (СЮ); 3) нижняя треть склона южной экспозиции, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (НЮ); 4) тальвег, липо-грабовая дубрава со снытью (Т); 5) нижняя треть склона северной экспозиции, липо-грабовая дубрава с широколиственным (НС); 6) средняя треть склона северной экспозиции, липо-грабовая дубрава с широколиственным (СС); верхняя треть склона северной экспозиции, липо-грабовая дубрава с широколиственным (ВС).

Всего отработано 524 ловушко-суток, собрано 402 экземпляра пауков. Динамическая плотность пауков приведена в количестве экземпляров, собранных за 100 ловушко-суток (экз./100 лов.-сут.).

Комплексы индикаторных видов пауков в исследованных местообитаниях определялись с помощью индекса «Indicator value» (*IndVal*) [14]. На первом этапе, используя процедуру k-средних, последовательно разделяли местообитания на 2, 3, 4, 5 и 7 кластеров. Кластерный анализ аранеокомплексов выполнялся с помощью программы Statistica 10.0. Перед проведением анализа данные были стандартизованы.

Далее на каждом этапе кластеризации определяли индикаторные виды для выделенных групп местообитаний. Индекс *IndVal* рассчитывали по формуле:

$$IndVal = \frac{N_{ij}}{N_i} \times \frac{p_{ij}}{p_j} \times 100\%,$$

где N_{ij} – средняя численность вида в группе местообитаний данного кластера; N_i – сумма значений средней численности вида в каждом из выделенных кластеров; p_{ij} – количество местообитаний (проб) в пределах данного кластера, в которых отмечен вид; p_j – общее количество местообитаний (проб) в данном кластере.

Индекс достигает максимального значения (100%), если все экземпляры вида собраны в пределах одного местообитания (группы местообитаний) и отмечены во всех взятых пробах (встречаемость $\frac{p_{ij}}{p_j} = 1$).

Из ряда значений *IndVal* конкретного вида, рассчитанных для выделенных групп местообитаний, выбирали максимальное значение:

$$IndVal_i = \max [IndVal_{ij}].$$

Индикаторными считали виды, имевшие в данном местообитании (кластере местообитаний) *IndVal* не ниже 50%.

Относительную численность видов оценивали по простой порядковой шкале [14]: 1 класс – 0-2%, 2 класс – 2-5%, 3 класс – 5-10%, 4 класс – 10-20%, 5 класс – 20-100%.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в урочище Грабовое отмечено 18 видов пауков из 9 семейств (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и динамическая плотность пауков исследованных биотопов

Вид	Биотопы						
	БЮ	СЮ	НЮ	Т	НС	СС	ВС
<i>Harpactea rubicunda</i> (C. L. Koch, 1838)	4,0	0	2,0	0	0	0	0
<i>Abacoproeces saltuum</i> (L. Koch, 1872)	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5
<i>Panamomops mengei</i> Simon, 1926	0	0	1,0	0	0	0	0
<i>Pachygnatha listeri</i> Sundevall, 1830	0	0	0	1,7	3,0	0	0
<i>Arctosa lutetiana</i> (Simon, 1876)	2,0	7,6	8,0	0	0	0	1,5
<i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)	1,0	0	0	0	0	0	0
<i>Pardosa alacris</i> (C. L. Koch, 1833)	43,0	121,2	36,0	16,7	18,2	65,2	27,3
<i>Piratula hygrophila</i> (Thorell, 1872)	0	0	0	55	1,5	0	0
<i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	2,0	4,5	6,0	10	7,6	11,0	7,6
Lycosidae gen. sp., juv	0	1,5	1,0	3,3	0	3,0	4,5
<i>Pisaura novicia</i> (L. Koch, 1878)	0	3	4,0	1,7	0	0	1,5
Pisauridae gen. sp., juv	0	0	1,0	0	0	1,5	0
<i>Mastigusa arietina</i> (Thorell, 1871)	0	0	1,0	0	0	0	0
<i>Agroeca brunnea</i> (Blackwall, 1833)	1,0	1,5	1,0	1,7	0	0	1,5
Clubionidae gen. sp., juv	1,0	0	0	0	0	0	0
<i>Haplodrassus silvestris</i> (Blackwall, 1833)	3,0	0	0	0	0	3,0	0
<i>Zelotes fuscus</i> (Thorell, 1875)	0	0	1,0	0	0	0	0
<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	0	0	0	0	1,5	0	1,5
<i>Ozyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837)	0	12,1	8,0	1,7	6,1	3,0	0
<i>Xysticus lanio</i> C. L. Koch, 1835	0	0	0	1,7	0	0	0
<i>Xysticus luctator</i> L. Koch, 1870	0	3,0	3,0	0	0	0	1,5

Примечание. Обозначения биотопов приведены в разделе «Материал и методы исследования».

Полученный результат далеко не отражает настоящего видового богатства данного локалитета, и можно с уверенностью утверждать, что последующие сборы материала значительно расширят видовой список. Представляет интерес находка редкого в Левобережной Украине вида семейства Hahniidae – *Mastigusa arietina* (Thorell, 1871), известного в Новгород-Северском Полесье (Черниговская, Сумская области) [5] и в заповеднике «Каменные Могилы» (Донецкая область) [15, 16].

Наибольшим видовым богатством характеризуются семейства Lycosidae (5 видов) и Thomisidae (3 вида). Единственным видом представлено 6 семейств. Видовое богатство аранеокомплексов изменяется от 5 видов на середине склона северной экспозиции до 11 видов – в нижней трети склона южной экспозиции. На склоне южной экспозиции суммарно отмечено 13 видов, на северном склоне – 12 видов и в тальвеге – 8 видов.

Матрица «класс численности – биотопическое распределение» (см. табл. 1) содержит 60% нулевых значений, что отражает значительную степень рассредоточенности видов по позициям байрачной катены: 58% видов найдены в 1-2 местообитаниях и только *P. alacris* и *T. terricola* отмечены повсеместно.

Динамическая плотность пауков варьирует в широких пределах от 39,4 экз./100 лов.-сут. в нижней трети склона северной экспозиции до 154,4 экз./100 лов.-сут. на середине склона южной экспозиции. В целом, средний уровень динамической плотности пауков на южном склоне байрака (93,8 экз./100 лов.-сут.) и в его тальвеге (93,5 экз./100 лов.-сут.) выше, чем на склоне северной экспозиции (58,7 экз./100 лов.-сут.). Таким образом, на склоне южной экспозиции в сравнении с северным склоном возрастает как видовое богатство, так и динамическая плотность пауков. Следует отметить, что в других байрачных лесах Днепропетровской и Херсонской областей отмечено аналогичное распределение показателей динамической плотности и количества видов пауков по позициям катены [3, 10].

Выделение индикаторных или характерных видов для местообитаний различного типа представляет собой традиционную задачу экологических и биогеографических исследований [14]. В частности, наличие в составе животного населения какого-либо участка комплекса видов, приуроченных к наиболее сохранным местообитаниям данного типа, может рассматриваться как один из наиболее объективных критериев для его заповедания.

На первом этапе с помощью метода *k*-средних мы разделили исследованные биотопы на 2, 3, 4, 5 и 7 кластеров. Типология местообитаний, полученная с помощью иерархического кластерного анализа (алгоритм Ворда, евклидово расстояние) была аналогична полученной методом *k*-средних, что служит свидетельством надежности такого разделения (рис. 1).

Прежде всего, от основного блока кластеров отделился переувлажненный тальвег балки, затем последовательно – нижние трети северной и южной экспозиции. Завершающий этап кластеризации обособил вершины и середины склонов северной и южной экспозиции, соответственно.

Известно, что различия микроклиматических условий делают степную балку сложным комплексом местообитаний. Тальвег отличается максимальным увлажнением и сглаженным сезонным и суточным ходом температур. Кроме того, здесь снижена скорость ветра, наблюдается даже, как указывал Г. Высоцкий, «воздушное заболачивание» [2]. Значительно отличаются условия и на склонах различной экспозиции: наиболее теплообеспеченные склоны – южные, затем идут западные, восточные и северные. Причем склоны южной экспозиции тем теплее, чем они круче, северной же, наоборот, холоднее [2]. Эти особенности отражаются на составе растительности и животного населения, типе почвообразовательного процесса, которые закономерно изменяются по профилю степной балки – от верхних частей склонов, граничащих с плакором, до аккумулятивной позиции в тальвежной части. Известно, что наибольшие отличия от зонального типа прослеживаются в тальвегах балок, имеющих местами луговой характер и включающих отдельные лесные виды. С другой стороны, с южными склонами связаны даже более ксерофильные группировки, чем в зональных степных сообществах плакора [1]. Описанные особенности нашли отражение в типологии местообитаний, полученной в ходе кластерного анализа аранеокомплексов.

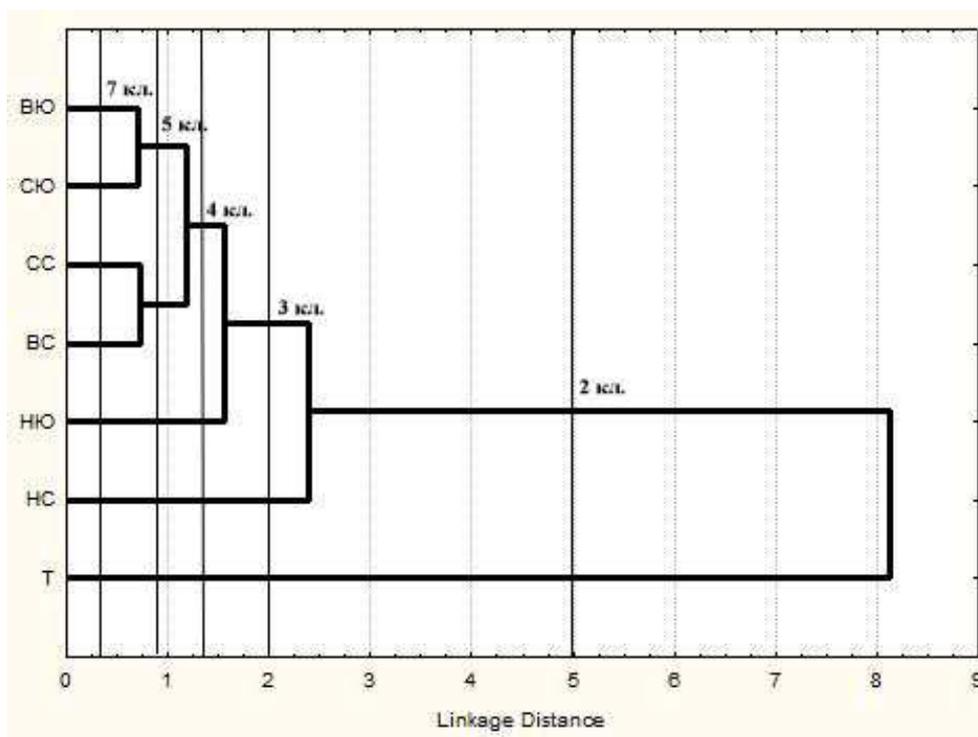


Рис. 1. Дендрограмма сходства аранеокомплексов исследованных биотопов (метод Ворда, евклидово расстояние, вертикальные линии показывают этапы кластеризации биотопов)

Далее для каждого вида были рассчитаны индексы *IndVal*, соответствующие конкретным этапам кластеризации (табл. 2).

Таблица 2

Значения индекса *IndVal* (%) при разном количестве выделенных кластеров

Вид	Количество кластеров (<i>k</i> -средних)					
	1 кл.	2 кл.	3 кл.	4 кл.	5 кл.	7 кл.
<i>Harpactea rubicunda</i>	29,0	100	100	66,7	50,0	66,7
<i>Abacoproeces saltuum</i>	43,0	100	71,4	71,4	50,0	33,3
<i>Panamomops menzei</i>	14,0	100	100	100	100	100
<i>Pachygnatha listeri</i>	29,0	76,9	66,7	66,7	67,0	66,7
<i>Arctosa lutetiana</i>	57,0	100	100	80,0	67,0	50,0
<i>Pardosa agrestis</i>	14,0	100	100	100	100	100
<i>Pardosa alacris</i>	100	79,2	66,1	44,8	41,0	32,8
<i>Piratula hygrophila</i>	29,0	99,4	97,1	97,1	97,0	97,1
<i>Trochosa terricola</i>	100	56,1	38,4	28,2	24,0	21,0
<i>Pisaura novicia</i>	57,0	45,5	41,7	69,0	62,0	50,0
<i>Agroeca brunnea</i>	71,0	58,8	55,6	35,7	29,0	20,0
<i>Haplodrassus silvestris</i>	29,0	100	100	100	30,0	60,0
<i>Mastigusa arietina</i>	14,0	100	100	100	100	100
<i>Zelotes fuscus</i>	14,0	100	100	100	100	100
<i>Zora spinimana</i>	29,0	100	83,3	76,9	67,0	50,0
<i>Ozyptila praticola</i>	71,0	55,0	46,5	51,6	44,0	34,8
<i>Xysticus lanio</i>	14,0	100	100	100	100	100
<i>Xysticus luctator</i>	43,0	100	100	78,9	67,0	50,0

Необходимо отметить, что вследствие небольшого объема собранного материала и ограниченности спектра рассмотренных биотопов (все они характеризуются наличием древесной растительности и мезофитными или гигрофитными условиями) экстраполяция полученных выводов очень ограничена. Так, при достаточном объеме материала из анализа лучше исключать виды, собранные в единичных экземплярах, поскольку возможно их случайное попадание в данный биотоп, наряду с древесными ценозами желательнее рассматривать открытые травянистые и т.д.

Поскольку индекс *IndVal* рассчитывается для разных уровней деления местообитаний на кластеры, его значения могут дать дополнительную информацию об экологических предпочтениях вида [14]. Так, максимальное значение индекса указывает местообитание (группу местообитаний), предпочитаемое видом (из числа исследованных).

Если индекс медленно растет или остается практически на прежнем уровне с увеличением количества кластеров – это стенотопный в данном спектре местообитаний вид (*P. mengei*, *P. agrestis*, *P. hygrophila*, *M. arietina*, *Z. fuscus*, *X. lanio*). Если индекс медленно снижается – вид широко распространен на исследованной территории (*T. terricola*, *P. alacris*, *O. praticola*, *A. brunnea*). Для последних видов наилучшей является ситуация, когда все местообитания принадлежат к одному кластеру и чем больше групп выделяется, тем ниже их *IndVal*. Виды с одно- или двухвершинными распределениями значений индекса демонстрируют промежуточный уровень в этой иерархии. Когда в процессе кластеризации «отсекаются» местообитания, в которых вид не отмечен, индекс растет (например, у *P. novicia* на этапе четырех кластеров). Резкое падение значения *IndVal* свидетельствует о том, что группа местообитаний, индикатором которой являлся вид, была подразделена в ходе следующего этапа кластеризации (например, *H. rubicunda* и *X. luctator* на этапе четырех кластеров).

В табл. 3 приведены виды, индикаторные для каждого выделенного кластера местообитаний (значение *IndVal* превышает 50%).

T. terricola и *P. alacris* в исследованной балке отмечены на всех пробных площадках. Первый из них – политопный вид, в степной зоне Левобережной Украины обитающий в широком спектре биотопов [15, 16]. *P. alacris* приурочен в основном к древесным ценозам, изредка встречаясь в открытых местообитаниях.

Для тальвега характерны гигрофильный *P. hygrophila*, гигро-мезофильный *P. listeri* и мезофилы *X. lanio* и *A. brunnea*.

Наиболее сухой и теплообеспеченной является верхняя треть склона южной экспозиции – индикаторными видами здесь выступают *H. rubicunda*, *P. agrestis* и *H. silvestris*. Последний вид в степной зоне только изредка встречается в открытых ценозах, предпочитая древесные насаждения различного типа – от сосняков на надпойменных террасах до пойменных и байрачных лесов [15, 16]. *P. agrestis* типичен для степных и луговых местообитаний, изредка встречается под древесным пологом. *H. rubicunda*, напротив, обычен в лесных ценозах (преимущественно небольших и осветленных, включая городские парки и лесополосы) и более редок в открытых биотопах.

Для северного склона индикаторными видами выступают *A. saltuum* – лесной вид, иногда отмечаемый на лесных опушках и пойменных лугах и *Z. spinimana*, кроме древесных ценозов и лесных опушек встречающийся в открытых травянистых местообитаниях и на берегах водоемов. Ни один индикаторный вид не удалось выделить для средней трети южного склона и верхней трети северного – максимальные значения *IndVal* не превышали 40%.

Индикаторные виды пауков исследованных местообитаний (групп местообитаний)

Уровень кластеризации	Биотоп, индикаторные виды			
1 кластер	<i>T. terricola, P. alacris</i>			
2 кластера	Тальвег <i>P. hygrophila, P. listeri, A. brunnea, T. terricola, X. lanio*</i>		Склоны балки <i>H. rubicunda, A. saltuum, P. mendei*, A. lutetiana, P. agrestis*, P. alacris, H. silvestris, M. arietina*, Z. fuscus*, Z. spinimana, O. praticola, X. luctator</i>	
3 кластера	Северный склон (нижняя треть) <i>A. saltuum</i> <i>P. listeri</i> <i>Z. spinimana</i>		Южный склон; северный склон (средняя и верхняя треть) <i>H. rubicunda, P. mendei*, A. lutetiana, P. agrestis*, P. alacris, H. silvestris, M. arietina*, Z. fuscus*, X. luctator</i>	
4 кластера	Южный склон (нижняя треть) <i>H. rubicunda, P. mendei*, A. lutetiana, P. novicia, M. arietina*, Z. fuscus*, O. praticola, X. luctator</i>		Южный склон; северный склон (верхняя треть) <i>P. agrestis*, H. silvestris</i>	
5 кластеров	Южный склон (средняя и верхняя треть) <i>P. agrestis*</i>		Северный склон (средняя и верхняя треть) <i>A. saltuum</i>	
7 кластеров	Южный склон (средняя треть) –	Южный склон (верхняя треть) <i>H. rubicunda, P. agrestis*, H. silvestris</i>	Северный склон (средняя треть) –	Северный склон (верхняя треть) <i>Z. spinimana</i>

Примечание. * отмечены виды, найденные в единичных экземплярах, вследствие чего их «индикаторность» в конкретных биотопах требует дальнейшего изучения

Выводы

В урочище Грабовое отмечено 18 видов пауков из 9 семейств. Наибольшим видовым богатством характеризуются семейства Lycosidae (5 видов) и Thomisidae (3 вида). Количество видов пауков максимально на склоне южной экспозиции, динамическая плотность – на склоне южной экспозиции и в тальвеге.

Для тальвега индикаторными являются гигро-, гигромезо- и мезофильные виды: *P. hygrophila, P. listeri, A. brunnea, X. lanio*. Северный склон характеризуют гигромезо- и мезофильные виды: *P. listeri, A. saltuum, Z. spinimana*. На склоне южной экспозиции спектр индикаторных видов наиболее широк, включая виды, характерные для древесных массивов (*P. mendei, A. lutetiana, M. arietina, Z. fuscus, O. praticola, X. luctator, H. rubicunda*), так и обитателей открытых травянистых биотопов (*P. novicia, P. agrestis*).

Благодарности

Автор благодарит А. В. Жукова за предоставленный для обработки материал.

Список литературы

1. Арнольди К. В. Очерк энтомофауны и характеристика энтомокомплексов лесной подстилки в районе Деркула / К. В. Арнольди // Тр. Ин-та леса. – 1956. – Т. XXX. – С. 279-342.

2. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
3. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Павуки (Aranei) / [О. В. Прокопенко, О. М. Кунах, О. В. Жуков, О. Є. Пахомов]. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2010. – 340 с.
4. Гиляров М. С. Почвенная фауна байрачных лесов и её значение для диагностики почв / М. С. Гиляров // Зоол. журн. – 1953. – Т. 32, вып. 3. – С. 328-347.
5. Евтушенко К. В. К изучению пауков (Aranei) Новгород-Северского Полесья / К. В. Евтушенко // Ред. ж. «Вестник зоологии» – К., 1993. – 13 с. Деп. ВИНТИ 06.01.93. №26–В91.
6. Прокопенко Е. В. Структура населения пауков (Aranei) древесных насаждений г. Донецка / Е. В. Прокопенко // Вестн. зоол. Отд. вып. – 2003. – № 16. – С. 108-110.
7. Прокопенко Е. В. Структура населения пауков (Araneae) байрачных лесов Днепропетровской области / Е. В. Прокопенко, А. В. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2009. – № 1 (9). – С. 124-130.
8. Прокопенко О. В. Структура населения павуків (Aranei) байрачної катени / О. В. Прокопенко, О. В. Жуков // Вестн. Донецкого ун-та. Сер. А. Естеств. науки. – 2011. – № 2. – С. 145-150.
9. Прокопенко Е. В. Герпетобионтные пауки (Aranei) древесных насаждений города Донецка / Е. В. Прокопенко // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения : матер. докл. VI Всеросс. науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием (Сыктывкар, 14-18 сентября 2015 г.). – Сыктывкар, 2015. – С. 160-162.
10. Прокопенко Е. В. Степное сообщество пауков (Aranei) в балке с типчаково-ковыльной петрофильной растительностью / Е. В. Прокопенко, А. В. Жуков // Acta Biologica Sibirica. – 2018. – 4(1). – С. 17-21.
11. Экологическое разнообразие и организация животного населения байрака Яцев Яр / [А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Е. В. Прокопенко и др.] // Вестн. Днепропетровского ун-та. Биол. Экол. – 2008. – Т. 16, вып. 2. – С. 51-59.
12. Экологическая структура животного населения байрака Яцев Яр / [О. Н. Кунах, А. В. Жуков, Е. В. Прокопенко и др.] // Вестн. Днепропетровского ун-та. Биол. Экол. – 2008. – Т. 16, вып. 2. – С. 74-85.
13. Экологическая структура сообщества пауков (Araneae) байрака Войсковой / [Е. В. Прокопенко, А. Е. Пахомов, О. Н. Кунах и др.] // Вестн. Днепропетровского ун-та. – 2009. – Т. 1, вып. 17. – С. 183-192.
14. Dufrene M. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach / M. Dufrene, P. Legendre // Ecological Monographs. – 1997. – Vol. 67, N 3. – P. 345-366.
15. Polchaninova N. Yu. Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine / N. Yu. Polchaninova, E. V. Prokopenko // Arthropoda Selecta. Suppl. N 2. – М. : KMK Scientific Press Ltd., 2013. – 268 p.
16. Polchaninova N. Yu. Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine. Addendum 1. 2013–2016. / N. Yu. Polchaninova, E. V. Prokopenko // Arthropoda Selecta. Suppl. N 4. – М. : KMK Scientific Press Ltd., 2017. – 115 p.

Prokopenko E. V. Spiders (Aranei) in Grabove ravine (Piatikhatkinskiy district, Dnepropetrovsk region). – Linden-hornbeam oak forests in Grabove ravine can be regarded as the easternmost outpost of the massive distribution of the hornbeam in Ukraine. The material for this paper was collected in Belenschina Village (Piatikhatkiy District, Dnepropetrovsk Region) since May to June 2009 using pitfall traps. Glass jars of 0.5 liter volume containing 2% formalin served as pitfall traps. There are 524 trap-days were spent and 402 specimens were collected. A total 18 spider species from 9 families are recorded. This result does not reflect the actual species richness in Grabove ravine. There is a need to take further research to complete the spider species list. Maximal species richness characterizes families Lycosidae (5 species) and Thomisidae (3 species). The species richness varies from 5 species in the middle of the northern slope of the ravine to 11 species in the lower third of the southern slope. Activity density of the spiders varies widely from 39.4 individuals/100 trap-days in the lower third of the northern slope to 154.4 individuals/100 trap-days at

the middle of the southern slope. Thus, the species richness is maximal on the southern slope of the ravine, and the activity density is biggest on the southern slope and in the ravine bottom. *Piratula hygrophila*, *Pachygnatha listeri*, *Agroeca brunnea* and *Xysticus lanio* are the indicator species for the wet ravine bottom. The northern slope is characterized by the presence of *P. listeri*, *Abacoproeces saltuum* and *Zora spinimana*. The indicator species list is the most extensive on the southern slope: *Panamomops mengei*, *Arctosa lutetiana*, *Pisaura novicia*, *Mastigusa arietina*, *Zelotes fuscus*, *Ozyptila praticola*, *Xysticus luctator*, *Harpactea rubicunda* and *Pardosa agrestis* are presented.

Key words: spiders, Aranei, fauna, steppe ravine.

© А. Д. Штирц, Н. Ю. Кашук

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ОРИБАТИД (ACARI: ORIBATIDA) ШАХТНЫХ ПРОМПЛОЩАДОК Г. МАКЕЕВКИ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Штирц А. Д., Кашук Н. Ю. Особенности экологической структуры сообществ орибатида (Acari: Oribatida) шахтных промплощадок г. Макеевки. – Исследованы особенности экологической структуры сообществ орибатида 5 шахтных промплощадок г. Макеевки. Проанализированы основные экологические характеристики сообществ панцирных клещей (видовое богатство, средняя плотность населения, экологическое разнообразие, структура доминирования и соотношение жизненных форм). Проведена оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатида, экологическая структура, сообщества, техногенные ландшафты, промплощадки шахт.

Введение

Данная работа продолжает исследования, посвященные изучению экологической структуры населения панцирных клещей-орибатид техногенных ландшафтов, в частности, промышленных площадок шахт г. Макеевки [7], и оценке состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей [6].

В задачи исследования входило: 1) установить видовой состав сообществ панцирных клещей на промплощадках шахт «Холодная балка», «Северная», «Ясиновская глубокая» в весенний период и шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки в осенний период; 2) проанализировать основные экологические характеристики населения панцирных клещей (численность и среднюю плотность, видовое богатство и экологическое разнообразие, структуру доминирования и соотношение жизненных форм); 3) дать оценку состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ панцирных клещей.

На шахте «Холодная балка», находящейся в пос. Холодная балка г. Макеевки и запущенной в эксплуатацию в 1957 г., производится добыча угля марки Т (тощие). Шахта «Северная» – угледобывающее предприятие в Советском районе г. Макеевки. Сдана в эксплуатацию в 1971 г., производится добыча угля марки К (коксовые). На шахте «Ясиновская глубокая», основанной в 1961 г. в пос. Нижняя Крынка г. Макеевки, ведется добыча угля марки ОС (отощённо-спекающиеся). Шахта «Калиновская восточная» – обособленное подразделение ГП «Макеевуголь» (сдана в эксплуатацию в 1957 г.), расположенное в пос. Калиново г. Макеевки, где добывается уголь марки К. «Шахта им. Ленина» находится пос. им. Ленина и была введена в эксплуатацию в 1955 г., марка угля – К [2] (рис. 1).

Материал и методика исследования

В весенний период (март) 2017 г. был проведен повторный сбор материала по панцирным клещам (ранее проводился в сентябре 2016 г. [7]) на трех промплощадках шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки. Всего была собрана 21 стандартная почвенная проба объемом 250 см³ (по 7 проб с каждого участка), из которых было извлечено 323 экз. имаго панцирных клещей, относящихся к 26 видам.

Осенью 2017 г. (ноябрь) на территории промышленных площадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки было собрано 20 стандартных почвенных проб, из которых извлечено 347 экз. имаго орибатид, относящихся к 18 видам.

Отбор почвенных проб и выгонка клещей в термозеклекторах Тульгрена-Берлезе проводились по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [1]. Видовая принадлежность панцирных клещей устанавливалась при микроскопировании с помощью микроскопа Zeiss Primo Star (Германия).



«Северная»



«Холодная балка»



«Ясиновская глубокая»



«Калиновская восточная»



«Шахта им. Ленина»

Рис. 1. Промплощадки шахт г. Макеевки

Для анализа структуры доминирования сообществ использовались градации доминирования по шкале Г. Энгельманна [8] 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, 4]. Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей исследуемых участков использованы индексы Шеннона, Пиелу, Симпсона, Маргалефа, Менхиника и Бергера-Паркера [5]. 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 исследования видового состава и экологической структуры сообществ панцирных клещей 3-х промышленных площадок шахт г. Макеевки в весенний период 2017 г. отражены в табл. 1.

Таблица 1

Видовой состав, численность и жизненные формы панцирных клещей промышленных площадок шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.)

Вид	Жизненная форма	Промплощадки шахт		
		«Холодная балка»	«Северная»	«Ясиновская глубокая»
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudemans, 1917)	НФ (П)	–	17	–
<i>Acrotritia ardua affinis</i> (Sergienko, 1989)	ОТП	4	8	1
<i>Phthiracarus</i> sp.	ОТП	13	–	–
<i>Nothrus biciliatus</i> (C. L. Koch, 1841)	ОТП	–	5	–
<i>Plesiodamaeus ornatus</i> Perez-Inigo, 1972	ОПП	1	2	–
<i>Belba dubinini</i> (B.-Z., 1962)	ОПП	–	2	–
<i>Metabelba pulverulenta</i> (C. L. Koch, 1839)	ОПП	–	5	–
<i>Xenillus clypeator</i> (Robineau-Desvoidy, 1839)	ОПП	–	6	–
<i>Tectocepheus velatus</i> (Michael, 1880)	НФ (В)	2	19	3
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli, 1908)	ОМПС	–	2	–
<i>Multioppia glabra</i> (Mihelcic, 1955)	ОМПС	–	62	1
<i>Oppia krivolutskyi</i> (Kulijew, 1966)	ОМПС	–	–	–
<i>Oppia</i> sp.	ОМПС	–	3	–
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	ОМПС	–	4	–
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo, 1965)	ОМПС	–	18	–
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> (Moritz, 1971)	ОМПС	–	5	–
<i>Suctobelbella perpendiculata</i> (Forsslund, 1958)	ОМПС	–	5	–
<i>Suctobelbella</i> sp. (Paoli, 1908)	ОМПС	–	10	–
<i>Scutovertex sculptus</i> (Michael, 1879)	ОПП	–	–	1
<i>Zygoribatula terricola ucrainica</i> (Jordan., 1990)	НФ (В)	12	21	4
<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	НФ (В)	–	90	–
<i>Punctoribates mundus</i> (Shaldybina, 1973)	НФ (В)	1	–	1
<i>Galumna dimorpha</i> (Krivolutskaja, 1952)	ОПП	2	–	–
<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans, 1900)	ОПП	–	19	–
<i>Galumna</i> sp.	ОПП	–	1	–
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudemans, 1915)	ОПП	–	8	–
Численность, экз. в 7 пробах		35	312	11
Количество видов		7	21	6
Средняя плотность населения, экз./м ²		2000	17830	630

Примечание. Жизненные формы панцирных клещей: ОПП – обитатели поверхности почвы, ОТП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, НФ (П) – первично неспециализированные формы, НФ (В) – вторично неспециализированные формы.

Анализ видового богатства и средней плотности населения панцирных клещей показывает, что наиболее высокими показателями среди всех исследуемых участков характеризуется промплощадка шахты «Северная». Здесь обнаружен 21 вид орибатид, а средняя плотность населения составляет 17830 экз./м². Самые низкие показатели отмечены

на промышленной площадке шахты «Ясиновская глубокая» – здесь обнаружено всего 6 видов, средняя плотность населения составила 630 экз./м² (рис. 2). Это связано с более высокой антропогенной нагрузкой на данном участке – здесь ведется отгрузка породы и к промышленной площадке шахты прилегает террикон. На промплощадке шахты «Холодная балка» видовое богатство также было низким (7 видов), однако средняя плотность населения орибитид здесь в 3 раза выше, чем на промплощадке шахты «Ясиновская глубокая». Такие низкие показатели в целом характерны для таких техногенных ландшафтов, как шахтные промплощадки.

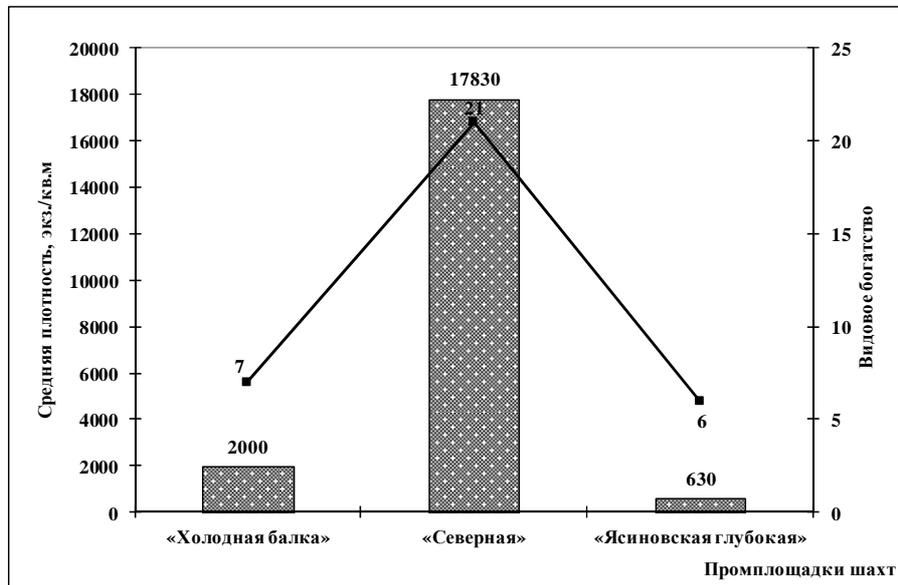


Рис. 2. Видовое богатство и средняя плотность населения панцирных клещей на территории промышленных площадок шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.)

Значительно отличаются от них показатели на шахте «Северная», приближаясь к параметрам, характерным для естественных экосистем. Это, по-видимому, связано с более высоким проективным покрытием растительности на данном участке (рис. 3), которое мы наблюдали как в осенний период 2016 г. [7], так и в период весенних сборов 2017 г., а также значительным удалением шахты от территории города.

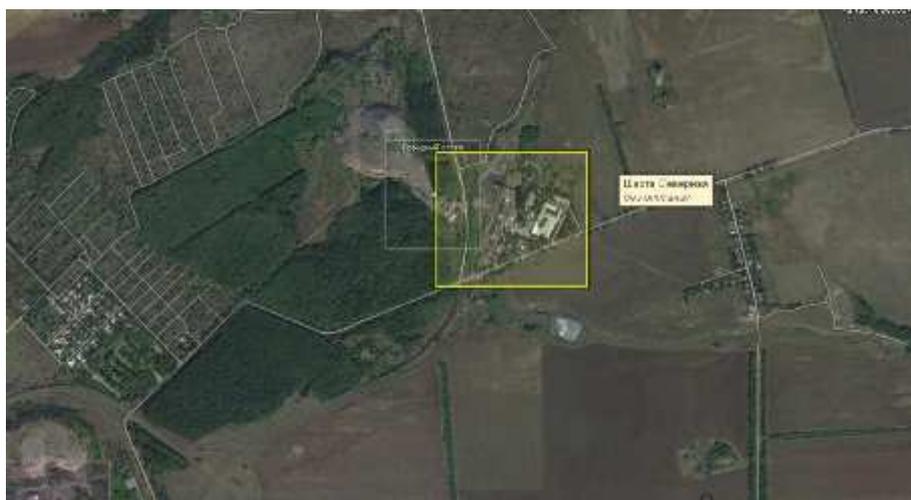


Рис. 3. Спутниковый снимок шахты «Северная» г. Макеевки (Google Maps)

Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей исследуемых участков были использованы индексы Шеннона, Пиелу, Симпсона, Маргалефа, Менхиника и Бергера-Паркера. Самыми высокими значениями практически по всем индексам характеризуется промплощадка шахты «Северная» (рис. 4).

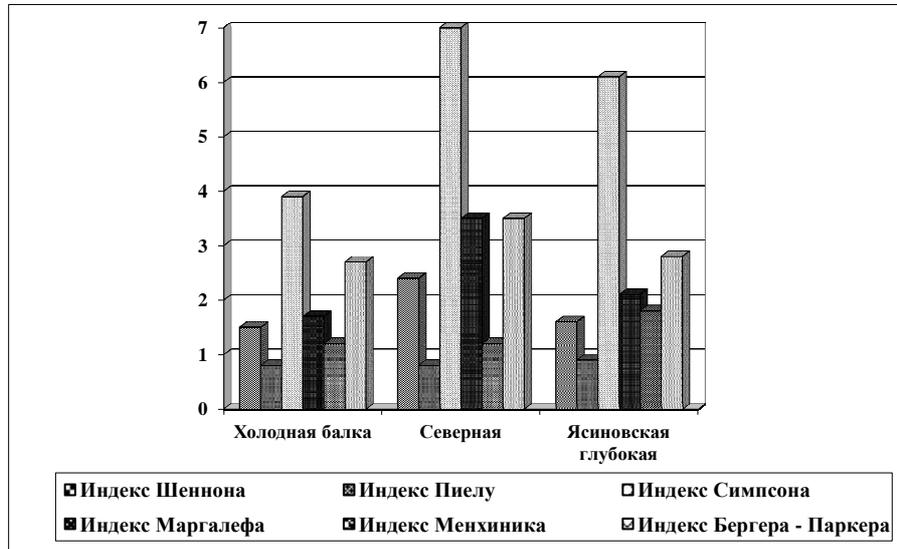


Рис. 4. Индексы экологического разнообразия сообществ панцирных клещей промышленных площадок шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.)

Анализируя структуру доминирования сообществ панцирных клещей исследуемых участков (рис. 5-7), следует выделить промышленную площадку шахты «Ясиновская глубокая». Здесь отмечено явное нарушение структуры доминирования – отсутствуют группы рецедентов и субрецедентов, два вида доминанта – *Zygoribatula terricola ucrainica* (36%), *Tectocephus velatus* (27%) и 4 вида – субдоминанта (36%). На участке «Холодная балка» кроме *Zygoribatula terricola ucrainica* (34%) отмечен еще один доминирующий вид – *Phthiracarus* sp. (37%). Кроме того, здесь появляются 2 рецедентных вида (5%), группа субрецедентов также отсутствует. Сообщество панцирных клещей промплощадки шахты «Северная» характеризуется более разнообразной структурой доминирования. Это связано с ростом видового богатства на этом участке. Здесь присутствуют два доминанта *Protoribates carpusinus* (29%) и *Multioppia glabra* (20%), 5 видов субдоминантов (30%), 9 видов рецедентов (18%) и 5 видов субрецедентов (3%).

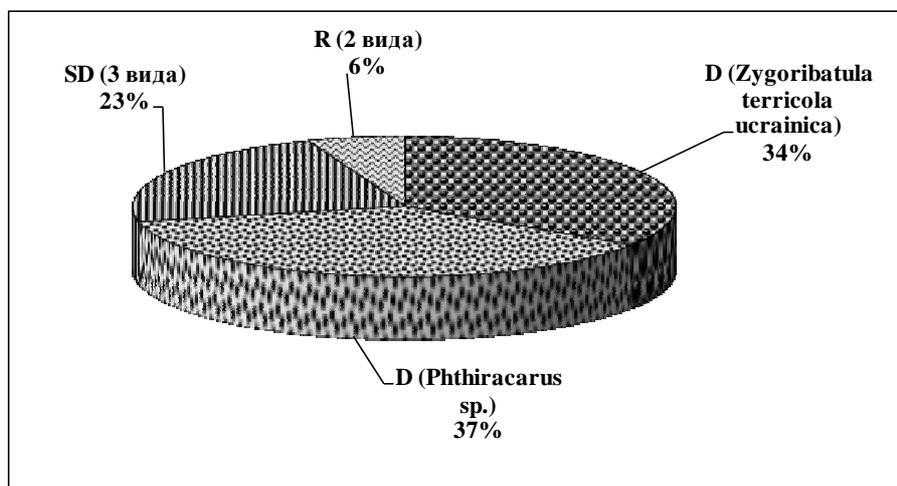


Рис. 5. Структура доминирования сообщества панцирных клещей промплощадки шахты «Холодная балка» г. Макеевки (март 2017 г.)

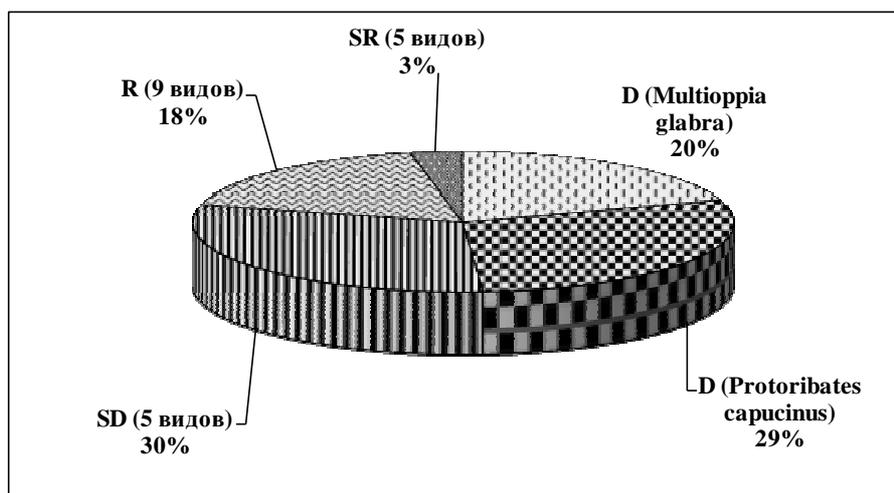


Рис. 6. Структура доминирования сообщества панцирных клещей промплощадки шахты «Северная» г. Макеевки (март 2017 г.)

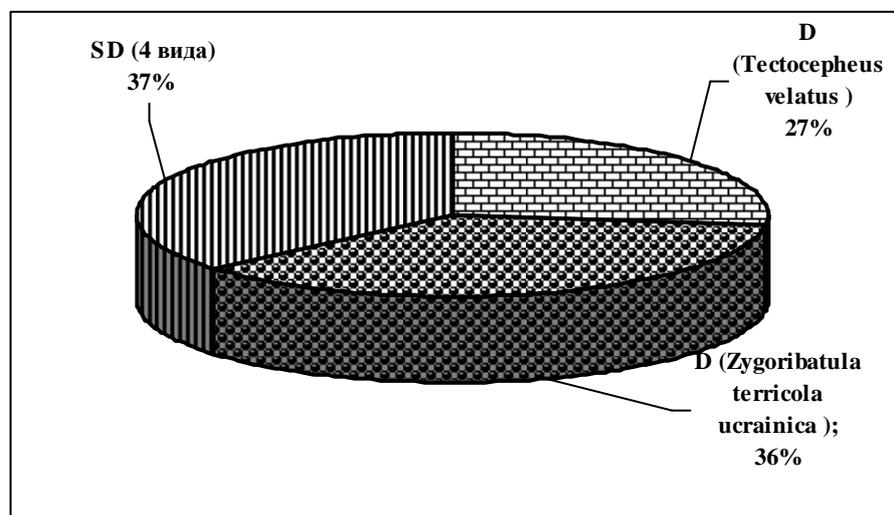


Рис. 7. Структура доминирования сообщества панцирных клещей промплощадки шахты «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.)

Анализ жизненных форм позволяет выявить особенности приспособления панцирных клещей к среде обитания. Обнаруженные в ходе исследования виды орибатид относятся к следующим жизненным формам: обитатели толщи подстилки, обитатели поверхности почвы, обитатели толщи подстилки, обитатели мелких почвенных скважин и неспециализированные формы (первично и вторично неспециализированные). В спектре жизненных форм панцирных клещей исследуемых участков (рис. 8) отмечено присутствие практически всех групп (за исключением глубокопочвенных форм), однако распределение между ними неравномерное. Более выровнена структура населения орибатид на промплощадке шахты «Северная», здесь преобладают представители вторично неспециализированных форм (41%) и обитатели мелких почвенных скважин (35%). На шахте «Ясиновская глубокая» отмечено явное доминирование вторично неспециализированных форм, что связано с высокой экологической пластичностью этой группы и в целом характерно для техногенных ландшафтов. Их доля в сообществе возрастает с увеличением степени антропогенной нагрузки на экосистемы. На промплощадке шахты «Холодная балка» отмечены представители только трех жизненных форм орибатид.

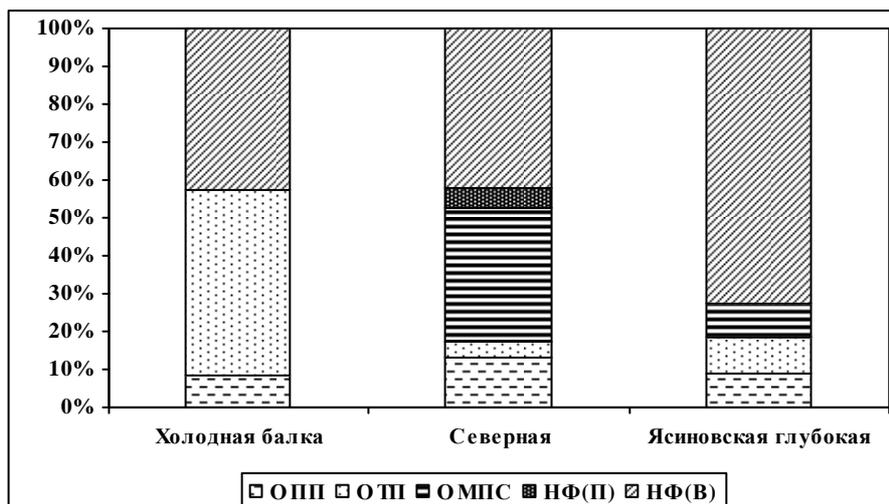


Рис. 8. Соотношение жизненных форм сообществ панцирных клещей промплощадок шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.):

ОПП – обитатели поверхности почвы, ОТП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, НФ (П) – первично неспециализированные формы, НФ (В) – вторично неспециализированные формы

По результатам анализа состава и структуры сообществ орибатид исследованных промплощадок шахт г. Макеевки, используя 5 основных критериев (средняя плотность населения, видовое богатство, структура доминирования, соотношение жизненных форм и индекс экологического разнообразия Шеннона) была проведена оценка состояния окружающей среды с использованием методики, подробное описание которой приведено в работе [6].

На двух промплощадках шахт «Холодная балка» и «Ясиновская глубокая» состояние окружающей среды можно оценить как *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень). Экологическое состояние среды на промышленной площадке шахты «Северная» оценивается как *незначительные отклонения от нормы* (II уровень), что связано с достаточно высокими, по отношению к другим участкам, синэкологическими показателями сообществ орибатид (рис. 9).

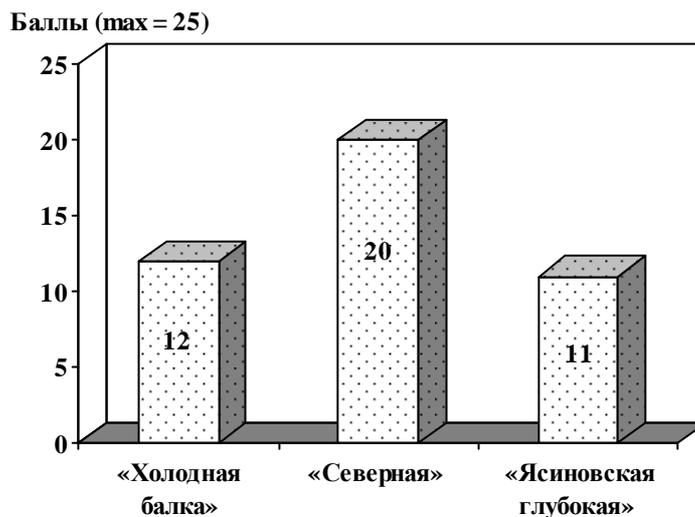


Рис. 9. Оценка состояния окружающей среды на промплощадках шахт «Холодная балка», «Северная» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки (март 2017 г.) по интегральному показателю сообществ панцирных клещей

Осенью 2017 г. также были проведены исследования видового состава и экологической структуры населения орибатид на промышленных площадках двух других шахт – «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки. Всего было собрано 20 стандартных почвенных проб, из которых извлечено 347 экз. имаго панцирных клещей, относящихся к 18 видам. Количественные характеристики собранного материала отражены в табл. 2.

Таблица 2

Видовой состав, численность и жизненные формы панцирных клещей промышленных площадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.)

Вид	Жизненная форма	Промплощадки шахт	
		«Калиновская восточная»	«Шахта им. Ленина»
<i>Liochthonius lapponicus</i> (Tragardh, 1910)	НФ (П)	1	–
<i>Acrotritia ardua affinis</i> (Sergienko, 1989)	ОТП	23	8
<i>Phthiracarus</i> sp.	ОТП	60	1
<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese, 1904)	ГФ	–	5
<i>Metabelba</i> sp.	ОПП	1	–
<i>Tectocepheus velatus</i> (Michael, 1880)	НФ (В)	21	12
<i>Anomaloppia chitinofincta</i> (Kulijew, 1962)	ОМПС	5	11
<i>Lauropia neerlandica</i> (Oudemans, 1900)	ОМПС	5	–
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	ОМПС	54	–
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo, 1965)	ОМПС	6	–
<i>Suctobelbella perpendiculata</i> (Forsslund, 1958)	ОМПС	1	1
<i>Suctobelbella</i> sp.	ОМПС	4	2
<i>Scutovertex sculptus</i> Michael, 1879	ОПП	3	3
<i>Peloribates europaeus</i> Willmann, 1935	НФ (В)	3	–
<i>Zygoribatula exarata</i> Berlese, 1917	НФ (В)	–	25
<i>Zygoribatula terricola ucrainica</i> Iordansky, 1990	НФ (В)	8	1
<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	НФ (В)	57	25
<i>Ceratozetes</i> cf. <i>munutissimus</i> Willmann, 1951	НФ (В)	–	1
Численность, экз. в 10 пробах		252	95
Видовое богатство		15	12
Средняя плотность, экз./м ²		10080	3800

Примечание. Жизненные формы: 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.

На промплощадке шахты «Калиновская восточная» обнаружено 15 видов панцирных клещей, а средняя плотность населения – 10080 экз./м². Видовое богатство орибатид «Шахты им. Ленина» составляет 12 видов, однако плотность населения здесь в 2,5 раза ниже, чем на «Калиновской восточной» – 3800 экз./м² (рис. 10).

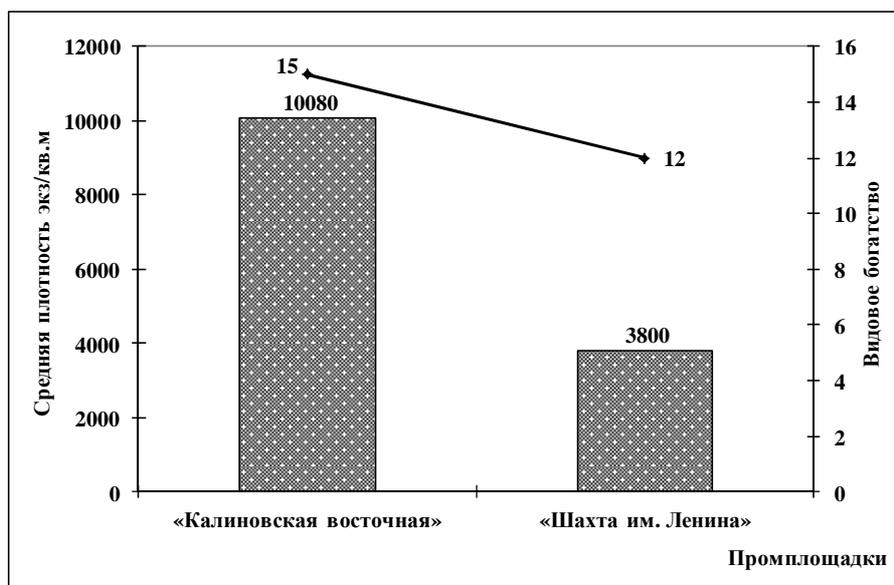


Рис. 10. Средняя плотность и видовое богатство населения панцирных клещей на территории промышленных площадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.)

Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей исследуемых участков были использованы индексы Шеннона, Пиелу, Симпсона, Маргалефа, Менхиника и Бергера-Паркера (рис. 11). Так, значения одного из наиболее информативных индексов – индекса Шеннона, свидетельствуют о достаточно высоком экологическом разнообразии исследуемых сообществ панцирных клещей как для техногенно трансформированных экосистем.

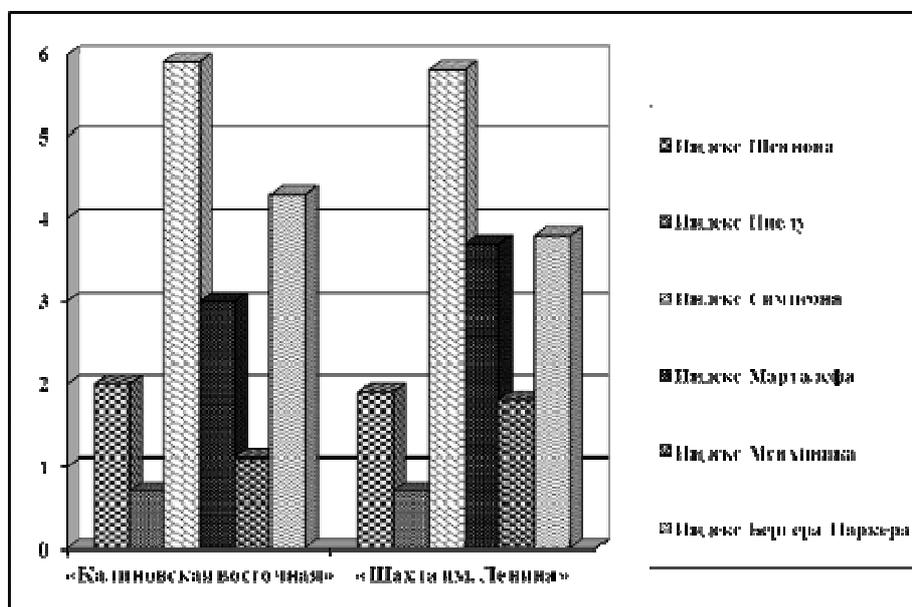


Рис. 11. Индексы экологического разнообразия сообществ панцирных клещей промышленных площадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.)

Анализ структуры доминирования сообществ панцирных клещей показывает (рис. 12, 13), что для обоих исследуемых участков характерно отсутствие эудоминантов, а также наличие редких видов. На промплощадке шахты «Калиновская восточная» доминируют 3 вида орибатид: *Phthiracarus* sp. (24%), *Protoribates carpusinus* (23%) и *Oppiella nova* (21%); на промплощадке «Шахты им. Ленина» также отмечены 3 доминанта – *Protoribates carpusinus* (26%), *Zygoribatula exarata* (26%) и *Tectocephus velatus* (13%). На «Калиновской восточной»

2 вида отнесены к субдоминантам (18%), 7 – к рецедентам (13%) и 3 вида – к субрецедентам (1%); на промплощадке «Шахты им. Ленина» отмечены 3 субдоминанта (26%), 2 рецедента (5%) и 4 субрецедента (4%).

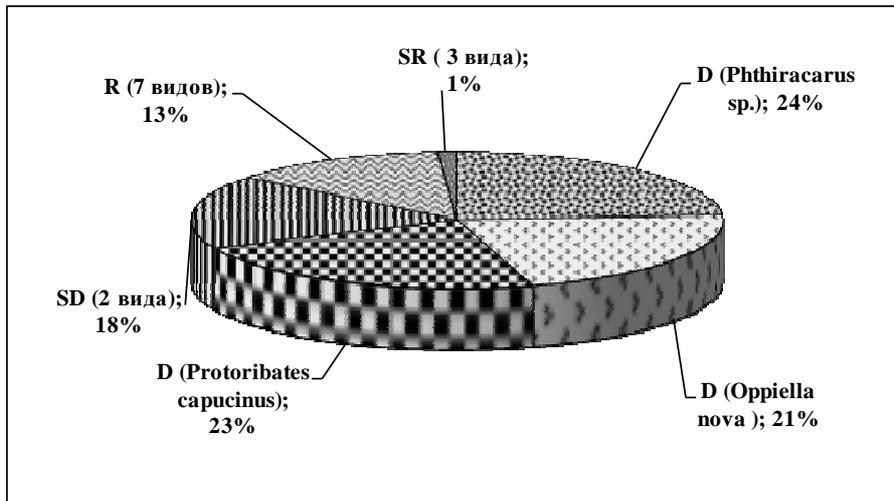


Рис. 12. Структура доминирования сообщества панцирных клещей промышленной площадки шахты «Калиновская восточная» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.)

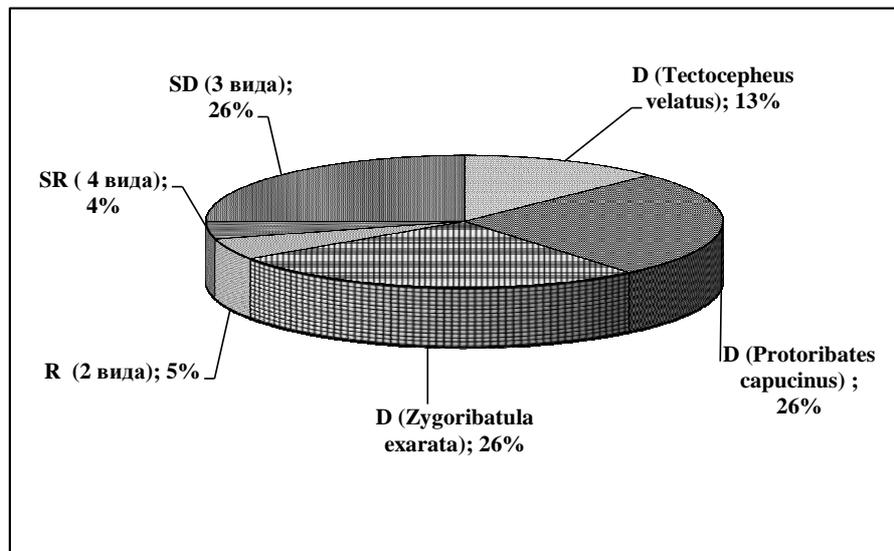


Рис. 13. Структура доминирования сообщества панцирных клещей промышленной площадки «Шахты им. Ленина» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.)

Анализ адаптивных типов орибатид показывает (рис. 14), что на промплощадке шахты «Калиновская восточная» соотношение жизненных форм более выровнено, преобладают вторично неспециализированные формы (35%), обитатели толщи подстилки (33%) и обитатели мелких почвенных скважин (30%). Отмечены также представители первично неспециализированных форм (0,4%), которые на «Шахте им. Ленина» отсутствуют. На промплощадке «Шахты им. Ленина» явно доминирует группа вторично неспециализированных форм панцирных клещей (67%), более приспособленная к экстремальным условиям обитания. Глубокопочвенные формы (5%) представлены одним видом *Epilohmannia cylindrica cylindrica*. Представители этой жизненной формы отмечены только на промплощадке «Шахты им. Ленина» и полностью отсутствуют на других исследуемых техногенных территориях.

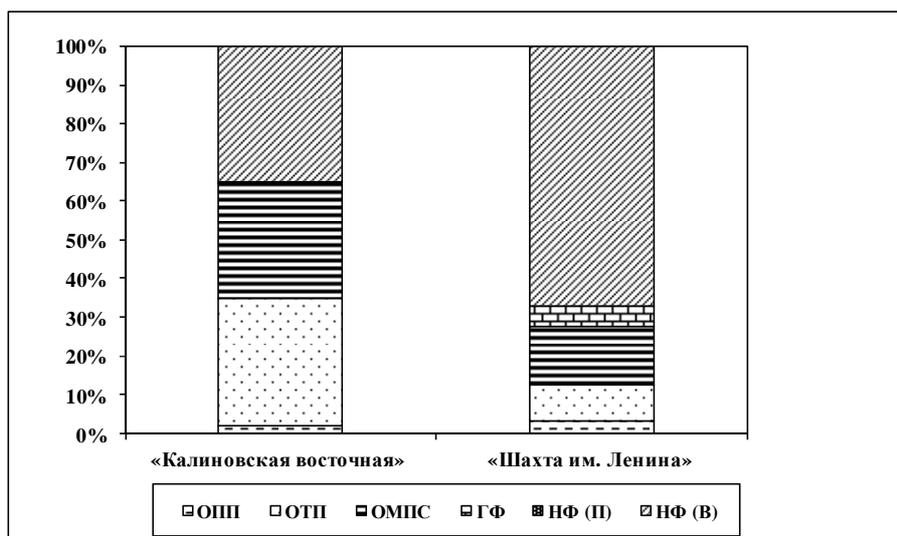


Рис. 14. Соотношение жизненных форм панцирных клещей промышленных площадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки (ноябрь 2017 г.):
 ОПП – обитатели поверхности почвы, ОТП – обитатели толщи подстилки, ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин, ГФ – глубокопочвенные формы, НФ (П) – первично неспециализированные формы, НФ (В) – вторично неспециализированные формы

На основе проведенного анализа состава и экологической структуры сообществ панцирных клещей на промышленных площадках шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки, используя интегральный показатель сообществ панцирных клещей [6], можно оценить экологическое состояние исследуемых территорий. В целом экологическое состояние окружающей среды промплощадок шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» оценивается как *средний уровень отклонений от нормы* (III уровень) (рис. 15).

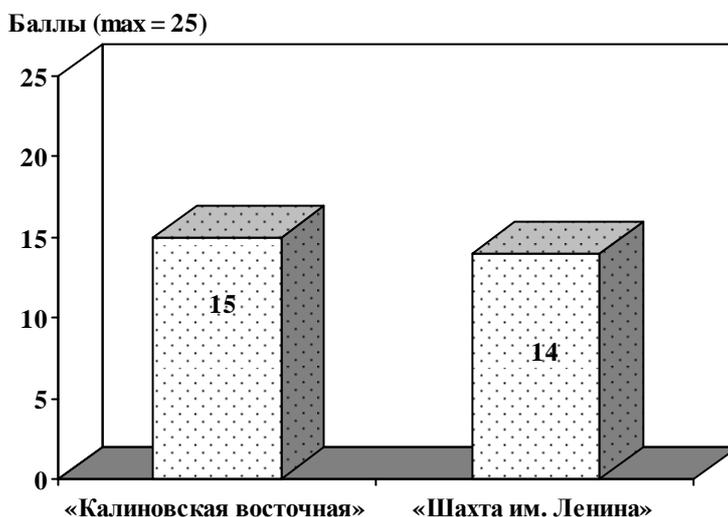


Рис. 15. Оценка состояния окружающей среды на промышленных площадках шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки по интегральному показателю сообществ панцирных клещей (ноябрь 2017 г.)

Выводы

1. Установлен видовой состав и проанализированы основные экологические характеристики сообществ панцирных клещей на промплощадках шахт «Холодная балка», «Северная», «Ясиновская глубокая» в весенний период и шахт «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина» г. Макеевки в осенний период.

2. Анализ видового богатства и экологической структуры населения панцирных клещей на промышленных площадках шахт «Холодная балка» и «Ясиновская глубокая» г. Макеевки в весенний период показал, что фауна орибатид исследуемых техногенных территорий достаточно бедна, представлена немногочисленными видами с низкой численностью. Это обусловлено высоким уровнем промышленного загрязнения и небольшим проективным покрытием растительности на исследуемых участках. Значительно более высокими показателями характеризуется экологическая структура населения на промплощадке шахты «Северная» (средняя плотность населения – 17830 экз./м², 21 вид), что связано с высоким уровнем проективного покрытия растительности и значительным удалением шахты от города. По сравнению с осенним периодом 2016 г. отмечено повышение средней плотности населения орибатид на всех трёх участках. На промплощадке шахты «Калиновская восточная» осенью 2017 г. также были отмечены достаточно высокие показатели средней плотности населения панцирных клещей (10080 экз./м²).

3. Ядро сообществ панцирных клещей исследуемых промышленных площадок шахт г. Макеевки составляют доминирующие виды *P. capucinus*, *T. velatus*, *M. glabra*, *O. nova*, *Z. terricola ucrainica*, *Z. exarata*, *Phthiracarus* sp. Явные нарушения структуры доминирования исследуемых сообществ орибатид в весенний период отмечены на промплощадках шахт «Холодная балка» и «Ясиновская глубокая», где редкие виды практически полностью отсутствуют. Более выровнена структура доминирования на промплощадках шахт «Северная», «Калиновская восточная» и «Шахта им. Ленина», где отмечены группы рецедентов и субрецидентов.

4. На исследуемых промплощадках шахт г. Макеевки отмечены представители всех жизненных форм панцирных клещей. В спектре адаптивных типов орибатид промплощадок шахт «Ясиновская глубокая» и «Шахта им. Ленина» преобладают вторично неспециализированные формы. Более равномерное распределение жизненных форм панцирных клещей наблюдается на промплощадках шахт «Северная» и «Калиновская восточная».

5. Наибольшие нарушения состава и экологической структуры сообществ панцирных клещей отмечены на промплощадке шахты «Ясиновская глубокая», наименьшие – на промплощадке шахты «Северная».

6. По интегральному показателю сообществ панцирных клещей экологическое состояние окружающей среды на промплощадках шахт «Холодная балка», «Ясиновская глубокая», «Калиновская восточная», «Шахта им. Ленина» оценивается как **средний уровень отклонений от нормы** (III уровень), на промплощадке шахты «Северная» – как **незначительные отклонения от нормы** (II уровень).

Список литературы

1. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – орибатида / Е. М. Буланова-Захваткина. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
2. Государственное предприятие «Макеевуголь». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.makeevugol.donbass.com>
3. Криволицкий Д. А. Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) / Д. А. Криволицкий // Зоол. журн. – 1965. – 44, № 8. – С. 1176-1189.
4. 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.

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

6. Штирц А. Д. Оценка влияния антропогенной нагрузки на экосистемы с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей / А. Д. Штирц // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 1 (1–2). – С. 51–66.

7. Штирц А. Д. Экологическая структура населения панцирных клещей (Acari: Oribatida) промышленных площадок шахт г. Макеевки / А. Д. Штирц, Н. Ю. Кашук // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 71–78.

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

Shtirts A. D., Kashuk N. Yu. Characteristics of the ecological structure of the oribatid mites communities (Acari: Oribatida) of the mines' industrial sites in Makeyevka. – The ecological structure characteristics of the oribatid mites communities of 5 mines' industrial sites of Makeyevka are researched. The main ecological characteristics of oribatid mites communities (species richness, average population density, ecological diversity, dominance structure and relation of life forms) are analyzed. The environmental assessment by integral indicator of oribatid mite communities are investigated.

Key words: oribatid mites, ecological structure, community, technogen landscapes, mines' industrial sites.

© Н. Н. Ярошенко

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЯЙЦЕНЕСУЩИХ САМОК
ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARI: ORIBATEI) В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО
ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА «КЛЕБАН-БЫК»**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Ярошенко Н. Н. Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей (*Acari: Oribatei*) в условиях регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык». – Изучены особенности сезонной динамики численности яйценесущих самок панцирных клещей на трех стационарных участках (лесопосадка, целинная петрофитная степь, пойменный луг). Определен видовой состав, средняя плотность населения, структура доминирования яйценесущих самок с учетом количества яиц в теле каждой особи (в среднем от 1 до 6 яиц). Проведен сезонный мониторинг имагинальных, преимагинальных фаз орибатид и яйценесущих самок в условиях трех стационарных участков в течение 7 месяцев 2006 г. Высокая численность яйценесущих самок отмечена в лесопосадке, минимальная – на пойменном лугу.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, яйценесущие самки, яйца, плодовитость, сезонная динамика.

Введение

Панцирные клещи (орибатиды) – доминирующая группа почвообитателей, являющаяся индикатором состояния почв [9, 10]. Орибатиды – одна из пионерных групп членистоногих, которая активно заселяет различные типы почв, в том числе в антропогенно нарушенных биотопах. Эта многочисленная группа почвенных членистоногих принимает активное участие в почвообразовательных процессах [4].

В растительной подстилке и поверхностном слое почвы, в основном глубиной до 20 см, проходят все фазы развития панцирных клещей (яйцо, личинка, нимфа, имаго). Имаго выполняет генеративную и расселительную функции. Преимагинальные фазы (личинка и нимфы) выполняют основную функцию – роста и, по сравнению с имаго, не имеют особых защитных приспособлений (плотного хитинизированного панциря, как у имаго), поэтому могут существовать лишь в достаточно стабильных условиях влажности и температуры субстрата. Имаго мигрируют в поверхностном слое почвы, некоторые виды способны проникать по отмершей корневой системе растений на глубину более метра. В основном орибатиды мигрируют из почвы на травянистую и древесную растительность в поисках пищевого субстрата.

Биология орибатид до сих пор слабо изучена. Одним из вопросов, по которым в литературе недостаточно информации, является плодовитость самок. В среднем в теле самок находится от 1 до 6 яиц.

У панцирных клещей также отмечено явление посмертного живорождения – особая форма защиты потомства. При растянутой яйцекладке яйца остаются в теле самок на зимний период. При наступлении теплого периода года из яиц выходят личинки, которые используют тело материнской особи как убежище, а её ткани – как пищевой субстрат для дальнейшего развития личинки.

Исследования плодовитости самок панцирных клещей заповедных территорий Донбасса ранее не проводились. В связи с этим, нами впервые предпринята попытка изучения сезонной динамики численности яйценесущих самок орибатид на трех стационарных участках (лесопосадка, целинная степь, пойменный луг) в условиях регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык».

Материал и методика исследования

Сбор научного материала проводили на протяжении семи месяцев (апрель – сентябрь, декабрь 2006 г.) в трех биотопах (лесопосадка, целинная петрофитная степь, пойменный луг). Почвенные образцы на каждом стационарном участке брали с помощью биоценометра объемом 250 см³ (5x5x10 см) один раз в месяц в 10-кратной повторности. В каждом стационаре собрано по 70 почвенных проб. Экстракция почвенных членистоногих осуществлялась с помощью аппарата Тульгрена. Камеральную обработку почвенных проб проводили в лаборатории акарологии кафедры зоологии и экологии ДонНУ по общепринятой методике Е.М. Булановой-Захваткиной [3]. Для определения видового состава орибатид использовались определители Е. М. Булановой-Захваткиной [3], «Определитель обитающих в почве клещей. Sarcotiformes» [6], Г. Д. Сергиенко [7], Б. Баяртогтоха [1]. Плотность населения панцирных клещей определяли по формуле: $V = K / n$, где K – сумма всех особей во всех пробах, n – количество взятых проб [8]. Для сравнения количественных характеристик панцирных клещей применяли показатель индекса доминирования по обилию, выраженный в процентах: свыше 5% – доминирующий вид (Д), от 2 до 5% – часто встречаемый вид (Ч), менее 2% – редко встречаемый вид (Р) [2]. Сходство фаун орибатид исследуемых биотопов определяли по формуле Сьеренсена: $K = 2 C / A + B$, где C – число общих видов для двух фаун, A и B – число видов первой и второй фауны. В момент взятия почвенных проб измеряли температуру воздуха, в лаборатории определяли влажность почвы.

Результаты и обсуждение

Лесопосадка – искусственное насаждение клена полевого и робинии псевдоакации, расположенное вдоль пойменного луга на границе с целинной петрофитной степью. Лесопосадка с густой древесной растительностью и обильной листовой подстилкой.

В этом биотопе в 2006 г. в течение 7 месяцев в 70 почвенных пробах учтено 8177 экз. (72,89% от общей численности) половозрелых форм орибатид со средней плотностью населения 46724 экз./м². Определен 71 вид орибатид, который относится к 39 родам и 24 семействам.

Численность имаго орибатид плавно изменялась в течение года, минимумом отмечен в июне (966 экз.), максимум – в декабре в период оттепели (1983 экз.). Преимагинальные фазы (личинки и нимфы) орибатид составили 27,11% (3042 экз.), плотность – 17384 экз./м². Численность личинок и нимф орибатид резко варьировала по сезонам года: пики отмечены в апреле (576 экз.), августе (515 экз.) и декабре (501 экз.), минимум – в сентябре (274 экз.).

Из общего видового состава (71) удалось обнаружить 29 видов яйценесущих самок орибатид, относящихся к 18 родам и 16 семействам. Количество яиц в теле самок варьировало от 1 до 6. За весь период исследования обнаружено 420 самок, в теле которых содержалось 1026 яиц. Численность яйценесущих самок на протяжении семи месяцев резко варьировала в зависимости от сезона года: максимум зафиксирован в апреле (72 экз.) и в декабре (104 экз.), минимум – в июне (39 экз.) (табл. 1, 2; рис. 1-3).

Таблица 1

Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей лесопосадки РЛП «Клебан-Бык» (Донецкая обл., 2006 г.)

Вид	Месяц							Всего
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XII	
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	9/9	23/23	3/3	-	-	3/3	4/4	42/42
<i>Hypochthonius rufulus europaeus</i> D. Kriv.	-	-	-	-	-	1/1	-	1/1
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudms.	2/2	-	-	-	1/1	2/2	-	5/5
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	5/5	1/1	-	-	-	1/1	11/11	18/18
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh.	-	-	1/1	-	-	-	-	1/1

Вид	Месяц							Всего
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XII	
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	-	1/1	-	-	-	-	1/1
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	7/8	-	-	5/5	-	-	5/11	17/24
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	3/16	1/2	10/38	-	1/4	-	3/4	18/64
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	2/8	2/8	3/10	4/4	6/10	-	5/11	22/51
<i>Eremaeus oblongus</i> Koch	1/1	-	-	2/3	-	-	-	3/4
<i>Eremaeus silvestris</i> Forssl.	-	1/2	1/1	-	5/8	7/11	9/12	23/34
<i>Eremaeus triglavensis</i> Tarman	-	-	-	1/2	-	-	-	1/2
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Herm.)	-	-	-	-	-	2/11	10/35	12/46
<i>Xenillus discrepans</i> Gr.	-	-	-	1/4	-	-	-	1/4
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)	6/21	5/16	-	7/17	18/47	21/101	10/26	67/228
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	6/10	5/20	-	15/31	3/10	6/32	24/54	59/157
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	-	-	3/6	1/1	1/2	-	1/2	6/11
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	-	2/3	2/5	1/6	-	-	-	5/14
<i>Trichoribates punctatus</i> Schald.	1/4	-	-	-	-	-	-	1/4
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.	-	-	-	5/5	-	-	1/2	6/7
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich)	-	-	1/2	-	-	-	-	1/2
<i>Ceratozetella sellnicki</i> (Rayski)	15/36	-	2/4	-	-	-	6/8	23/48
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	11/17	11/16	2/4	5/8	-	-	-	29/45
<i>Xiphobates spinosus</i> (Selln.)	-	-	-	-	1/4	-	-	1/4
<i>Xiphobates kievienensis</i> Pavl.	-	-	-	-	1/2	-	-	1/2
<i>Galumna lanceata</i> (Oudms.)	2/8	-	3/8	3/6	1/1	-	3/15	12/38
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	1/6	12/27	6/30	2/5	9/35	-	11/61	41/64
<i>Phthiracarus globulus</i> (Koch)	-	-	-	-	-	-	1/3	1/3
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	1/1	-	1/1	-	-	-	-	2/2
Всего	72/152	63/118	39/114	52/97	47/124	43/162	104/259	420/1026
Количество видов	14	10	14	13	11	8	15	29

Примечание. В числителе – количество самок; в знаменателе – количество яиц в теле самок.

Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей целинной петрофитной степи РЛП «Клебан-Бык» (Донецкая обл., 2006 г.)

Вид	Месяц							Всего
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XII	
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	-	-	-	-	1/1	-	-	1/1
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh	1/1	-	-	-	-	-	-	1/1
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	-	-	1/1	-	-	-	-	1/1
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	-	-	-	1/1	-	-	1/1
<i>Birsteininus clavatus</i> D. Kriv.	-	-	-	-	-	1/4	-	1/4
<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi)	-	-	-	1/4	-	1/3	1/8	3/15
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	4/16	-	2/12	1/4	-	-	2/8	9/40
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.	1/4	-	-	-	-	-	1/4	2/8
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitnikova	-	-	-	-	1/6	1/4	-	2/10
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)	8/17	-	1/3	-	1/2	-	-	10/22
<i>Zygoribatula terricola</i> v.d. Hammen	-	-	-	-	1/2	-	-	1/2
<i>Zygoribatula thalassophila</i> Gr.	12/33	-	2/3	1/1	-	-	-	15/37
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	4/8	-	-	1/1	-	-	1/1	6/10
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)	20/116	5/30	4/24	2/8	29/148	19/86	5/21	84/433
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	7/32	6/36	3/18	-	5/18	10/35	4/14	35/153
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et M.	-	-	1/4	-	-	-	-	1/4
<i>Peloribates europaeus</i> Will.	-	3/15	-	-	-	-	-	3/15
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	1/2	-	-	-	3/3	-	-	4/5
<i>Trichoribates novus</i> Schald.	-	-	1/6	-	-	-	-	1/6
<i>Trichoribates punctatus</i> Schald.	-	-	1/6	-	1/6	-	-	2/12
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.	2/2	-	-	-	1/1	-	-	3/3
<i>Ceratozetella sellnicki</i> (Rajski)	3/6	-	-	-	-	-	-	3/6
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	1/4	-	-	-	-	-	-	1/4
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	-	-	-	-	-	2/8	2/8
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	16/94	6/24	1/6	-	6/31	-	9/42	38/197
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	1/6	6/22	2/10	-	-	4/18	4/14	17/70
Всего	81/341	26/127	19/93	6/18	50/219	36/150	29/120	248/1068
Количество видов	14	5	11	5	11	6	9	26

Примечание. В числителе – количество самок; в знаменателе – количество яиц в теле самок.

Таблица 3

Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей пойменного луга РЛП «Клебан-Бык» (Донецкая обл., 2006 г.)

Вид	Месяц							Всего
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XII	
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	-	-	1/1	1/1	1/1	-	-	3/3
<i>Hermanniella punctulata</i> Berl.	-	-	-	-	1/1	-	-	1/1
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	8/25	-	5/24	-	1/4	4/15	2/5	20/73
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	3/4	-	-	-	-	-	3/4
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.	1/1	-	-	-	3/6	-	-	4/7
<i>Schelorbates latipes</i> (Koch)	1/4	1/4	1/4	-	-	-	-	3/12
<i>Protorbates capucinus</i> Berl.	-	-	1/1	-	-	-	2/2	3/3
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	-	-	1/1	11/48	-	-	12/49
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	-	-	-	1/4	-	1/4	2/8
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	2/12	-	-	-	-	-	-	2/12
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Gr.)	-	-	-	-	-	-	8/8	8/8
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	1/1	-	-	-	5/10	7/8	6/6	19/25
Всего, экз.	13/43	4/8	8/30	2/2	23/74	11/23	19/25	80/208
Количество видов	5	2	4	2	7	2	5	12

Примечание. В числителе – количество самок; в знаменателе – количество яиц в теле самок.

Таблица 4

Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей в условиях РЛП «Клебан-Бык» (Донецкая обл., 2006 г.)

Вид	Лесопосадка	Целинная степь	Пойменный луг	Всего
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	42/42	-	-	42/42
<i>Hypochthonius rufulus europaeus</i> Kriv.	1/1	-	-	1/1
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudms.	5/5	-	-	5/5
<i>Brachychthonius cricoides</i> Weis-Fogh.	1/1	1/1	-	2/2
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Weis-F.	-	1/1	3/3	4/4
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	-	-	1/1	1/1
<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berl.)	1/1	1/1	-	2/2
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	1/1	-	1/1
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	17/24	-	-	17/24
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	18/64	-	24/115	42/179
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	22/51	-	3/4	25/55
<i>Hermanniella punctulata</i> Berl.	-	-	1/1	1/1
<i>Eremaeus oblongus</i> Koch*	3/4	-	-	3/4
<i>Eremaeus silvestris</i> Forssl.	23/34	-	-	23/34
<i>Eremaeus triglavensis</i> Tarman	1/2	-	-	1/2
<i>Birsteinius clavatus</i> D. Kriv.	-	1/4	-	1/4
<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi)	-	3/15	-	3/15
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	-	9/40	-	9/40
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Herm.)*	2/11	-	-	2/11
<i>Xenillus discrepans</i> Gr.	11/39	-	-	11/39
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.*	-	2/8	-	2/8

Вид	Лесопосадка	Целинная степь	Пойменный луг	Всего
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	-	-	4/7	4/7
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitn.	-	2/10	-	2/10
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)*	-	10/22	-	10/22
<i>Zygoribatula terricola</i> v.d. Hammen	-	1/2	-	1/2
<i>Zygoribatula thalassophila</i> Gr.	-	15/37	-	15/37
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	-	6/10	-	6/10
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	67/228	84/433	3/12	154/673
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	59/157	35/153	-	94/310
<i>Scheloribates semidesertus</i> B.-Z. et Mach.	-	1/4	-	1/4
<i>Peloribates europaeus</i> Will.*	-	3/15	-	3/15
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	6/11	-	3/3	9/14
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	5/14	4/5	-	9/19
<i>Trichoribates punctatus</i> Schald.	1/4	2/12	-	3/16
<i>Trichoribates novus</i> (Selln.)*	-	1/6	-	1/6
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	6/7	3/3	-	9/10
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Mich.)*	1/2	-	-	1/2
<i>Ceratozetella sellnicki</i> (Rajski)*	23/48	3/6	-	26/54
<i>Xiphobates spinosus</i> (Sell.)	1/4	-	-	1/4
<i>Xiphobates kieviensis</i> Pavl.	1/2	-	-	1/2
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	29/45	1/4	12/49	42/98
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	-	2/8	2/8	4/16
<i>Galumna lanceata</i> Oudms	12/38	38/197	2/12	52/247
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	41/164	17/70	-	58/234
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	2/2	-	19/25	21/27
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Gr.)	-	-	8/8	8/8
<i>Phthiracarus globosus</i> (Koch)	1/3	-	-	1/3
Всего, экз.	420/1026	247/1068	84/247	751/2341
Количество видов	29	26	12	47

Примечания:

1. В числителе – количество самок; в знаменателе – количество яиц в теле самок;

2. * – виды, которые могут принимать участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae.

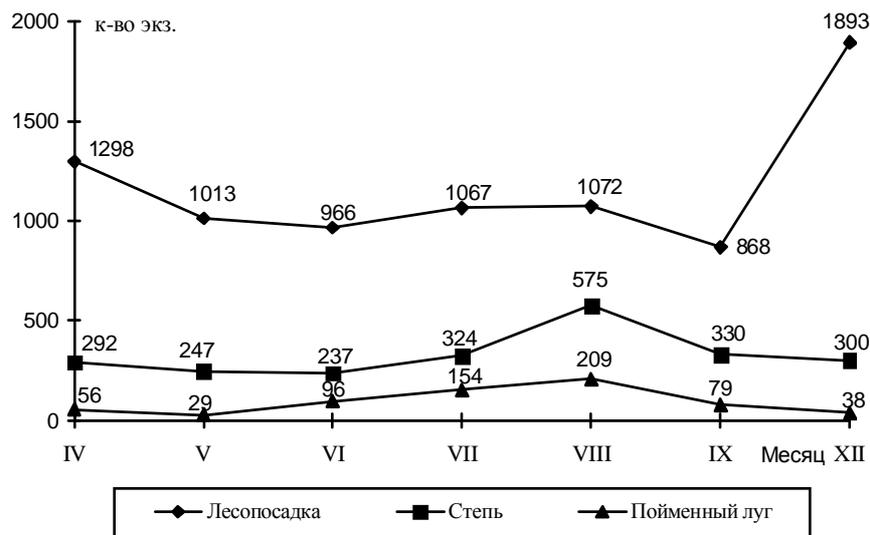


Рис. 1. Сезонная динамика численности имаго панцирных клещей в условиях РЛП «Клебан-Бык» (2006 г.)

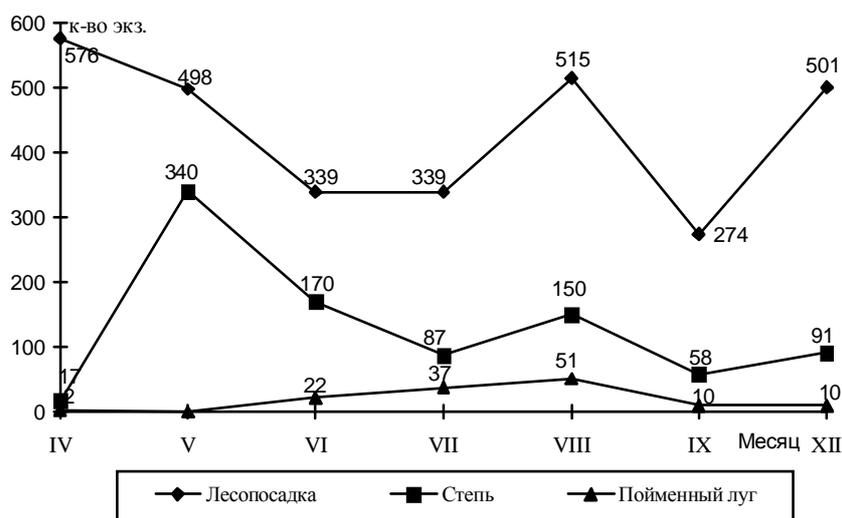


Рис. 2. Сезонная динамика численности преимагинальных фаз панцирных клещей в условиях РЛП «Клебан-Бык» (2006 г.)

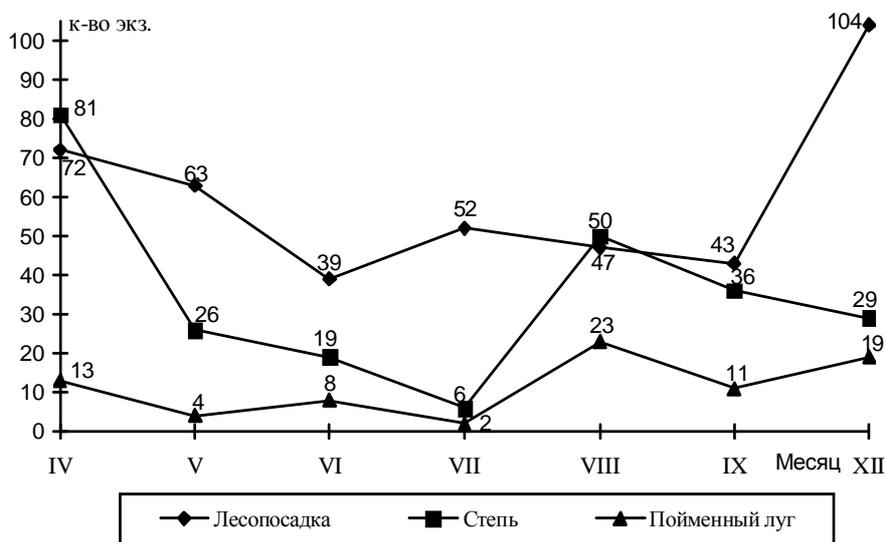


Рис. 3. Сезонная динамика численности яйценесущих самок панцирных клещей в условиях РЛП «Клебан-Бык» (2006 г.)

Ниже приводятся сведения о распределении имагинальных и преимагинальных фаз оribатид, яйценесущих самок и количестве обнаруженных яиц по сезонам 2006 г.

В лесопосадке, в апреле при температуре воздуха +13°C и влажности субстрата 25,00% в 10 пробах обнаружено 1298 экз. имагинальных форм оribатид 35 видов, относящихся к 26 родам и 16 семействам. Из общего видового состава оribатид обнаружено 15 видов яйценесущих самок (14,56%), 72 самки содержали 152 яйца. Из 6 доминирующих видов преобладали 3 вида яйценесущих самок: *H. rufulus rufulus* – из 73 экз. (5,62%) 9 самок (12,33%) содержали по 1 яйцу; *C. sellnicki* – 89 экз. (6,86%), 15 самок (16,85%) содержали 36 яиц (5 самок – по 1 яйцу, 3 самки – по 2 яйца, 3 самки – по 3 яйца, 4 самки – по 4 яйца); *P. zachvatkini* – 103 экз. (7,94%), из них 11 самок (10,68%) содержали 17 яиц (6 самок – по 1 яйцу; 1 самка – 3 яйца, 4 самки – по 2 яйца). Численность личинок и нимф оribатид в апреле была максимальной – 576 экз. (30,74%) от общего количества учтенных в апреле панцирных клещей (см. табл. 1, 2; рис. 1, 2).

В мае количество оribатид незначительно уменьшилось. При температуре воздуха +18°C и влажности почвы 31,58% в 10 пробах учтено 1013 экз. имаго оribатид 40 видов,

относящихся к 26 родам и 14 семействам. Количество личинок и нимф орибатид незначительно сократилось – до 498 экз. (32,96%). Обнаружено 10 видов яйценесущих самок (25,00%), 63 самки содержали 118 яиц. Из 5 доминирующих видов преобладали 3 вида: *H. rufulus rufulus* – 112 экз. (11,05%), из них 23 самки (20,53%) содержали по 1 яйцу; *P. zachvatkini* – 201 экз. (19,84%), 11 самок (5,47%) содержали 16 яиц (6 самок – по 1 яйцу, 5 самок – по 2 яйца); *P. allifera* – 105 экз. (10,36%), 12 самок (11,43%) содержали 27 яиц (7 самок – по 1 яйцу, 5 самок – по 4 яйца) (см. табл. 1; рис. 1-3).

В июне при температуре воздуха +13°C и влажности почвы 13,33% численность имаго орибатид снизилась до 966 экз. Определено 35 видов, относящихся к 26 родам и 18 семействам. Количество преимагинальных фаз орибатид уменьшилось до 339 экз. (25,98%). Из общего видового состава установлено 14 видов яйценесущих самок (40,00%), 39 самок содержали в теле 114 яиц. Среди них по количеству яиц в теле преобладали 2 вида: *M. pulverulenta* – учтено 42 экз. (4,35%), из них 10 самок содержали 38 яиц (8 самок – по 4 яйца, 2 самки – по 3 яйца); *P. allifera* – 112 экз. (11,59%), 6 самок содержали 30 яиц (4 самки – по 6 яиц, 1 самка – 4 яйца, 1 самка – 2 яйца). Количество преимагинальных фаз орибатид достигает минимума в этот период – 339 экз. (74,42%) (см. табл. 1, рис. 1-3).

В июле при температуре воздуха +32°C и влажности почвы 12,41%, количество имаго орибатид увеличилось до 1067 экз. Определён 31 вид, относящийся к 21 роду и 16 семействам. Личинки и нимфы орибатид составили 24,11% (339 экз.). У 52 самок 13 видов орибатид (41,93%) в теле обнаружено минимальное количество яиц за весь период исследования – 97 экз. К доминирующим отнесены 2 вида: *S. laevigatus* – всего учтено 170 экз. (15,93%), из них 15 самок (8,82%) содержали 31 яйцо (5 самок – по 2 яйца, 4 самки – по 4 яйца, 5 самок – по 1 яйцу); *S. latipes* – всего учтено 41 экз. (3,84%), из них 7 самок содержали 17 яиц (4 самки – по 2 яйца, 3 самки – по 3 яйца) (см. табл. 1, рис. 1-3).

В августе при температуре воздуха +21°C и влажности почвы 15,71% количество имаго орибатид незначительно увеличилось, по сравнению с июлем, – до 1072 экз. Отмечено 38 видов, относящихся к 28 родам и 19 семействам. Преимагинальные фазы составили 32,45% (515 экз.), что в 1,5 раза больше, чем в июне и июле. Из 38 видов панцирных клещей яйценесущие самки обнаружены у 11 видов (47 самок содержали в теле 124 яйца). Преобладали яйценесущие самки *S. latipes* – из общего количества (91 экз. – 8,49%) 18 самок (19,78%) содержали 47 яиц (10 самок – по 1 яйцу, 3 самки – по 6 яиц, 4 самки – по 4 яйца, 1 самка – 3 яйца). У вида *P. allifera* (82 экз. – 7,65%) 9 самок (10,97%) содержали в теле 35 яиц (1 самка – 1 яйцо, 7 самок – по 4 яйца, 1 самка – 6 яиц) (см. табл. 1, рис. 1-3).

В сентябре при температуре воздуха +15°C и влажности почвы 31,50% в 10 пробах отмечен минимум имагинальных форм орибатид – 868 экз. (76,01%). Определено 29 видов, относящихся к 21 роду и 17 семействам. Количество преимагинальных фаз орибатид было минимальным – 23,99% (274 экз.). Из 29 видов только у 8 видов обнаружены яйценесущие самки (43 самки содержали в теле 162 яйца). Максимальное количество яиц отмечено у вида *S. latipes*: из 84 экз. (9,68%) у 21 самки обнаружено 101 яйцо (13 самок – по 6 яиц, 1 самка – 5 яиц, 2 самки – по 1 яйцу, 2 самки – по 2 яйца, 3 самки – по 4 яйца); *S. laevigatus* – 21 экз. (2,42%), из них 4 самки содержали по 6 яиц, 2 самки – по 4 яйца (всего 6 самок содержали 32 яйца) (см. табл. 1, рис. 1-3).

В декабре при температуре воздуха +9,5°C и влажности почвы 31,50% учтено максимальное количество имагинальных форм панцирных клещей – 1893 экз. (79,03%), плотность населения составила 75720 экз./м². Определено 36 видов, относящихся к 25 родам и 18 семействам. Обнаружено 15 видов яйценесущих самок (104 экз. содержали 259 яиц – максимальное количество за весь период исследования). По содержанию яиц в теле самок преобладали следующие виды: *S. laevigatus* – 71 экз. (3,75%), из них 24 самки содержали 54 яйца (6 самок – по 6 яиц, 18 самок – по 1 яйцу); *H. minutissima* – 399 экз. (21,08%), из них 11 самок содержали по 1 яйцу; *C. sellnicki* – 153 экз. (8,08%), из них 6 самок содержали 8 яиц; *P. allifera* – 116 экз. (6,13%), из них 11 самок содержали 61 яйцо. В оттепель первой декады декабря отмечена высокая численность имаго орибатид (1893 экз.), преимагинальных фаз

(501 экз.) и яйценесущих самок (104 экз.). В лесопосадке складываются благоприятные условия для жизнедеятельности панцирных клещей, что связано с наличием мощной подстилки. Эти условия, несомненно, оказывают влияние на самок в состоянии диапаузы, в теле которых сохраняется определенное количество яиц на период отрицательных зимних температур. В лесопосадке также создаются благоприятные условия для личинок и нимф орибатид, численность которых в декабре также была высокой (501 экз.) (см. табл. 1, 2; рис. 1-3).

Таким образом, в лесопосадке за 7 месяцев исследования в 70 пробах учтено 8177 экз. имаго орибатид (72,89%), преимагинальных фаз – 3042 экз. (27,11%). Определен 71 вид, относящийся к 39 родам и 24 семействам. Из них обнаружено 29 видов яйценесущих самок орибатид, относящихся к 18 родам и 16 семействам. Каждая самка содержала в теле от 1 до 6 яиц. Всего учтено 420 самок, содержащих 1026 яиц. По количеству яиц в теле самок преобладали виды: *S. latipes* – в 67 самках – 228 яиц, высокая плодовитость отмечена в августе, сентябре, минимальная – в апреле и мае, в июне самок не обнаружено; *S. laevigatus* – в теле 59 самок содержалось 157 яиц, максимум отмечен в первой декаде декабря, в июне самки не обнаружены. Яйценесущие самки этих двух видов в июне не отмечены, что, по-видимому, связано с резким изменением условий обитания, обусловленного подсыханием верхнего горизонта почвы, и привело к разрыву процесса растянутой яйцекладки. *P. allifera* – в теле 41 самки обнаружено максимальное количество яиц – 164, яйценесущие самки преобладали в первой декаде декабря, в сентябре самки с яйцами не обнаружены. Численность яйценесущих самок панцирных клещей в лесопосадке варьирует по сезонам года, что обусловлено особенностями индивидуального цикла развития отдельных видов и сообщества в целом, а также их приспособленностью к постоянно изменяющимся микроусловиям среды обитания.

Разнотравно-типчаково-ковыльная степь. Стационарный участок расположен на восточном склоне водораздела между оврагами и примыкает к лесопосадке. Здесь преобладают типчаки и ковыль Лессинга. Местами встречаются кустарники шиповника, боярышника, дерезы. Растительная подстилка пятнистого характера. Почва суглинистая, каменистая. Поверхностный десятисантиметровый слой почвы большую часть лета сухой (увлажненный только в период дождей), весной и осенью – влажный.

На целинном степном участке в 2006 г. на протяжении 7 месяцев в 70 почвенных пробах учтено 2305 экз. имаго панцирных клещей (71,63%), средняя плотность населения которых составила 13172 экз./м², что в 3,5 раза меньше, по сравнению с биотопом закрытого типа – лесопосадкой. Пиком численности отмечен в августе (575 экз.), минимум – в апреле (237 экз.). Преимагинальные фазы (личинки и нимфы орибатид) составили 28,37% (913 экз.), что в 3,3 раза меньше, чем в лесопосадке. Определено 55 видов орибатид, относящихся к 37 родам и 22 семействам (в 1,3 раза меньше, чем в лесопосадке). Эти показатели характеризуют значительную разницу условий обитания орибатид в поверхностном слое почвы открытого (степь) и закрытого (лесопосадка) биотопов.

В собранном материале обнаружено 26 видов яйценесущих самок панцирных клещей, относящихся к 16 родам и 12 семействам (на 3 вида меньше, чем в лесопосадке). Всего на степном участке отмечено 247 самок, содержащих 1068 яиц. Для сравнения: в лесопосадке обнаружено 420 самок, что в 1,7 раза меньше, чем в степи, но количество обнаруженных яиц у самок в степи и в лесопосадке практически одинаково – 1068 и 1026 яиц, соответственно.

Численность имаго панцирных клещей изменяется по сезонам года и на графике представляет ломанную кривую с пиком в августе (575 экз.) и минимумом в июне (237 экз.) (см. рис. 1). Численность личинок и нимф орибатид резко варьирует, достигая пика в мае – 340 экз. (57,92%), минимум отмечен в апреле – всего 17 экз. (5,50% от общего количества учтенных панцирных клещей в 10 пробах). Начиная с мая количество личинок и нимф значительно уменьшается с небольшими подъемами численности в августе и декабре (см. табл. 3, рис. 1, 2).

Количество яйценесущих самок орибатид в исследуемый период также резко изменялось, пики численности отмечены в апреле – 81 экз. (341 яйцо) и в августе – 50 экз. (219 яиц), минимум зафиксирован в июле (6 самок – 18 яиц) (см. табл. 4, рис. 3). Максимум количества видов яйценесущих самок зарегистрирован в апреле (14 видов), минимум – в мае и июне (по 5 видов). В теле самок было отмечено от 1 до 6 яиц.

В апреле при температуре воздуха +13°C и влажности почвы 16,00% учтено 292 экз. (94,50%) имаго орибатид со средней плотностью населения 11680 экз./м², что в 4,4 раза меньше, чем в лесопосадке (1298 экз.). Преимагинальных фаз (личинки и нимфы) орибатид отмечено всего 17 экз. (5,50%) – минимальное количество за весь период исследования. Определено 26 видов орибатид из 19 родов и 13 семейств, что в 1,3 раза меньше по сравнению с лесопосадкой (35 видов). В апреле обнаружено максимальное количество видов яйценесущих самок. Самки содержали в теле от 1 до 6 яиц. Всего у 81 самки обнаружено 341 яйцо – максимальное количество за период исследования. Доминировали 8 видов орибатид. Из них яйценесущих самок – 6: *Z. frisiae* – 21 экз. (7,20%), из них учтено 8 самок, содержащих 17 яиц (2 самки – по 4 яйца, 3 самки – по 2 яйца и 3 самки – по 1 яйцу); *Z. thalassophila* – 34 экз. (11,64%), из них 12 самок содержали 33 яйца (10 самок – по 3 яйца, 1 самка – 2 яйца, 1 самка – 1 яйцо); *S. latipes* – 43 экз. (14,73%), из них 20 самок содержали 116 яиц (18 самок – по 6 яиц, 2 самки – по 4 яйца); *S. laevigatus* – 30 экз. (10,28%), из них 7 самок содержали 32 яйца (3 самки – по 6 яиц, 3 самки – по 4 яйца, 1 самка – 2 яйца); *G. lanceata* – 29 экз. (9,93%), из них 16 самок содержали 94 яйца (15 самок – по 6 яиц, 1 самка – 4 яйца); *P. allifera* – 15 экз. (5,14%), в теле одной самки обнаружено 6 яиц.

В мае при температуре воздуха +18°C и влажности почвы 12,36% в 10 пробах учтено 247 экз. (42,08%) имаго панцирных клещей. Определено 22 вида орибатид, относящихся к 16 родам и 13 семействам. Отмечено 340 экз. (57,92%) преимагинальных фаз орибатид, что в 20 раз больше, чем в апреле. Из 22 видов в мае обнаружено минимальное количество яйценесущих самок – 5 видов (26 самок содержали 127 яиц). Преобладали самки следующих видов: *S. laevigatus* – 17 экз. (6,88%), из них 6 самок содержали 36 яиц (6 самок – по 6 яиц); *S. laevigatus* – 22 экз. (8,91%), из них 5 самок – по 6 яиц; *P. allifera* – 20 экз. (8,10%), из них 6 самок содержали 22 яйца (5 самок – по 4 яйца, 1 самка – 2 яйца) (см. табл. 3, 4; рис. 1-3).

В июне при температуре воздуха +13°C и влажности почвы 8,33% отмечено минимальное количество имагинальных форм орибатид – 237 экз. (58,23%). Личинки и нимфы орибатид составили 41,77% (170 экз.), что в 2 раза меньше по сравнению с маем и в 10 раз больше по сравнению с апрелем. Определено 27 видов орибатид, относящихся к 19 родам и 12 семействам. Доминировали 7 видов. Обнаружено 11 видов яйценесущих самок, 19 самок содержали небольшое количество яиц (93). Из 7 доминирующих видов яйца в теле обнаружены у самок: *Z. frisiae* – 31 экз. (13,08%), 1 самка содержала в теле 3 яйца; *Z. thalassophila* – 24 экз. (10,13%), 1 самка – 1 яйцо, 1 самка – 2 яйца; *S. latipes* – 44 экз. (18,57%), 4 самки – по 6 яиц; *S. laevigatus* – 31 экз. (13,08%), 3 самки – по 6 яиц; *P. allifera* – 20 экз. (8,44%), 1 самка – 6 яиц, 1 самка – 4 яйца.

В июле при температуре +32°C и влажности почвы 9,89% учтено 324 экз. (78,83%) имаго орибатид, плотность – 12960 экз./м², численность которых в 1,4 раза выше по сравнению с июнем (237 экз.) (см. табл. 3; рис. 1). Начиная с июня численность имаго панцирных клещей начинает увеличиваться независимо от высокой инсоляции и низкой влажности поверхностного слоя почвы, в котором преобладают, в основном, ксерофильные виды орибатид. Количество преимагинальных фаз в июле резко сократилось до 87 экз. (21,17%), плотность – 3480 экз./м², что почти в 4 раза меньше, чем в мае (340 экз.) (см. рис. 2). Очевидно, большая часть нимф превратилась в имаго, численность которых постепенно увеличивается. Определен 21 вид панцирных клещей, относящихся к 18 родам и 14 семействам. Видовое богатство в период с апреля по июль незначительно варьирует (апрель – 26 видов, май – 22, июнь – 27, июль – 21). Из 21 вида орибатид в июле обнаружено 5 видов яйценесущих самок (в 6 экз. – 18 яиц, в среднем от 1 до 4 яиц в теле самки). *Z. thalassophila* – 20 экз. (6,17%), 1 самка содержала 1 яйцо; *S. latipes* – 60 экз. (18,52%), 2 самки – по 4 яйца

(см. табл. 3, 4; рис. 3). В июле отмечено резкое снижение видового богатства и численности яйценесущих самок с небольшим количеством яиц в теле, что связано с растянутой яйцекладкой и снижением численности яйценесущих самок в самый жаркий период лета.

В августе отмечен пик численности имаго орибатид при температуре воздуха +21°C и влажности почвы 7,53% – 575 экз. (79,31%), плотность – 23000 экз./м², что в 2,4 раза больше, чем в июне (237 экз.). Численность личинок и нимф панцирных клещей увеличилась в 1,7 раза по сравнению с июлем – 150 экз. (20,69%). В августе отмечен 31 вид орибатид, относящийся к 21 роду и 14 семействам. Обнаружено 11 видов яйценесущих самок, из них 50 самок содержали в теле 219 яиц. Количество яиц в теле самок варьировало от 1 до 6. Доминировали виды: *S. latipes* – 119 экз. (19,48%), из них 29 самок содержали 148 яиц (12 самок – по 6 яиц, 12 самок – по 5 яиц, 4 самки – по 3 яйца, 1 самка – 4 яйца); *G. lanceata* – 25 экз. (4,35%), 2 самки – по 6 яиц, 3 самки – по 1 яйцу. Таким образом, пик численности яйценесущих самок орибатид отмечен в степи в августе – 50 экз. (11 видов). Такие же пики зафиксированы в августе в лесопосадке – 47 экз. (11 видов) и на пойменном лугу – 23 экз. (7 видов).

В сентябре при температуре воздуха +15°C и влажности почвы 7,52%, численность имагинальных форм орибатид сокращается до 330 экз. (85,05%), плотность – 13200 экз./м², постепенно снижаясь до декабря (300 экз.). Преимагинальных фаз (личинки и нимфы) орибатид отмечено незначительное количество – 58 экз. (14,95%), плотность – 2320 экз./м², что почти в 6 раз меньше по сравнению с маем (340 экз.). Всего обнаружено 25 видов панцирных клещей, относящихся к 18 родам и 13 семействам. В сентябре обнаружено 6 видов яйценесущих самок – 36 самок содержали в теле 150 яиц. Доминировали 3 вида: *S. latipes* – 45 экз. (13,63%), из них 19 самок содержали 86 яиц (10 самок – по 6 яиц, 5 самок – по 2 яйца, 4 самки – по 4 яйца); *S. laevigatus* – 33 экз. (10,00%), из них 10 самок содержали 35 яиц (5 самок – по 6 яиц, 5 самок – по 1 яйцу); *P. allifera* – 24 экз. (7,27%), из них 4 самки содержали в теле 18 яиц (3 самки – по 4 яйца, 1 самка – 6 яиц) (см. табл. 3, 4; рис. 1-3).

В декабре при температуре воздуха +9,5°C и влажности почвы 17,65% численность имаго снизилась до 300 экз. (76,73%), плотность составила 12000 экз./м². Численность преимагинальных фаз несколько возросла – до 91 экз. (23,27%), плотность – 3640 экз./м². Определено 24 вида орибатид, относящихся к 16 родам и 12 семействам. Из них 9 видов самок (29 экз.) содержали в теле 120 яиц. Доминировали: *S. latipes* – 52 экз. (17,34%), из них 5 самок содержали в теле 21 яйцо (2 самки – по 6 яиц, 2 самки – по 4 яйца, 1 самка – 1 яйцо); *S. laevigatus* – 18 экз. (6,00%), 4 самки содержали 14 яиц (2 самки – по 6 яиц, 2 самки – по 1 яйцу); *G. lanceata* – 25 экз. (8,33%), 9 самок содержали в теле 42 яйца (4 самки – по 6 яиц, 4 самки – по 4 яйца, 1 самка – 2 яйца); *P. allifera* – 19 экз. (6,33%), из них 4 самки содержали 14 яиц (1 самка – 6 яиц, 1 самка – 4 яйца, 2 самки – по 2 яйца).

Таким образом, на целинном степном участке за весь период исследования обнаружено 26 видов яйценесущих самок орибатид, относящихся к 16 родам и 12 семействам, в теле которых обнаружено от 1 до 6 яиц (всего 247 самок содержали 1068 яиц). Численность яйценесущих самок варьировала, максимум отмечен в апреле (81 экз., 341 яйцо), минимум – в июле (6 экз., 18 яиц). Апрельский пик численности яйценесущих самок обусловлен тем, что самки благополучно перенесли минусовые температуры зимнего периода (особенно доминирующие виды), тем самым сохранили устойчивость популяции орибатид в степном биотопе. На графике (см. рис. 3) кривая численности яйценесущих самок орибатид на целинном степном участке значительно отличается от кривой численности в лесопосадке по количеству яйценесущих самок в разные периоды года.

Пойменный луг расположен в рекреационной зоне между лесопосадкой и водохранилищем. Почва супесчаная, хорошо задерненная, с 100% проективным покрытием растительности, в основном злаковыми (пырей ползучий) и луговой растительностью, местами встречается боярышник. В теплый период года луговая растительность подвержена антропогенному воздействию (стоянки легкового автотранспорта, палатки отдыхающих, костры).

На расстоянии 5 м от водохранилища в течение 7 месяцев было отобрано 70 почвенных проб, из которых извлечено минимальное количество имагинальных форм панцирных клещей для исследуемых биотопов – 661 экз. (83,35%), средняя плотность населения составила 3776 экз./м², что в 12,4 и 3,5 раза меньше, по сравнению с лесопосадкой и целинной степью, соответственно. Определено 33 вида орибатид, относящихся к 24 родам и 16 семействам, что в 2,2 – 1,7 раза меньше, по сравнению с лесопосадкой и целинной степью, соответственно. Численность имаго орибатид на протяжении всего периода исследований варьировала, пик отмечен в августе (209 экз.), минимум – в мае (29 экз.) (см. рис. 1).

Пик численности личинок и нимф орибатид отмечен в августе (51 экз.), минимум – в апреле (2 экз.), в мае преимагинальные фазы вообще не обнаружены. Общий пик численности имаго и преимагинальных фаз орибатид характерен для августа, минимум отмечен в мае (см. рис. 1, 2).

На пойменном лугу обнаружено незначительное количество видов яйценесущих самок – 12 видов, относящихся к 11 родам и 10 семействам. Их видовой состав на протяжении всего периода исследований был незначительным и варьировал от двух видов (май, июль, сентябрь) до 7 видов в августе. Численность яйценесущих самок также была небольшой и варьировала от двух (июль) до 23 (август). Всего за весь период исследований на пойменном лугу обнаружено 84 самки, в теле которых содержалось 247 яиц (см. рис. 3; табл. 3).

В апреле при температуре воздуха +16°C и влажности почвы 34,00% обнаружено небольшое количество имаго орибатид – 56 экз. (96,55%) 12 видов. Из них яйценесущих самок – 5 видов (13 экз., 43 яйца). Доминировал вид *M. papillipes* – 8 экз. (14,28%), отмечено 25 яиц (2 самки – по 6 яиц, 2 самки – по 4 яйца, 1 самка – 5 яиц).

В мае при температуре воздуха +18°C и влажности почвы 14,94%, обнаружено минимальное количество имаго орибатид – 29 экз. (9,97%), относящихся к 8 видам. Из них 2 вида (4 самки) содержали 8 яиц: *M. pulverulenta* – 3 самки – 4 яйца (1 самка – 2 яйца, 2 самки – по 1 яйцу); *S. latipes* – 1 самка – 4 яйца.

В июне при температуре воздуха +13°C и влажности почвы 26,08% учтено 96 экз. (81,36%) имаго орибатид 18 видов, относящихся к 15 родам и 10 семействам. Обнаружено 4 вида яйценесущих самок (8 самок содержали 30 яиц). Преобладал вид *M. papillipes* – в теле 5 самок обнаружено 24 яйца (3 самки – по 4 яйца, 2 самки – по 6 яиц).

В июле при температуре воздуха +32°C и влажности почвы 8,69% учтено 154 экз. имаго орибатид (80,63%). Количество яйценесущих самок резко сократилось до двух видов (*B. immaculatus*, *P. zachvatkini*), в теле которых отмечено по 1 яйцу.

В августе при температуре воздуха +21°C и влажности почвы 9,89% отмечен максимум численности имаго орибатид для данного биотопа – 209 экз. (80,38%). Определено 16 видов орибатид, относящихся к 13 родам и 12 семействам. В этом месяце отмечен пик численности 7 видов яйценесущих самок – 23 самки содержали в теле 74 яйца. Преобладали самки двух видов: *P. zachvatkini* – 36 экз. (17,22%), 11 самок содержали 48 яиц (4 самки – по 6 яиц, 5 самок – по 4 яйца, 2 самки – по 2 яйца); *E. cribrarius* – 6 экз. (2,87%), 5 самок содержали 10 яиц (3 самки – по 1 яйцу, 1 самка – 3 яйца, 1 самка – 4 яйца) (см. табл. 3, рис. 1, 3).

В сентябре при температуре воздуха +15°C и влажности почвы 9,90% отмечено резкое снижение численности имаго орибатид – до 79 экз. (88,76%), определено 13 видов, относящихся к 10 родам и 9 семействам. Количество преимагинальных фаз после августовского пика сократилось в 2 раза (11 экз.). Отмечено два вида яйценесущих самок (в теле 11 самок обнаружено 23 яйца): *M. papillipes* – 19 экз. (24,95%), из них 3 самки содержали по 4 яйца, 1 самка – 3 яйца; *E. cribrarius* – 11 экз. (13,92%), из них 7 самок содержали 8 яиц (6 самок – по 1 яйцу, 1 самка – 2 яйца). В сентябре отмечено небольшое количество имаго (79 экз.), преимагинальных фаз (11 экз.) и яйценесущих самок (11 экз. двух видов), что связано с особенностями биологического цикла развития отдельных видов орибатид в биотопе открытого типа – пойменного луга.

В первой декаде декабря при температуре воздуха +9,5°C и влажности почвы 20,48% отмечен минимум численности имаго орибатид – 38 экз. (79,17%), плотность – 1520 экз./м².

Определено 10 видов, относящихся к 9 родам и 8 семействам. Отмечен также минимум преимагинальных фаз панцирных клещей – 10 экз. Обнаружено 5 видов яйценесущих самок (19 самок содержали 25 яиц): *M. papillipes* – 1 самка – 3 яйца, 1 самка – 2 яйца; *P. capucinus* – 2 самки – по 1 яйцу; *P. phaenotus* – 1 самка – 4 яйца; *R. duplicata* – 8 самок – по 1 яйцу; *E. cribrarius* – 6 самок – по 1 яйцу (см. табл. 3, рис. 1-3).

Таким образом, в течение семи месяцев 2006 г. в трех биотопах РЛП «Клебан-Бык» проведен учет имаго, преимагинальных фаз (личинок и нимф) и яйценесущих самок. Максимум численности имаго отмечен в лесопосадке – 8177 экз. (72,89%), средняя плотность населения – 46724 экз./м², отмечен 71 вид, относящийся к 39 родам и 24 семействам. Количество преимагинальных фаз (личинок и нимф) составило 3042 экз. (27,11%), плотность – 17304 экз./м². Высокая численность имаго орибатид отмечена в апреле и декабре, минимум – в сентябре; максимум преимагинальных фаз зафиксирован в апреле, августе и декабре, минимум – в июне и июле; максимум яйценесущих самок – в апреле и декабре, минимум – в июне и сентябре.

В целинной степи обнаружено 2305 экз. (71,63%) имаго панцирных клещей, плотность – 13172 экз./м², определено 55 видов из 37 родов и 22 семейств. Имаго доминировали в августе, минимум отмечен в июне; преимагинальные фазы достигали своего пика численности в мае, минимум зафиксирован в апреле; яйценесущие самки преобладали в апреле, минимум отмечен в июле.

На пойменном лугу, с повышенной рекреационной нагрузкой в теплое время года, зафиксирован минимум численности имаго орибатид – 661 экз. (83,75%), плотность – 3776 экз./м², отмечено 33 вида, относящихся к 24 родам и 16 семействам. Пик численности имаго отмечен в августе (также как в лесопосадке и степи), минимум – в мае и декабре. Преимагинальные фазы преобладали в августе и были малочисленны в апреле. Максимум яйценесущих самок отмечен в августе, минимум – в июне.

Всего в трёх исследуемых биотопах у 47 видов орибатид обнаружены яйценесущие самки. Плодовитость была достаточно высокой: в теле 751 самки отмечено 2341 яйцо (см. табл. 1-4, рис. 1-3).

Сходство видового состава яйценесущих самок орибатид наиболее высоко между лесопосадкой и степью – 40,0%, низкий процент сходства отмечен между степью и пойменным лугом – 26,3%.

Наибольшее количество яйценесущих самок зафиксировано у представителей сем. Scheloribatidae: *S. latipes* – 154 самки содержали в теле 673 яйца, наиболее многочисленны в поверхностном слое почвы целинной степи, минимум отмечен на пойменном лугу; *S. laevigatus* – в теле 94 самок обнаружено 310 яиц, многочисленны в лесопосадке (59 самок содержали 157 яиц, их количество в теле одной самки варьировало от 1 до 6), в целинной степи 35 самок содержали 153 яйца, на пойменном лугу яйценесущих самок этого вида не обнаружено.

По данным А. А. Лящева [5], вид *S. laevigatus* в естественных биоценозах агроландшафтов северной лесостепи юго-западной Сибири обладает смешанным питанием с предпочтением некоторых гифомицетов и водорослей. Продолжительность эмбрионального и постэмбрионального развития зависит в большей степени от температуры и наличия пищи. Для развития *S. laevigatus* наиболее благоприятная температура +17-24°C.

Отмечено, что в зависимости от характера пищевого субстрата у некоторых видов (*S. laevigatus*, *T. velatus*, *O. nova*) повышается плодовитость, сокращается продолжительность развития и уменьшается смертность преимагинальных стадий [5].

Плодовитость самок орибатид различна и зависит от сезона года. Так, по 1 яйцу в теле самки обнаружено у видов: *H. rufulus rufulus*, *H. rufulus europaeus*, *H. luteus luteus* – в лесопосадке; *B. cricoides*, *E. cylindrica* – в лесопосадке и целинной степи; *E. styriaca* – в целинной степи. Часто встречаются самки, в теле которых отмечено 6 яиц: *S. latipes*, *S. laevigatus*, *P. allifera* (см. табл. 4).

Следует отметить, что у одних видов, в зависимости от условий обитания исследуемого биотопа, наблюдается небольшое количество яиц в теле самок, в других случаях отмечена растянутая яйцекладка с большим количеством яиц, что может свидетельствовать о нескольких генерациях в течение теплого периода года у отдельных видов панцирных клещей. Например, в лесопосадке доминировали самки вида *H. rufulus rufulus* в апреле и мае, немногочисленными они были в июне, сентябре и декабре, а в июле и августе яйценесущих самок не обнаружено. Этот вид относится к подстилочной группе верхнего горизонта почвы, и в целинной степи, а также на пойменном лугу не встречался. Вид *M. pulverulenta*: в лесопосадке яйценесущие самки встречались в течение 5 месяцев, многочисленными были в июле, единичные особи отмечены в мае и августе, а в июле и сентябре не обнаружены; в целинной степи самок этого вида не обнаружено, а на пойменном лугу три яйценесущие самки найдены только в мае. Вид *M. papillipes* – яйценесущие самки в лесопосадке встречались на протяжении шести месяцев (отсутствовали в сентябре); в целинной степи не обнаружены; на пойменном лугу встречались в течение 5 месяцев (максимум в апреле), в мае и июле не отмечены. Вид *S. latipes* – в лесопосадке встречались яйценесущие самки в течение 6 месяцев (кроме июня), пики численности отмечены в августе, сентябре и декабре; в целинной степи самки были многочисленными весь период исследования, пики численности зафиксированы в апреле, августе и сентябре; на пойменном лугу отдельные самки встречались в апреле, мае и июне. Вид *S. laevigatus* – в лесопосадке встречался в течение 6 месяцев (за исключением июня), пики численности яйценесущих самок отмечены в июле и декабре; на пойменном лугу яйценесущие самки этого вида не обнаружены.

Выводы

В лесопосадке РЛП «Клебан-Бык» отмечен максимум видового богатства (71 вид, относящийся к 39 родам и 24 семействам) и численности панцирных клещей (имаго – 8177 экз. (72,89%) в 70 пробах, средняя плотность – 46724 экз./м²; преимагинальные фазы – 3042 экз. (27,11%), плотность – 17384 экз./м²). Пик численности имаго орибатид отмечен в апреле – 1298 экз. (69,26%) в 10 пробах, плотность – 51920 экз./м² и в декабре – 1893 экз. (79,07%), плотность – 75720 экз./м², минимум – в сентябре – 868 экз. (76,01%), плотность – 34720 экз./м². Преимагинальные фазы орибатид наиболее многочисленны в апреле – 576 экз. (30,74%), плотность – 23040 экз./м², минимум отмечен в сентябре – 274 экз. (23,99%), плотность – 10960 экз./м². Всего в 70 пробах учтено 420 яйценесущих самок, содержащих в теле 1026 яиц. Определено 29 видов яйценесущих самок, относящихся к 18 родам и 16 семействам. Пик численности самок отмечен в апреле (72 самки содержали 152 яйца) и в декабре (104 самки содержали 259 яиц), минимум – в июне (39 самок содержали 114 яиц). Видовое богатство яйценесущих самок варьировало от 8 видов в сентябре до 15 видов в апреле и декабре.

В петрофитной целинной степи из 70 почвенных проб извлечено 2305 экз. (71,63%) имаго орибатид (плотность – 5216 экз./м²). Определено 55 видов, относящихся к 37 родам и 22 семействам. Пиком численности имаго отмечен в августе – 575 экз. (79,31%), плотность – 23000 экз./м², минимум – в июне – 237 экз. (58,23%), плотность – 9480 экз./м². Личинки и нимфы орибатид составили 28,37% (913 экз.), плотность – 5216 экз./м², максимум их численности отмечен в мае – 340 экз. (57,92%), плотность – 13600 экз./м², минимум – в апреле – 17 экз. (5,50%), плотность – 680 экз./м². Отмечено 26 видов яйценесущих самок, относящихся к 16 родам и 12 семействам. Всего обнаружено 247 самок орибатид, содержащих 1068 яиц. Пик численности яйценесущих самок отмечен в апреле – у 81 самки обнаружено 341 яйцо, минимум зафиксирован в самый сухой период года (июль) – в теле 6 самок отмечено 18 яиц.

На пойменном лугу, подвергающемся рекреационной нагрузке в теплый период года, отмечен минимум основных синэкологических параметров населения панцирных клещей. Из 70 проб извлечен 661 экз. имаго орибатид (83,35%), плотность – 3776 экз./м², пик численности зафиксирован в августе – 209 экз. (80,38%), плотность – 8360 экз./м², минимум

– в апреле – 29 экз. (9,97%), плотность – 1160 экз./м². Преимагинальные фазы орибатид составили 16,65% (132 экз.), плотность – 756 экз./м², с пиком численности в августе (51 экз.) и минимумом в апреле (2 экз.), в июне не обнаружены. Определено 33 вида панцирных клещей, относящихся к 24 родам и 16 семействам. Среди них яйценесущие самки обнаружены у 12 видов (всего 80 экз., 208 яиц), максимум их численности зарегистрирован в августе (23 самки, 74 яйца), минимум – в июне (2 самки, 2 яйца).

На трёх стационарных участках яйценесущие самки отмечены у 47 видов, относящихся к 27 родам и 22 семействам. Всего обнаружена 751 яйценесущая самка (2341 яиц). Наиболее высокая численность яйценесущих самок зафиксирована в лесопосадке (420 самок, 1026 яиц), минимум отмечен на пойменном лугу (84 самки, 247 яиц). Сходство видового состава яйценесущих самок орибатид наиболее высоко между лесопосадкой и степью – 40,0%, низкий процент сходства отмечен между степью и пойменным лугом – 26,3%.

Численность яйценесущих самок орибатид и их плодовитость оказывают большое влияние на общую динамику численности имагинальных и преимагинальных фаз панцирных клещей, зависит от сезона года и характера биотопа в условиях РЛП «Клебан-Бык».

Список литературы

1. *Баяртогтох Б.* Панцирные клещи Монголии (Acari : Oribatei) / Б. Баяртогтох. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 371 с.
2. *Беклемишев В. Н.* Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяции эктопаразитов и нидиколов / В. Н. Беклемишев // Зоол. журн. – 1961. – Т. 40, вып. 2. – С. 143-158.
3. *Буланова-Захваткина Е. М.* Панцирные клещи-орибатиды / Е. М. Буланова-Захваткина. – М. : Высш. шк., 1967. – 253 с.
4. *Криволицкий Д. А.* Роль панцирных клещей в биогеоценозах / Д. А. Криволицкий // Зоол. журн. – 1976. – Т. 55, вып. 2. – С. 226-236.
5. *Ляцев А. А.* Почвенная биота и ее роль в формировании плодородия почв агроландшафтов юга западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. А. Ляцев. – Тюмень, 2004. – 31 с.
6. *Определитель обитающих в почве клещей. Sarcotiformes* / Под ред. М. С. Гилярова, Д. А. Криволицкого. – М. : Наука, 1975. – 491 с.
7. *Сергиенко Г. Д.* Фауна Украины. Низшие орибатиды / Г. Д. Сергиенко. – К. : Наук. думка, 1994. – 202 с.
8. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных животных / К. К. Фасулати. – М. : Высш. шк., 1971. – 424 с.
9. *Штирц А. Д.* Экологическая структура населения панцирных клещей (Acari : Oribatei) регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык» / А. Д. Штирц, Н. Н. Ярошенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 56-69.
10. *Ярошенко Н. Н.* Панцирные клещи (Acari : Oribatei) и сопутствующие почвенные обитатели регионального ландшафтного парка «Краматорский» Донецкой области / Н. Н. Ярошенко. – Донецк : ЛАНДОН-XXI, 2015. – 224 с.

Yaroshenko N. N. Seasonal dynamics of number of egg-laying females of oribatid mites (Acari: Oribatei) in conditions of regional landscape park «Kleban-Byk». – Specific features of seasonal dynamics of number of egg-laying females of oribatid mites in three stationary areas (forest plantation, steppe, floodplain meadow) were studied. Species composition, average density of population, structure of domination of egg-laying females are determined taking into account number of eggs in body of each individual (on average from 1 to 6 eggs). Seasonal monitoring of imaginal, preimaginal forms of oribatid and egg-laying females in conditions of three stationary sites during 7 months of 2006 was carried. A high number of egg-laying females in forest plantation, minimum – in floodplain meadow was recorded.

Key words: oribatid mites, egg-laying females, eggs, fertility, seasonal dynamics.

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

УДК 632.4 : 635.1/8

© **Е. В. Ветрова, В. В. Махров**
**ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАРИОЗА И МОНИЛИОЗА НА НЕКОТОРЫЕ
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ И ГРУШИ
В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ**

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

Ветрова Е. В., Махров В. В. Влияние альтернариоза и монилиоза на некоторые биохимические показатели плодов яблони и груши. – Изучено влияние альтернариоза и монилиоза на содержание углеводов и органических кислот в плодах двух сортов груши и одного сорта яблони при хранении. Микозы приводят к нарушению углеводного обмена плодов и повышению их кислотности.

Ключевые слова: груша, яблоня, альтернария, монилия, редуцирующие сахара, сумма сахаров, сахароза, пектины, органические кислоты.

Введение

Плоды яблони и груши с давних времен прочно вошли в наш рацион, и являются наиболее востребованным десертом. Трудно переоценить пользу этих продуктов питания. Благодаря высокой лежкости плодов мы имеем возможность наслаждаться вкусом яблок в течение всего года, до нового урожая. Но сохранить товар для покупателя в таком виде, в каком его сняли с дерева, довольно сложно. Потери, которые несет товаропроизводитель при хранении продукции, варьируют от 1 до 20%. Только заболеваний плодов при хранении и гнилей насчитывают более 20 видов, и каждое из них вредоносно и опасно [18, 19].

Наиболее часто подобные проблемы возникают при неправильном режиме хранения, а подчас возбудителя заносят из сада уже на плодах. В период хранения в растительных тканях прекращается накопление веществ, происходит дыхание, усиленное испарение воды, разложение запасных веществ и их потеря. В результате нарушенного обмена веществ в тканях хранимой продукции снижается устойчивость к микроорганизмам. Фитопатогенные грибы и бактерии проникают в ткань плодов и вызывают загнивание [3, 10, 14].

Большинство заболеваний плодовых культур в период хранения вызывают несовершенные грибы порядка *Hyphomycetales*. Плодовая гниль – весьма распространенное заболевание, характерное для всех семечковых культур. Возбудителем болезни является гриб *Monilia fructigena* (Pers.) Pers. Гриб альтернария (*Alternaria* sp.) вызывает заболевание в виде мягкой мокрой гнили под названием альтернариоз. Заболевание отмечено как экономически важное в садах США и многих стран Азии. В наших садах эта болезнь также распространена, отличается вредоносностью, но практически не освещена в садовой литературе из-за слабой изученности [6, 18].

Целью нашей работы было изучение влияния альтернариоза и монилиоза на содержание воды, сахаров, пектинов и органических кислот в плодах груши и яблони в период хранения.

Материал и методы исследования

Объектами исследований были плоды груши сортов Талгарская красавица, пораженные альтернариозом (рис. 1, а), Орловская летняя, пораженные монилиозом (рис. 1, б) и плоды яблони сорта Пепинка литовская, пораженные монилиозом (рис. 2).

Созревание плодов груши сорта Талгарская красавица приходится на вторую половину сентября. Их лежкость составляет два месяца. Плоды, снятые раньше срока созревания, хранятся дольше. Этот тип груш обладает высокой устойчивостью к микозам [5].



Рис. 1. Плоды зараженной альтернариозом (а) груши сорта Талгарская красавица и зараженной плодовой гнилью (б) груши сорта Орловская летняя (фото авторов)

Груши сорта Орловская летняя имеют универсальное назначение. Это значит, что их широко потребляют как в свежем виде, так и в виде исходного сырья для приготовления различных компотов, варенья, джемов, мармеладов, медов и спиртовых настоек. Кроме того, они очень полезны в качестве сырья для приготовления различных лекарственных средств, как в народной медицине, так и в «официальной» фармакологии. Единственный значимый недостаток данного скороплодного сорта состоит в том, что его плоды необходимо потребить в относительно короткий период после снятия с дерева [5].



Рис. 2. Здоровые плоды яблони сорта Пепинка литовская (а) и зараженные плодовой гнилью (б) (фото авторов)

У плодов яблони сорта Пепинка литовская съемная зрелость наступает в первой половине сентября. В холодильнике плоды могут храниться до января. При этом для них характерна недостаточная устойчивость к грибковым заболеваниям [20].

Выделение чистых культур возбудителей болезней осуществляли по общепринятым методикам [6, 8, 16]. Для культивирования патогенов использовали картофеле-морковный агар (КМА) [4].

В целях идентификации возбудителей принимали во внимание симптомы заболевания, применяли метод микроскопии, анализировали габитус споруляции, использовали атласы болезней растений [4, 8, 12].

Оводненность плодов и содержание растворимых пектинов определяли весовым методом [2]. Содержание редуцирующих и суммы сахаров, а также суммы органических кислот определяли титриметрическими методами Х. Н. Починка [13]. Опыты проводили в трехкратной повторности. Полученные цифровые данные обрабатывали статистически однофакторным дисперсионным анализом [15].

Результаты и обсуждение

Из больных плодов яблони и груши были выделены в чистую культуру фитопатогенные грибы. По симптомам болезни, характеру спороношения, морфологии мицелия были идентифицированы возбудители микозов.

В результате микроскопирования мицелия и изучения габитуса спороношения выделенных грибов было установлено, что плоды груши Талгарская красавица больны альтернариозом (рис. 3), а плоды груши Орловская летняя и яблони сорта Пепинка литовская – монилиозом.



Рис. 3. Габитус спороношения гриба рода *Alternaria* (x 600) (фото авторов)

Из пораженных альтернариозом плодов груши Талгарская красавица была выделена чистая культура изолята АГ-1.17 альтернарии. Из больных монилиозом плодов яблони Пепинка литовская выделена культура изолята МЯ-1.17 *Monilia fructigena*.

Чистые культуры грибов культивировали в чашках Петри на картофельно-морковном агаре при температуре 24°C. Для альтернарии характерен темный мицелий с редкими приподнимающимися серыми гифами воздушного мицелия (рис. 4, а). Поверхность мицелия равномерная, покрывающая всю чашку Петри.

Монилия имеет белый прилегающий к среде мицелий с неровными краями и заметно меньшей скоростью линейного роста (рис. 4, б).

Весовым методом устанавливали содержание воды в здоровых и больных плодах груш и яблони. Содержание воды в здоровых плодах груши сорта Орловская летняя и Талгарская красавица оказалось в пределах 81,1-82,2% соответственно. Оводненность плодов яблони сорта Пепинка литовская составила 86,5%. Эти данные согласуются в информацией по химическому составу плодов, имеющейся в научной литературе [7, 17].

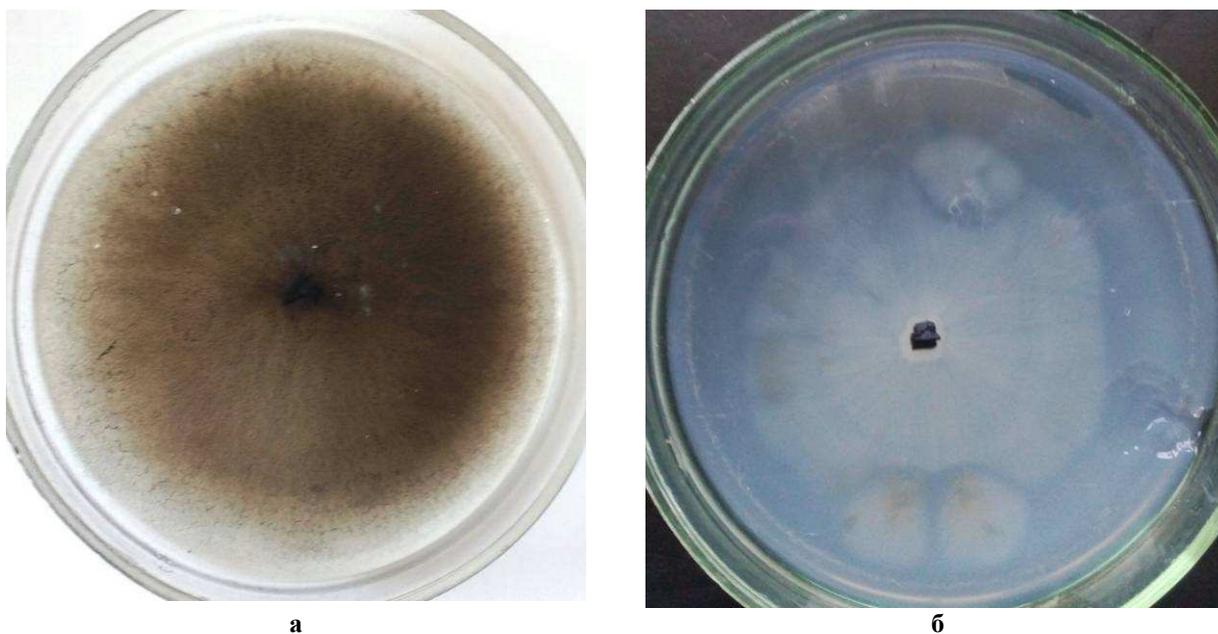


Рис. 4. Морфология мицелия изолята АГ-1.17 альтернарии (а) и изолята МЯ-1.17 монилии (б)

Под влиянием альтернариоза и монилиоза этот показатель во всех вариантах опыта возрастает (рис. 5). Так, содержание воды в плодах груши Талгарская красавица, пораженных альтернариозом, возросло на 1,8%. Монилиоз вызывает увеличение оводненности плодов груши сорта Орловская летняя на 1,4% и плодов яблони сорта Пепинка – на 2,7%.

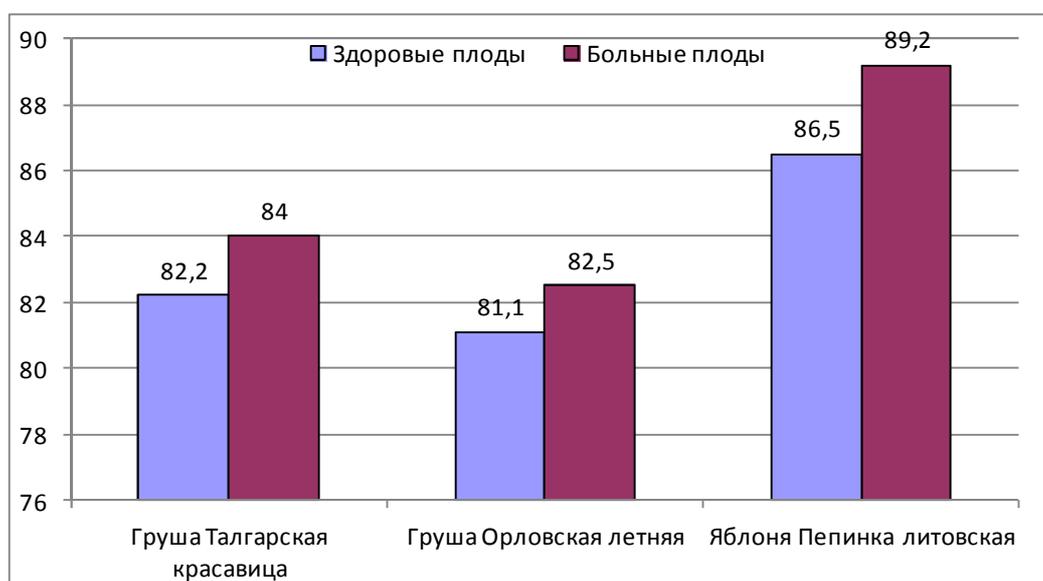


Рис. 5. Оводненность плодов яблони и груши, %

Очевидно, это связано с гидролитическими процессами, вызванными патогенами, приводящими к выделению воды [17].

Груши разных сортов отличаются по сумме сахаров и содержанию сахарозы. Так, в плодах сорта Талгарская красавица сумма сахаров на 3,2%, а сахароза – на 3,4% превышают аналогичные показатели сорта Орловская летняя. Яблоки сорта Пепинка превосходят исследуемые плоды груш по редуцирующим сахарам и по сумме сахаров.

Количественные и качественные изменения углеводного комплекса больного растения, как известно, зависят от биологических особенностей растения-хозяина и патогена, от фазы и силы заболевания и от условий среды. Преобладающей тенденцией является истощение

больных растений в отношении углеводов, и преобладание в них процессов деполимеризации сложных форм запасных углеводов [14].

Исследования показали снижение содержания углеводов в пораженных микозами плодах (рис. 6).

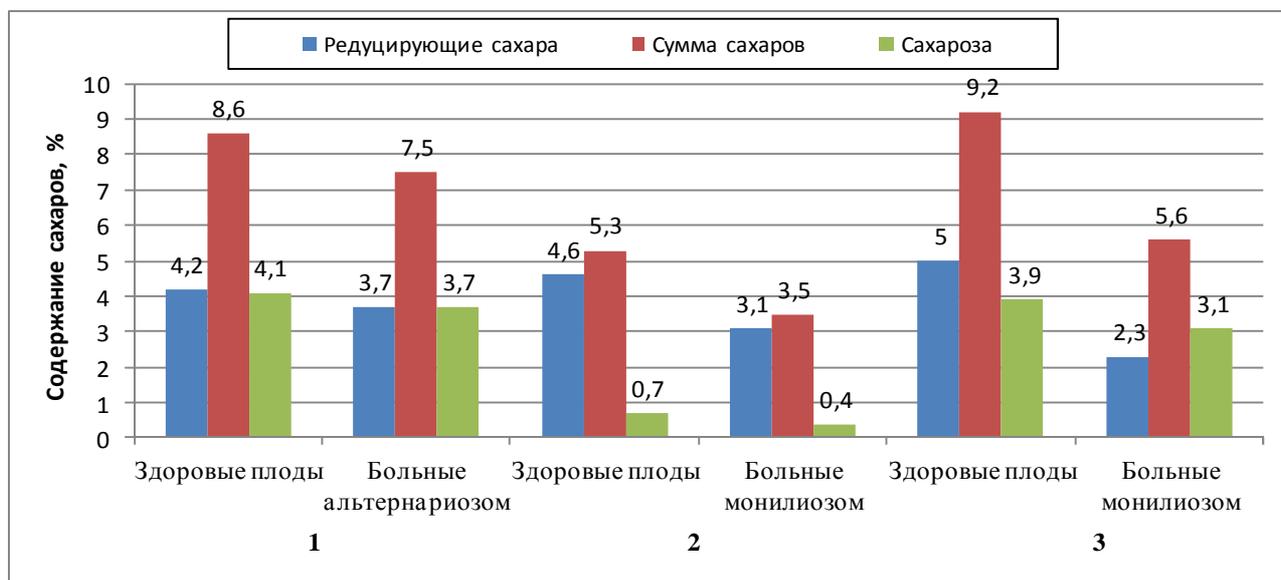


Рис. 6. Содержание сахаров в плодах семечковых культур, пораженных микозами (%):
1 – сорт груши Талгарская красавица, 2 – сорт груши Орловская летняя, 3 – сорт яблони Пепинка

Под действием альтернариоза в плодах груши сорта Талгарская красавица содержание редуцирующих сахаров снизилось на 0,5%, суммы сахаров – на 1,1%, сахарозы – на 0,4%.

Монилиоз груши сорта Орловская летняя снизил содержание редуцирующих сахаров в плодах на 1,5%, суммы сахаров – на 1,8%, сахарозы – на 0,3%.

Под влиянием монилиоза яблони сорта Пепинка литовская содержание сахаров в плодах также уменьшилось: редуцирующих сахаров – на 2,7%, суммы сахаров – на 3,6%, сахарозы – на 0,8%.

Как видим, в большей степени снижается сумма сахаров, и в первую очередь, редуцирующих. К ним, в частности, относятся глюкоза, фруктоза и другие моносахара. Они являются легкодоступными для патогенов [11].

Пектины относятся к полисахаридам, присутствуют в срединных пластинках, соединяющих соседние клетки, и играют большую роль в углеводном обмене растений. Есть растворимые и нерастворимые формы пектиновых веществ. Мы исследовали влияние микозов на содержание растворимой фракции пектинов. Результаты исследований представлены на рис. 7.

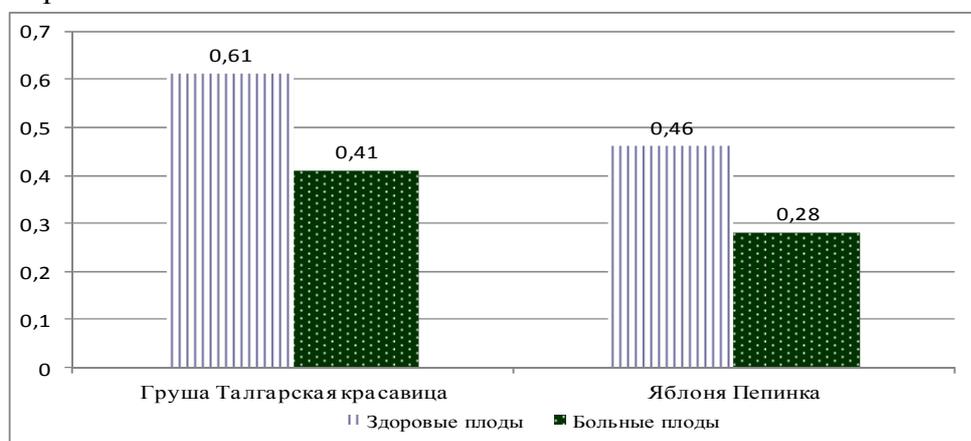


Рис. 7. Содержание растворимых пектинов (в %) в плодах груши и яблони

Здоровые плоды груши сорта Талгарская красавица превосходят плоды яблони сорта Пепинка по содержанию растворимых пектиновых веществ на 0,14%. Под действием патогенных грибов этот показатель снижается в обоих вариантах опыта. Так, груша, пораженная альтернариозом, потеряла 0,20% пектинов, т. е. треть их количества. Яблоки, пораженные монилиозом, утратили 0,18% пектиновой кислоты, что также составляет почти треть их изначального количества. Очевидно, патоген использует легкодоступные растворимые формы углеводов для питания, что согласуется с литературными данными [6, 14, 17]. В разрушении пектинов играют роль *протопектиназа* (разрывает связи между метоксилированной полигалактуроновой кислотой), *пектиназа* (гидролизует гликозидные связи между остатками галактуроновой кислоты, не содержащими метоксильные группы). Перечисленные ферменты вызывают мацерацию древесины, мягкие гнили [14].

Нами изучалось влияние монилиоза на содержание органических кислот в плодах яблони сорта Пепинка литовская. Использовали титриметрический метод Х. Н. Починка «Определение свободных органических кислот в присутствии янтарной кислоты» [13]. В плодах и ягодах, как известно, преобладают свободные кислоты. Они играют важную роль в метаболизме растений. Содержание органических кислот в плодах варьирует в зависимости от вида и сорта культуры, условий произрастания. Повышенным содержанием органических кислот отличаются сорта яблок Антоновка, Папировка, Ранетки (0,8-0,9%) [1].

В процессе созревания и хранения плодов происходят качественные и количественные изменения в составе органических кислот. Так, в незрелых плодах содержится обычно янтарная кислота, в зрелых же преимущественно яблочная, винная и лимонная.

Нами было установлено, что в здоровых плодах яблони сорта Пепинка содержится 0,03% (в пересчете на яблочную кислоту) органических кислот. Под влиянием монилиоза этот показатель вырос в 8 раз, и составил 0,23%.

Факт значительного повышения данного показателя под действием факультативного фитопатогена *Monilia fructigena* можно объяснить одним из биохимических механизмов патогенеза. Помимо гидролитических ферментов, расщепляющих полимеры, к агрессивным метаболитам патогенов относятся органические кислоты. Механизм действия кислот на живые объекты связан с кислотным катализом различных реакций расщепления [9].

Таким образом, микозы влияют на метаболизм плодов при хранении. В ходе взаимодействия патогена с растением-хозяином происходит нарушение водного, углеводного обмена. При этом содержание воды и органических кислот в плодах увеличивается, а редуцирующих и суммы сахаров падает. Углеводы используются грибом для своего роста и развития, что приводит к ослаблению и истощению растительных тканей.

Выводы

1. Содержание воды в плодах груши Талгарская красавица, пораженных альтернариозом, возрастает на 1,8% по сравнению со здоровыми плодами. Монилиоз вызывает увеличение содержания воды в плодах груши сорта Орловская летняя на 1,4% и в плодах яблони сорта Пепинка литовская – на 2,7%.

2. Содержание углеводов в плодах под влиянием микозов снижается. Количество редуцирующих сахаров – от 0,5% в плодах груши сорта Талгарская красавица до 2,7% в плодах яблони сорта Пепинка литовская. Сумма сахаров снижается соответственно от 1,1 до 3,6%. Содержание сахарозы в меньшей степени снижается в плодах груши сорта Орловская летняя (на 0,3%), в наибольшей степени – в яблоках, пораженных монилиозом (на 0,8%).

3. Под действием патогенных грибов содержание растворимых пектинов в плодах яблони и груши снижается. Груша, пораженная альтернариозом, теряет 0,2% пектинов, т. е. треть их количества. Яблоки, пораженные монилиозом, – 0,18% пектиновой кислоты и пектина.

4. В здоровых плодах яблони сорта Пепинка литовская содержится 0,03% (в пересчете на яблочную кислоту) органических кислот. Под влиянием монилиоза этот показатель возрастает в 8 раз – 0,23%.

Список литературы

1. Блажей А. Содержание органических кислот в плодах и овощах / А. Блажей, Л. Шутый. – М. : Мир, 1977. – 240 с.
2. Бойко М. И. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме «Углеводный обмен» спецкурса «Большой практикум» / М. И. Бойко, Е. В. Запорожченко, Ю. Г. Приседский. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2001. – 64 с.
3. Ветрова Е. В. Болезни растений / Е. В. Ветрова. – Донецк : ДонНУ, 2011. – 355 с.
4. Ганнибал Ф. Д. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие / Ф. Д. Ганнибал. – СПб., 2011. – 69 с.
5. Губанов И. А. Медоносные растения и их пыльца : иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. / И. А. Губанов, А. Н. Бурмистрова, В. А. Никитина. – М. : Тов-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2003. – Т. 2. Покрытосеменные (двудольные : раздельнолепестные). – 394 с.
6. Гудковский В. А. Физиологические основы поражения плодов яблони подкожной пятнистостью и другими заболеваниями и система мер их предупреждения / В. А. Гудковский // Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека : матер. науч.-практ. конф. (Мичуринск, 8-10 сентября 2008 г.). – Мичуринск : Изд-во Мичуринского госагроун-та, 2008. – С. 90-97.
7. Зимина Л. Н. Исследование овощных культур и плодов : автореф. дис. ... докт. хим.-фарм. наук / Л. Н. Зимина. – Самара, 2011. – 52 с.
8. Исаева Е. В. Атлас болезней плодовых и ягодных культур. 3-е изд., переработ. и доп. / Е. В. Исаева, З. А. Шестопал. – К. : Урожай, 1991. – 144 с.
9. Каптерев А. С. Биосинтез биологически активных веществ у растений / А. С. Каптерев. – М. : Биосит, 2003. – 137 с.
10. Колесова Д. А. Защита плодовых и ягодных культур от болезней и вредителей / Д. А. Колесова. – М. : Социум, 2010. – 50 с.
11. Махров В. В. Влияние альтернариоза и монилиоиза на содержание сахаров в плодах семечковых культур в период хранения / В. В. Махров // Проблемы и перспективы современной науки : матер. науч.-практ. конф. (Луганск, 11-15 декабря 2017 г.). – Луганск : ЛНАУС, 2017. – С. 352-356.
12. Семенов А. Я. Определитель паразитных грибов на плодах и семенах культурных растений / А. Я. Семенов, Л. П. Абрамова, М. К. Хохряков. – М. : Книга по Требованию, 2011. – 303 с.
13. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – К. : Наук. думка, 1976. – 332 с.
14. Біопшкодження рослинних ресурсів і продовольчої сировини. Навч. посіб. / [В. Д. Малигіна, О. В. Ветрова, М. О. Рябченко та ін.]. – К. : Кондор, 2009. – 246 с.
15. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк : Кассіопея, 1999. – 210 с.
16. Dhingra O. D. Basic plant pathology methods. 2nd edition / O. D. Dhingra, J. V. Sinclair. – Lewis Publishers (CRC Press), 1995. – 434 p.
17. Биохимические процессы, протекающие в плодах и овощах в период послеуборочного дозревания и хранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://studbooks.net/1130150/agropromyshlennost/biohimiche>.
18. Гнили плодов при хранении [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://yandex.ua/yandsearch?clid=2186621&text>
19. Как предотвратить гнили плодов при хранении? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.syngenta.ru>.
20. Яблоня Сорт Пепинка литовская. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vniispk.ru/varieties/pepinka-litovskaya-glogerovka-pepinka-sarepka-pepin-litovskii>.

Vetrova E. V., Makhrov V. V. Influence of alternariose and moniliose on some biochemical indices of apple and pear fruits. – The effect of alternariose and moniliose on the content of carbohydrates and organic acids in fruits of two varieties of pears and one apple variety during storage was studied. Mycosis leads to a violation of the carbohydrate metabolism of fruits and increase their acidity.

Key words: pear, apple, *Alternaria*, *Monilia*, reducing sugars, the sum of sugars, sucrose, pectins, organic acids.

УДК 574.24 : 579.26

© Д. В. Сыщиков¹, И. В. Агурова¹, О. В. Сыщикова²
**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ МОБИЛИЗАЦИИ
СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ЭДАФОТОПАХ ТЕХНОГЕННО
НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

¹ГУ «Донецкий ботанический сад»

283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: ir.agur@mail.ru

²ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»
283003, г. Донецк, пр. Ильича, 16

Сыщиков Д. В., Агурова И. В., Сыщикова О. В. Особенности процессов микробиологической мобилизации соединений азота и углерода в эдафотопях техногенно нарушенных земель. – В результате проведенных исследований установлена максимальная численность микроорганизмов в горизонтах примитивных почв на песчанике и седиментационных неразвитых почв. Наибольшего развития ценоз микроскопических грибов получил в почвах посттехногенных экосистем. Блок целлюлозоразрушающих микроорганизмов является наименее представленным в микробценозе почв участков. Возрастание целлюлозолитической активности эдафотопов зафиксировано для примитивных седиментационных неразвитых почв и чернозема обыкновенного.

Ключевые слова: техногенные земли, эдафотоп, микроорганизмы, целлюлозолитическая активность, стрептомицеты, микромицеты.

Введение

В настоящее время в связи с быстрым ростом городов и промышленности в экологически напряженных регионах число техногенных земель неумолимо растет, что приводит к необратимым изменениям ландшафта. Деградация земель является настоящей угрозой экологической и экономической безопасности Донецкой Народной Республики. В Донецком регионе развиты различные отрасли промышленности, в том числе и угледобывающей, результат деятельности которых – техногенные ландшафты, которые отрицательно влияют на окружающую среду. В число таких техноландшафтов входят хвостохранилища, промучастки предприятий, шламовые отвалы, отвалы вскрыши и пр.

Общеизвестен тот факт, что устойчивое функционирование природных биоценозов в значительной мере определяется стабильностью биогенного обмена химических элементов (как природного, так и антропогенного происхождения), важная часть которого – минерализация органического вещества в почвах. Биогенная аккумуляция, противостоящая гравитационному выносу, предопределяет накопление элементов в верхней, наиболее функциональной части почвенного профиля. Вместе с микробной массой часть органического углерода и азота долговременно аккумулируется в гумусе – источнике питания и энергии для растений и микроорганизмов. Ключевая роль в этих процессах принадлежит микробценозам [3]. Активность микрофлоры во многом определяет морфологию почвенного профиля, физико-химические свойства почвы, интенсивность ее биохимических процессов и скорость круговорота веществ. [14].

Комбинированное воздействие физических, химических и биологических факторов окружающей среды может привести к дестабилизации и потере исходных микробиологических свойств почвы, из-за чего возможны изменение стратегии выживания микроорганизмов, патогенизация свободноживущих форм, усиление роста паразитарной и патогенной микрофлоры. В связи с этим актуальным является изучение микробиологического состояния почв не только в условиях интенсивного антропогенного воздействия, но и в процессе их реабилитации [1, 11].

Материал и методы исследований

Объектом исследования являются эдафотопы техногенных экосистем Донецко-Макеевской промышленной агломерации. Исследования проводились на мониторинговых

участках, расположенных в юго-западной части Донецко-Макеевской промышленной агломерации (в пределах Горняцкого административного района г. Макеевки и смежных территорий).

Описание почвенных разрезов проводили по И. И. Назаренко и Н. И. Полупану [9, 10]. Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам [7].



Рис. 1. Субстрат с признаками почвообразования

Мониторинговый участок № 1. Выведенное из эксплуатации шламохранилище (Горняцкий район г. Макеевка), с бедным растительным покровом и доминированием в составе растительной группировке *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., с общим проективным покрытием 100%.

Разрез № 1-ш. Субстрат (черный песчаный шлам) с признаками почвообразования (рис. 1). Черный, бесструктурный, плотносложенный, наблюдается первичное агрегатообразование на корнях растений, накопление гумуса не имеет морфологического выражения вследствие слабого развития глинистой составляющей. Включений, ходов и пор зоогенной природы не выявлено. Отбор почвенных образцов проводился по слоям 0-10 см, 10-20 см и 20-30 см.



Рис. 2. Примитивные неразвитые почвы на песчанике

Мониторинговый участок № 2. Выведенный из эксплуатации карьер по добыче строительного камня (балка Калиновая, Горняцкий район, г. Макеевка). Растительный покров с высокой мозаичностью, имеются пятна как сорно-рудеральных видов, так и видов степного ценоэлемента. ОПП (за вычетом поверхности крупнообломочного камня) 70-80%.

Разрез № 1-к. Примитивные неразвитые почвы на песчанике (рис. 2).

Н – 0-5 см. Черный, густо пронизан корнями растений. Структура мелкопорошистая, агрегаты 2 мм диаметром. Переход в горизонт Р четкий по цвету, структуре и плотности. Отмечаются ходы зоогенной природы, выцветы солей (розоватые). Каменистость – 5%.

Р – Светло-коричневый, продукты метаморфизации песчаников. Каменистость – 20%, пронизан корнями растений. Прослежен до глубины 20 см.



Рис. 3. Субстрат с признаками почвообразования

Мониторинговый участок № 3. Склон отвала шахты им. Ленина южной экспозиции (Горняцкий район, г. Макеевка). В средней части склона угол поверхности составляет около 30°,

поэтому ОПП достигает только 20-30%.

Разрез № 1-о-с. Субстрат с признаками почвообразования (рис. 3).

Нэ – 0-15 см. Коричневый, рыхлый, мелкозернистый, суховатый. Каменистость – 5%. Переход в горизонт Р – постепенный, по цвету – затеками.

Р – палевый, прослежен до глубины 30 см. Каменистость – 15%.

Мониторинговый участок № 4. Зона выполаживания склона южной экспозиции у основания отвала шахты им. Ленина (Горняцкий район, г. Макеевка).



Рис. 4. Примитивные седиментационные неразвитые почвы

Разрез № 1-о-п. Примитивные седиментационные неразвитые почвы (рис. 4).

Н – 0-10 см. Коричневый, относительно уплотненный, мелкозернистый, суховатый. Каменистость – 5%. Густо пронизан корнями растений.

Р – Темно-серый, метаморфизированный сланец, пластинчатый, сухой, пронизан корнями растений. Каменистость – 30%. Прослежен до глубины 30 см.



Рис. 5. Чернозем обыкновенный среднемощный суглинистый

Мониторинговый участок № 5. Зброшенное поле (м-н Зеленый, Горняцкий район, г. Макеевка). Дендрохронологически, по выросшим древесным растениям, период прекращения вспашки можно оценить в 7-8 лет. Общее проективное покрытие 80-100%.

Разрез № 1-ч. Чернозем обыкновенный среднемощный суглинистый (рис. 5).

Н – 0-62 см. Черный, свежаватый, сплошнoderнистый, умеренно плотный, структура – среднекомковатая. Густо пронизан корнями растений. В горизонте отмечается незначительное количество ходов зоогенной природы. Вскипает с поверхности до глубины 50 см от 10% HCl. Переход в горизонт Н_р постепенный, по цвету, затеками.

Н_р – 62-80 см. Плотный, среднекомковатый, светло-коричневый.

Р – материнская порода (палевый лессовидный суглинок) 80 см и ниже.

При изучении микробоценоза разных почвенных горизонтов образцы отбирались из свежевыкопанного почвенного разреза. Образцы почвы, отобранные для микробиологического анализа, диспергировали путем растирания почвы, извлекали корни растений и включения. Для посева готовили почвенную суспензию (10 г почвы в 100 мл стерильной водопроводной воды). Потом готовили необходимое для посева разведение. Почвенную суспензию высевали на твердые питательные среды: крахмало-аммиачный агар (для выделения общего количества микроорганизмов и стрептомицетов), среду Чапека (для выделения микромицетов), агар Гетчинсона с нанесением фильтровальной бумаги как источника целлюлозы (для определения численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов). Подсчет колоний проводили на 7-10-е сутки исследований. После подсчета количества колоний на 5 параллельных чашках производили перерасчет на 1 г почвы по формуле:

$$a = \frac{b}{v \times r \times d},$$

где: а – количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г почвы; б – количество колоний на чашке; в – разведение; г – объем почвенной суспензии, взятой для посева; д – масса сухой почвы, взятой для посева [7, 13].

Определение целлюлозолитической активности почвы проводили аппликационным методом. Стерильной хлопчатобумажной тканью обшивали стерильное предметное стекло и в подготовленный почвенный разрез к вертикальной поверхности почвы прикладывали предметное стекло с полотном и придавливали почвой так, чтобы верхняя грань стекла выступала около 1 см. Раз в месяц полотна осторожно извлекались, отмывались от почвы, продуктов полураспада, подсушивались и взвешивались. Об интенсивности целлюлозолитической активности почвы судят по разнице массы полотна, которое не вносилось в почву и полотна такого же размера, которое извлекли из почвы. Активность выражается в процентах [5].

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95% уровне значимости по Б. А. Доспехову и Ю. Г. Приседскому [2, 12].

Результаты и обсуждение

Анализ данных, полученных при изучении общей численности микроорганизмов на КАА, показал, что в весенний период наиболее низкими их количествами характеризуются субстрат шламохранилища и субстрат склона породного отвала (табл. 1).

Общая численность микроорганизмов на КАА (тыс. КОЕ/г а.с.п.) почв антропогенно трансформированных экосистем

Участок	Весна		Лето		Осень	
	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%
№ 1 0-10 см	36,27±6,3	–	29,18±3,0	–	32,18±2,57	–
№ 1 10-20 см	33,78±5,7	–	15,04±1,7	–	24,41±0,96	–
№ 1 20-30 см	13,72±4,03	–	12,83±2,1	–	13,29±0,72	–
№ 2 Н	357,93±20,1*	986,8	255,87±15,2*	876,9	310,56±18,9*	965,1
№ 2 Р	80,13±12,8*	584,0	68,6±8,3*	534,7	75,48±8,21	567,9
№ 3 Н	41,6±9,27	114,7	32,07±4,53	109,9	37,09±3,82	115,3
№ 3 Р	31,39±2,39*	228,8	24,72±2,61*	192,7	29,47±1,64*	221,7
№ 4 Н	350,94±13,99*	967,6	259,17±20,79*	888,2	327,28±12,6*	1017,0
№ 4 Р	203,8±20,3*	1485,4	129,91±11,73*	1012,5	176,05±9,22*	1324,7
№ 5 Н	134,15±11,0*	369,9	116,93±9,15*	400,7	121,12±7,42*	376,4
№ 5 Нр	160,39±6,5	474,8	50,67±4,53*	336,9	92,39±6,15*	378,5
№ 5 Р	61,94±7,4*	451,5	46,65±2,98*	363,6	53,84±4,21*	405,1

Примечание. Здесь и в табл. 2-4 % – процент превышения значений по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1; * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$.

Однако, если в субстрате первого участка наблюдается постепенное снижение вниз по профилю, то на отвале не зафиксировано статистически достоверных отличий общей численности микроорганизмов между генетическими горизонтами. Максимальное развитие микробоценоза (свыше 300 тыс. КОЕ/г почвы) отмечено в гумусо-аккумулятивных горизонтах примитивных неразвитых почв на песчанике и примитивных седиментационных неразвитых почв, что превышало аналогичные показатели субстрата шламохранилища более чем в 9 раз. В более глубоких генетических горизонтах почв этих участков также отмечена достаточно высокая численность микроорганизмов, которая была в 6-15 раз большей, чем в слое 20-30 см субстрата шламохранилища. Длительная нерациональная эксплуатация чернозема обыкновенного привела к значительной обедненности его микробоценоза. Так, показатели численности микроорганизмов данного мониторингового участка достаточно далеки от природных, доходящих до 20 млн. КОЕ/г почвы (см. табл. 1). Полученные данные могут свидетельствовать о «микробиологическом почвоутомлении» как об одном из проявлений биологической деградации, что при дальнейшем возделывании сельскохозяйственных культур на этих почвах без надлежащих агрохимических мероприятий неизбежно приведет к снижению продуктивности.

Повышение температуры воздуха, приводящее к соответственному снижению влажности почвы, привело к уменьшению общего количества микроорганизмов на 14-56% в почвах всех исследованных участков не зависимо от степени антропогенной трансформации. К концу вегетационного периода прослеживается тенденция наращивания общей численности микроорганизмов до ее уровня, отмеченного весной (см. табл. 1).

Стрептомицеты, спорообразующие мицелиальные бактерии, способные к образованию широкого спектра биологически активных веществ, являются постоянным компонентом почвенных микробных сообществ и практически все они относятся к зимогенной микрофлоре. Их функциональная роль в микробной системе почвы связана с обеспечением растений элементами минерального питания и пополнением пула гидролитических ферментов. Микроорганизмы данной эколого-трофической группы способны разлагать разнообразные углеродсодержащие соединения (включая клетчатку), стимулируя процесс аммонификации [4, 8].

Нами показано, что как в весенний, так и в остальные периоды исследований численность стрептомицетов почв всех мониторинговых участков находится на крайне низком уровне, что, принимая во внимание их принадлежность к зимогенной микрофлоре, может свидетельствовать о низкой концентрации органического вещества в почвенном субстрате, необходимого для жизнедеятельности изучаемых микроорганизмов (табл. 2).

Таблица 2

Численность стрептомицетов (тыс. КОЕ/г а.с.п.) почв антропогенно трансформированных экосистем

Участок	Весна		Лето		Осень	
	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%
№ 1 0-10 см	2,83±0,43	–	н.в.	–	н.в.	–
№ 1 10-20 см	1,71±0,33	–	н.в.	–	н.в.	–
№ 1 20-30 см	1,45±0,29	–	1,3±0,3	–	1,29±0,21	–
№ 2 Н	91,36±7,75*	3228,3	62,62±8,6*	6262,0	68,47±7,26*	6847,0
№ 2 Р	33,47±2,9*	2308,3	18,21±3,48*	1400,8	27,08±2,59*	2099,2
№ 3 Н	9,89±0,68*	349,5	7,24±2,61*	724,0	8,04±6,15*	804,0
№ 3 Р	3,17±0,36*	218,6	1,93±0,45	148,5	2,54±0,41*	196,9
№ 4 Н	104,94±9,39*	3708,1	61,27±6,77*	6127,0	87,63±5,48*	8763,0
№ 4 Р	81,88±7,3*	5646,9	36,84±3,81*	2833,8	59,09±4,22*	4580,6
№ 5 Н	23,44±4,03*	828,3	19,25±2,19*	1925,0	20,83±7,42*	2083,0
№ 5 Нр	16,42±1,79*	960,2	11,08±1,01*	1108,0	14,36±4,75*	1436,0
№ 5 Р	7,12±0,37*	491,0	3,84±0,18*	295,4	5,19±1,07*	402,3

Примечание. н.в. – не выявлены

Наиболее ярко это проявлялось в почвенных слоях субстрата шламохранилища, где численность стрептомицетов не превышала 3 тыс. КОЕ/г почвы, постепенно снижаясь при прохождении вниз по почвенному профилю. Как и для общей численности микроорганизмов, максимальное превышение количественных показателей сообщества почвенных стрептомицетов по отношению к субстрату шламохранилища (в 20-50 раз) зафиксировано на участках № 2 и 4, причем в генетических горизонтах последнего было менее выражено снижение численности в нижележащих горизонтах. Для чернозема обыкновенного среднесуглинистого отмеченное увеличение количества стрептомицетов находилось в пределах от 5 до 10 раз. Молодые нерекультивированные отвалы являются экстремальной жизненной средой для почвенных микроорганизмов. Заселение ими таких отвалов, а также сукцессионные перестройки микробного населения обуславливаются свойствами растительности, режимом влажности и температуры, механическими и химическими свойствами субстрата и запасом доступного органического вещества. Вышеперечисленные факторы привели к формированию на склоне породного отвала сообщества стрептомицетов с низкой численностью (до 10 тыс. КОЕ/г почвы) и невысоким видовым разнообразием (преобладали виды стрептомицетов с белой и серой окраской воздушного мицелия).

Анализ экспериментальных данных позволил установить, что микроорганизмы данной эколого-трофической группы оказались наиболее чувствительными к повышению температуры окружающей среды и низкой влажности почвы, что привело к значительному сокращению их численности в почвах всех мониторинговых участков летом (см. табл. 2). Следует отметить, что субстрат шламохранилища в силу своих физико-химических характеристик (низкая влагоудерживающая способность, обедненность органическими и минеральными соединениями, засоленность субстрата, низкие значения рН почвенного раствора и др.) оказался наименее пригодным для функционирования сообщества почвенных стрептомицетов, которые на данном мониторинговом участке не были выделены. Осенью

зафиксирована тенденция возрастания численности стрептомицетов (за исключением участка № 1, в почве которого стрептомицеты, также как и летом, не выявлялись) при том, что характер их распределения как по мониторинговым участкам, так и по генетическим горизонтам почв не изменился.

Активное участие в биологической трансформации различных органических веществ в почве принимают микроскопические грибы, входящие в гетеротрофный блок биогеоценозов. Они являются деструкторами мертвого органического вещества и агентами процесса гумусообразования. По литературным данным их численность зависит как от наличия соответствующего субстрата в почве, так и от создания условий, способствующих их развитию [6, 8].

Также, как и для предыдущей группы микроорганизмов, в весенний период исследований почвы изучаемых мониторинговых участков характеризуются невысокими показателями численности микромицетов, а наименьшее их количество, не превышающее 500 КОЕ/г почвы и постепенно снижающееся с глубиной, отмечено в субстрате шламохранилища (рис. 6, а). Наибольшего развития получил ценоз микроскопических грибов почв посттехногенных экосистем участков № 2-4, в генетических горизонтах которых превышение показателей численности по отношению к субстрату шламохранилища составляло 15-40 раз.

Следует отметить, что в субстрате с признаками почвообразования участка, расположенного на склоне породного отвала не установлено статистически достоверных отличий численности микроскопических грибов между генетическими горизонтами, что вероятно может объясняться однородностью эдафических условий. В черноземе обыкновенном отмечено уменьшение в среднем в 2,9 раз количества микромицетов при прохождении вниз по почвенному профилю, что, скорее всего, связано с обогащением верхнего лучше гумусированного слоя почвы источниками питательных веществ и энергии, и с более благоприятными условиями аэрации, кислотности, влажности и температурного режима.

С увеличением длительности мониторинговых исследований статистически достоверное снижение численности микромицетов по сравнению с весенним периодом отмечено нами только в субстрате шламохранилища и нижележащих почвенных горизонтах остальных участков (рис. 6, б, в). По нашему мнению, это обуславливается поступлением в верхние слои почвы трудногидролизующих растительных остатков, являющихся субстратом для почвенных микроскопических грибов. Таким образом, в почвах антропогенно трансформированных экосистем формируются специфические микробные консорции пионерного типа, осуществляющие биохимическую трансформацию и деструкцию минеральных и сложных органических веществ техноземов, что способствует нарастанию биогеохимической активности данных экосистем.

Одним из показателей биологической активности почвы служит ее целлюлозоразрушающая способность, свидетельствующая о темпах превращения растительных остатков в почве. Анализ данных табл. 3 позволил установить, что блок целлюлозоразрушающих микроорганизмов является наименее представленным в микробоценозе почв мониторинговых участков.

Наряду с этим, субстрат шламохранилища характеризовался минимальными показателями численности микроорганизмов – деструкторов целлюлозы, которые практически не изменялись по почвенным слоям во все периоды исследований. В почвах участков с явно выраженным гумусоаккумулятивным горизонтом количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов превышало аналогичные показатели верхнего слоя субстрата шламохранилища в 3,6-7,8 раз.

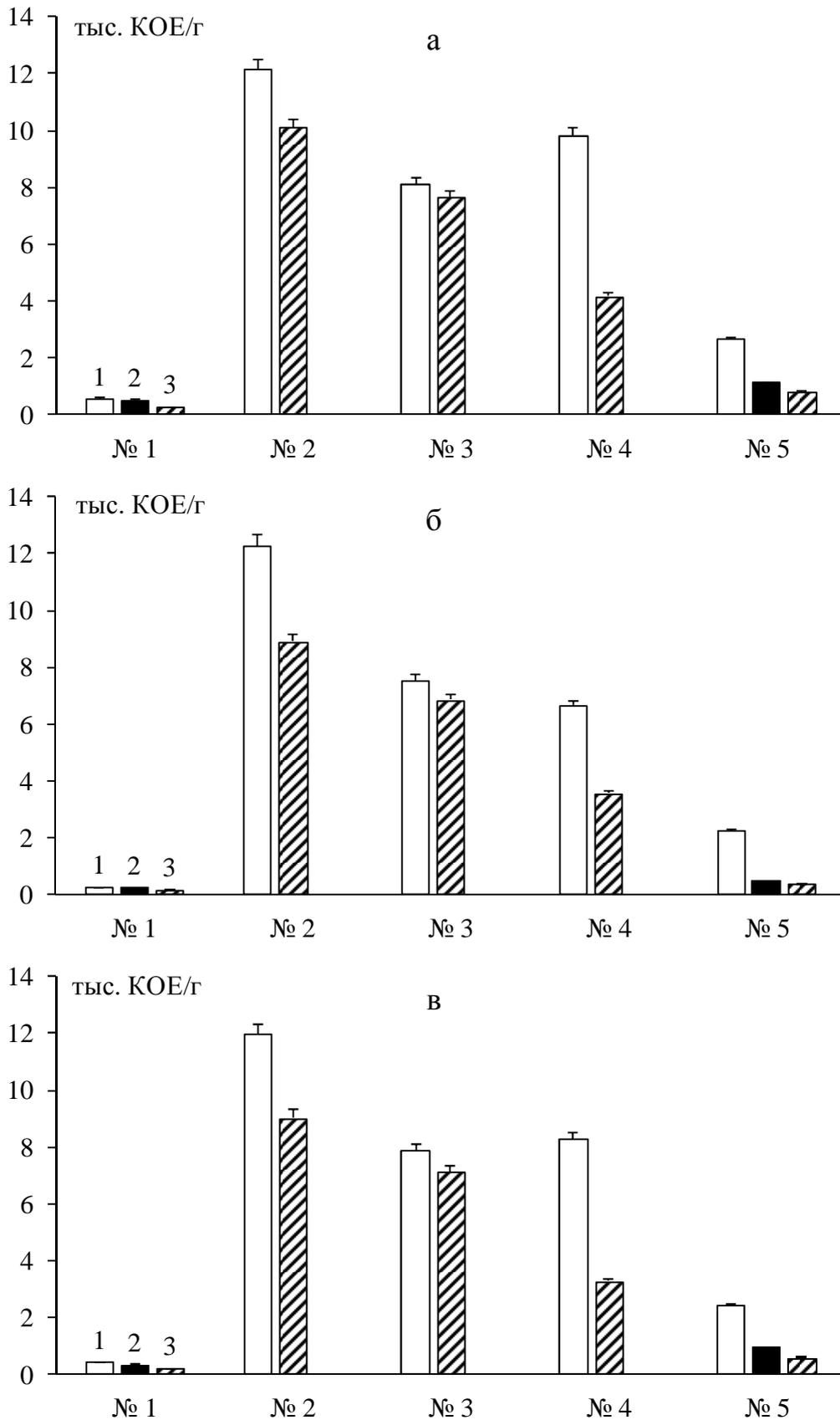


Рис. 6. Численность микромицетов (тыс. КОЕ/г а.с.п.) почв антропогенно трансформированных экосистем (а – весна, б – лето, в – осень):
 1 – горизонт Н (для участка № 1, слой 0-10 см), 2 – горизонт Нр (для участка № 1, слой 10-20 см),
 3 – горизонт Р (для участка № 1, слой 20-30 см)

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов (тыс. КОЕ/г а.с.п.) почв антропогенно трансформированных экосистем

Участок	Весна		Лето		Осень	
	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%
№ 1 0-10 см	0,06±0,004*	–	0,04±0,009	–	0,05±0,003	–
№ 1 10-20 см	0,03±0,008*	–	0,02±0,003	–	0,02±0,001	–
№ 1 20-30 см	0,01±0,003*	–	0,01±0,002	–	0,01±0,001	–
№ 2 Н	0,47±0,07*	783,3	0,25±0,01*	625,0	0,29±0,002*	580,0
№ 2 Р	0,39±0,06*	3900,0	0,3±0,008*	3000,0	0,27±0,03*	2700,0
№ 3 Н	0,12±0,05*	200,0	0,07±0,003*	175,0	0,09±0,004*	180,0
№ 3 Р	0,08±0,01*	800,0	0,04±0,001*	400,0	0,06±0,002*	600,0
№ 4 Н	0,25±0,004*	416,7	0,13±0,01*	325,0	0,18±0,02*	360,0
№ 4 Р	0,16±0,007*	1600,0	0,09±0,004*	900,0	0,12±0,01*	1200,0
№ 5 Н	0,31±0,06*	516,7	0,23±0,006*	575,0	0,26±0,03*	520,0
№ 5 Нр	0,17±0,04*	566,7	0,09±0,005*	450,0	0,14±0,009*	700,0
№ 5 Р	0,09±0,007*	900,0	0,04±0,004*	400,0	0,08±0,004*	800,0

В целом же по количеству целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы мониторинговых участков располагаются в следующем убывающем ряду: примитивные неразвитые почвы на песчанике > чернозем обыкновенный среднemosный суглинистый > примитивные седиментационные неразвитые почвы > субстрат с признаками почвообразования на склоне породного отвала > субстрат с признаками почвообразования шламохранилища.

Наряду с чашечным методом определения целлюлозоразрушающей способности почв используется и аппликационный метод, основанный на измерении микробиологического разложения ткани за определенный временной промежуток.

Анализ полученных результатов свидетельствует о наиболее высоком уровне целлюлозолитической активности примитивных седиментационных неразвитых почв зоны выполаживания породного отвала, доходящей до 60 % (рис. 7).

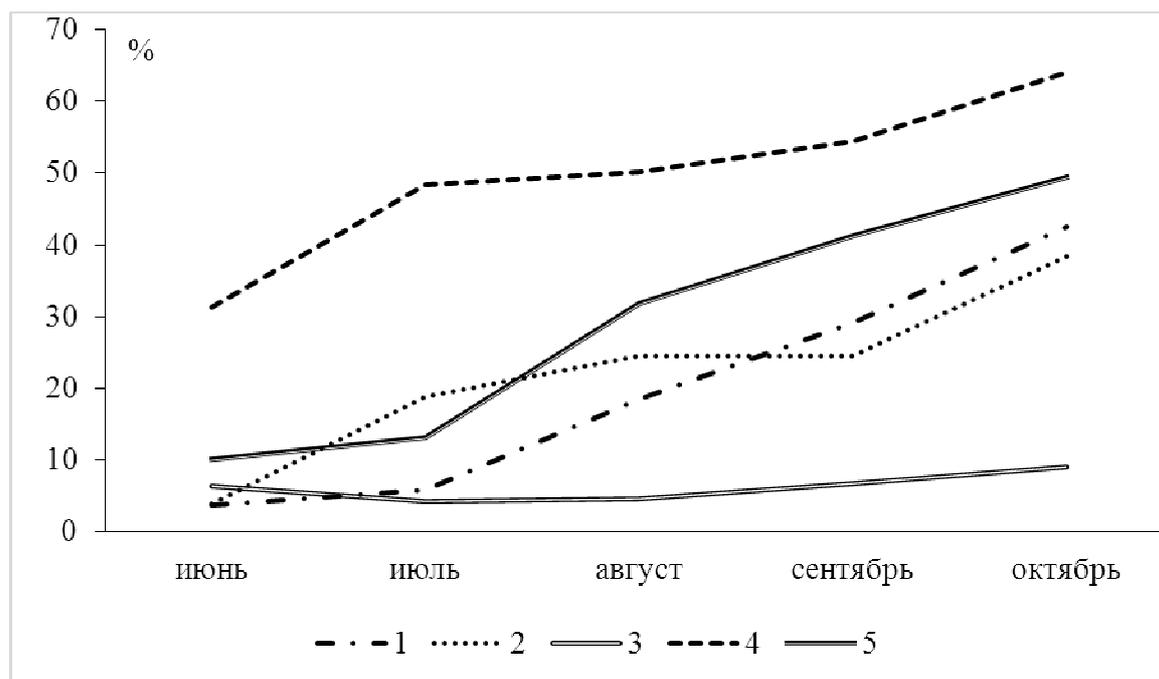


Рис. 7. Интенсивность целлюлозолитической активности почв (%):
1 – участок № 1, 2 – участок № 2, 3 – участок № 3, 4 – участок № 4, 5 – участок № 5

Исследования сезонной динамики изменений активности в исследованных эдафотопках показывают, что самый низкий уровень целлюлозолитической активности микроорганизмов установлен в июне во всех исследованных почвенных разрезах. Возрастание целлюлозолитической активности наблюдалось уже с июля и на разных мониторинговых участках имело неоднозначный характер. Так, если в субстрате шламоохранилища и в черноземе обыкновенном наблюдалась практически линейная зависимость, то в почвах других участков отмечаемое повышение активности чередовалось с выходами на плато. Наиболее существенное возрастание целлюлозолитической активности характерно для участков № 4 и 5, что свидетельствует о более активной деятельности микроорганизмов, а значит – и о большей доступности элементов минерального питания для растений.

Выводы

Установлено, что в генетических горизонтах примитивных неразвитых почв на песчанике и примитивных седиментационных неразвитых почв общая численность микроорганизмов максимальна и в 6-15 раз превышает аналогичные показатели субстрата шламоохранилища. Наряду с этим, численность стрептомицетов почв всех мониторинговых участков находится на крайне низком уровне, что является косвенным свидетельством низкой концентрации органического вещества в почвенном субстрате, необходимого для жизнедеятельности изучаемых микроорганизмов.

Анализ сезонной динамики численности микромицетов показал, что наибольшего развития ценоз микроскопических грибов получил в почвах посттехногенных экосистем, в генетических горизонтах которых превышение показателей численности составляло 15-40 раз по отношению к субстрату шламоохранилища.

Блок целлюлозоразрушающих микроорганизмов является наименее представленным в микробоценозе почв мониторинговых участков. Однако зафиксированная целлюлозолитическая активность эдафотопов доходит до 60%. Наиболее существенное ее возрастание характерно для примитивных седиментационных неразвитых почв и чернозема обыкновенного, что свидетельствует о более активной деятельности микроорганизмов, а значит – и о большей доступности элементов минерального питания для растений.

Список литературы

1. Артамонова В. С. Особенности микробиологических свойств почв урбанизированных территорий / В. С. Артамонова // Сибирский экол. журн. – 2002. – № 3. – С. 349-354.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Евдокимова Г. А. Микробный компонент природных и техногенных систем Севера / Г. А. Евдокимова // Геоэкология. – 2002. – № 3. – С. 237-242.
4. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
5. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и интродукция почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев. – Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
6. Лобков В. Т. Биоразнообразие в агроэкосистемах как фактор оптимизации биологической активности почвы / В. Т. Лобков // Почвоведение. – 1999. – № 6. – С. 732-737.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
8. Микробные сообщества черноземов и фитотоксичность почв свекловичных севооборотов / [Н. В. Безлер, Д. И. Щеглов, Е. В. Куликова и др.] // Вестник ВГУ. Сер. Химия, Биология, Фармация. – 2006. – № 1. – С. 96-103.
9. Назаренко І. І. Ґрунтознавство / І. І. Назаренко, С. М. Польчина, В. А. Нікорич. – Чернівці : Книги-XXI, 2004. – 400 с.

10. Полупан М. І. Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко. – К. : Аграрна наука, 2005. – 300 с.
11. Почвенный микробиоценоз как показатель стабильности луговых сообществ при химическом загрязнении среды тяжелыми металлами / [И. Б. Ившина, Л. В. Костина, Т. Н. Каменских и др.] // Экология. – 2014. – № 2. – С. 83-90.
12. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів : навч. посібник / Ю. Г. Приседський. – Донецьк : Касіопія, 1999. – 210 с.
13. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н. С. Егорова. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
14. Сезонная динамика развития микробиоценозов и комплексов беспозвоночных на отвалах вскрышных пород Бородинского бурогольного разреза (КАТЭК) / [А. В. Богородская, Е. Н. Краснощёкова, О. В. Трефилова и др.] // География и природные ресурсы. – 2010. – № 4. – С. 36-45.

Syshchykov D. V., Agurova I. V., Syshchykova O. V. Features of processes of microbiological mobilization of nitrogen and carbon compounds in the edaphotopes of technogenous disturbed lands. – As a result of the carried out researches is established the maximum microorganism's quantity in the horizons of primitive soils on sandstone and the sedimentary undeveloped soils. The cenosis of microscopic fungi was greatest in the soils of post-technogenous ecosystems. The block of cellulose-destroying microorganisms is the least represented in the soil microbiocenosis of monitoring areas. The increase in the cellulolytic activity of edaphotopes for primitive sedimentary undeveloped soils and chernozem usual was recorded.

Key words: technogenic soils, edaphotope, microorganisms, cellulolytic activity, streptomycetes, micromycetes.

УДК 582.284 : 577.151.52

© О. В. Чемерис, Ю. Г. Купцова, М. И. Бойко

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕРОДНОГО ПИТАНИЯ НА СИНТЕЗ ПРОТЕИНАЗ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ШТАММАМИ ГРИБА *IRPEX LACTEUS*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

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

Чемерис О. В., Купцова Ю. Г., Бойко М. И. Влияние различных источников углеродного питания на синтез протеиназ молокосвертывающего действия штаммами гриба *Irpex lacteus*. – Исследовано влияние пяти источников углеродного питания на синтез экзопротеиназ молокосвертывающего действия двумя штаммами *Irpex lacteus* 2421 и 2424. Установлено, что для штамма *I. lacteus* 2421 оптимальным источником углерода является глюкоза и фруктоза, а для штамма *I. lacteus* 2424 – глюкоза.

Ключевые слова: базидиомицет *Irpex lacteus*, молокосвертывающая (сычужная) активность, оптимизация состава питательной среды, углеродное питание.

Введение

Базидиальные грибы – перспективные объекты биотехнологии. Это обусловлено их способностью синтезировать внеклеточные ферменты, характеризующиеся высокой активностью и стабильностью. По количеству и производительности энзимов их можно поставить на одну ступень с микроорганизмами, которые применяются в различных отраслях промышленности [3]. Оптимизация биотехнологических условий культивирования позволяет интенсифицировать процесс синтеза ферментов мицелиальными грибами. Наличие в среде источника питания, создание оптимальной температуры, влажности, реакции среды определяют синтетическую активность продуцентов [1, 14, 15].

Ведутся активные научные работы по поиску лучших компонентов питательных сред, которые также имеют влияние на синтез ферментов, улучшая или ухудшая, ускоряя или замедляя, или, даже, и вовсе прекращая их выработку. При выращивании штаммов гриба *Lentinus edodes* оптимальным источником углеродного питания являлась лактоза, а использование маннозы приводило к значительному снижению ферментативной активности [14]. Для культивирования штамма Б-263 М-81 *Hirschioporus laricinus* с целью получения протеиназ молокосвертывающего действия необходимо использовать глюкозу, фруктозу, крахмал ксилозу и мальтозу, а для накопления биомассы – ксилозу, фруктозу, глюкозу и мальтозу [6]. Установлено, что при изучении динамики молокосвертывающей активности некоторых штаммов гриба *Irpex lacteus* лучшим источником углеродного питания является глюкоза, а также крахмал и ксилоза [5]. Для роста гриба *Hirschioporus abietinus* наилучшими источниками углеродного питания оказались маннит, сахароза, мальтоза, сорбит, ксилоза. Слабое влияние на рост гриба оказывают инулин, галактоза, лактоза [7]. Культура *Aspergillus awamori*, которая является активным продуцентом протеолитических ферментов молокосвертывающего действия, более активно синтезирует соответствующие метаболиты при использовании в качестве источника азота казеина, а углерода – крахмала [4].

Важной задачей является подбор оптимальных источников углеродного питания для каждого из исследуемых штаммов грибов [12, 18]. Эти показатели являются строго индивидуальными и влияют не только на физиологические показатели, но и на синтез соответствующих метаболитов. В связи с этим был проведен поиск оптимального углеродного компонента питательной среды для культивирования штаммов *Irpex lacteus* 2421 и 2424 – продуцентов ферментов молокосвертывающего действия.

Материал и методы исследования

Для исследования молокосвертывающей активности (МСА) культуральной жидкости (КЖ) штаммы *I. lacteus* 2421 и 2424 культивировали глубинным способом в статических условиях на жидкой глюкозо-пептонной питательной среде [13] следующего состава (г/л):

глюкоза – 10, пептон – 3, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5, KH_2PO_4 – 0,6, K_2HPO_4 – 0,4, $CaCl_2$ – 0,05, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,001 (реактивы фирмы «Реахим», Россия). Источник углерода – глюкозу заменяли фруктозой, сахарозой, галактозой и мальтозой в количестве эквивалентном содержанию углерода глюкозы в питательной среде. Кислотность питательной среды доводили до значения pH 4,5 с помощью 10%-го раствора HCl. Культивирование штаммов осуществляли при температуре 32°C, оптимальной для роста. Определение молокосвертывающей активности культуральной жидкости проводили через каждые 5 суток, начиная с 5-х по 25-е сутки культивирования по методу Kawai и Mukai [17]. За единицу молокосвертывающей 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, 11].

Содержание белка в культуральной жидкости определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-46 (ЛОМО) [8], используя формулу Лайне [19]. Накопление абсолютно сухой биомассы определяли весовым методом [9]. pH культуральной жидкости измеряли с помощью анализатора ионов AI-123 (ДЕСКК, Украина).

Все исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли дисперсионным анализом, а сравнение средних арифметических величин – по критерию Дункана [10].

Результаты и обсуждение

В результате исследований было установлено, что штаммы *I. lacteus* 2421 и 2424 способны к синтезу экзофермента молокосвертывающего действия при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода (рис. 1). На 5-е сутки культивирования штамма 2421 на питательных средах, содержащих в качестве источника углеродного питания фруктозу, сахарозу и мальтозу, наблюдалась высокая МСА КЖ, превышающая значения ферментативной активности КЖ при использовании глюкозы и галактозы. Значения МСА культуральной жидкости на питательной среде с фруктозой были наибольшими в период с 5-х по 15-е сутки культивирования. При этом значения молокосвертывающей активности культуральной жидкости в пределах 145-150 Е/мл находились на уровне ферментативной активности штамма 2421 на 15-е сутки культивирования на среде с глюкозой.

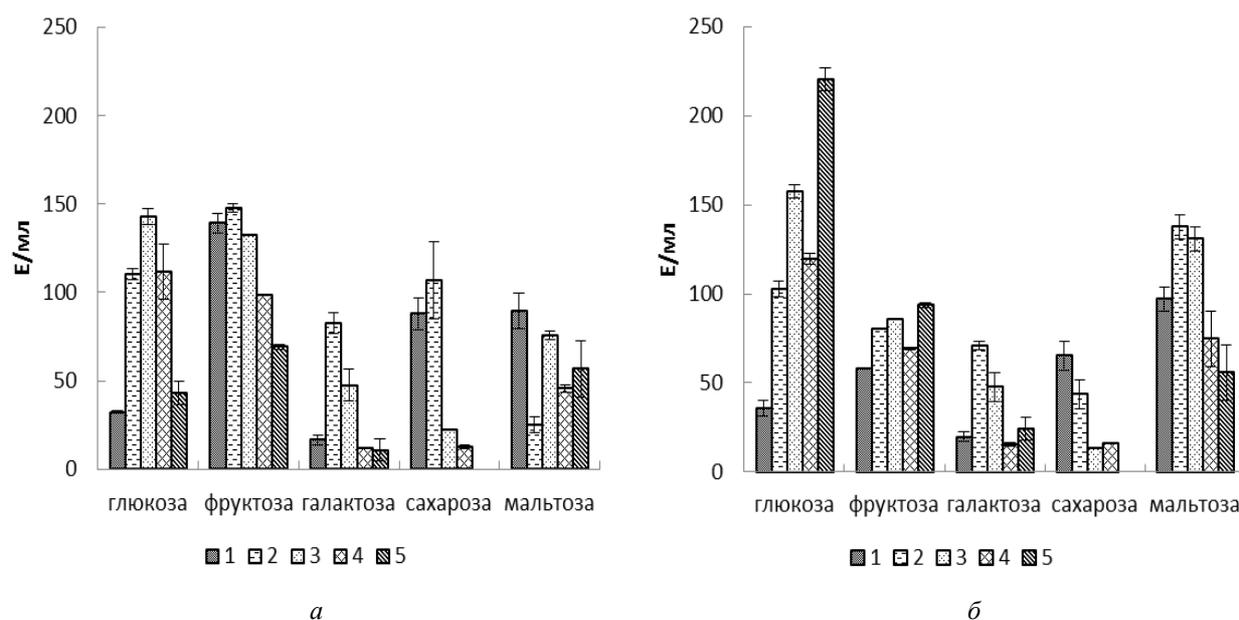


Рис. 1. Молокосвертывающая активность культуральной жидкости штаммов *Irepex lacteus* 2421 (а) и 2424 (б) при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода: 1 – 5 сутки, 2 – 10 сутки, 3 – 15 сутки, 4 – 20 сутки, 5 – 25 сутки

Молокосвертывающая активность штамма *I. lacteus* 2421 при культивировании на питательных средах, содержащих в качестве источника углерода галактозу, мальтозу и сахарозу, была ниже по сравнению с глюкозой и фруктозой. Так, при использовании галактозы и сахарозы максимальная МСА культуральной жидкости штамма 2421 отмечена на 10-е сутки. Значения ферментативной активности КЖ составляли 82 и 107 Е/мл соответственно. В случае использования мальтозы максимальные значения МСА КЖ зарегистрированы на 5-е и 15-е сутки культивирования. Молокосвертывающая активность культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2421 на 20-е и 25-е сутки значительно снижалась по всем вариантам питательных сред.

При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательной среде с глюкозой отмечена максимальная молокосвертывающая активность культуральной жидкости – 160 Е/мл на 15-е сутки и 225 Е/мл на 25-е сутки (см. рис. 1, б). При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательных средах с галактозой и сахарозой молокосвертывающая активность культуральной жидкости была минимальна. Причем со временем культивирования ферментативная активность КЖ значительно снижалась. Полученные данные свидетельствуют о негативном влиянии галактозы и мальтозы на синтез экзоферментов молокосвертывающего действия штаммом *I. lacteus* 2424.

При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательной среде, содержащей мальтозу, молокосвертывающая активность культуральной жидкости на 10-е сутки находилась на уровне 137 Е/мл и была стабильной до 15-х суток. Полученные данные превышают значения молокосвертывающей активности культуральной жидкости на 10-е сутки культивирования штамма 2424 на питательной среде с глюкозой в качестве источника углеродного питания. Это может указывать на возможность использования мальтозы в качестве альтернативного источника углеродного питания для культивирования данного штамма. Однако необходимо оптимизировать состав компонентов питательной среды по отношению С : N и микроэлементам.

На рис. 2 представлено изменение содержания белка в культуральной жидкости исследуемых штаммов *I. lacteus* при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода.

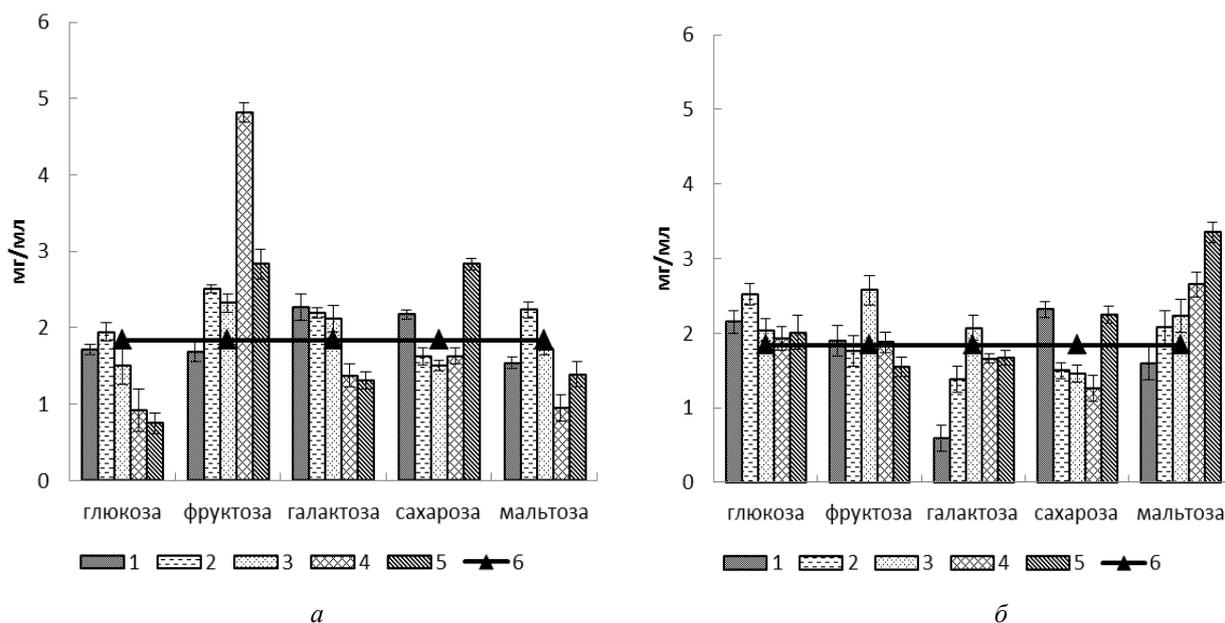


Рис. 2. Содержание белка в культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* 2421 (а) и 2424 (б) при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода: 1 – 5 сутки, 2 – 10 сутки, 3 – 15 сутки, 4 – 20 сутки, 5 – 25 сутки, 6 - контроль

Нужно отметить, что каждый штамм проявил индивидуальную изменчивость по данному показателю. Так, установлено, что при культивировании штамма *I. lacteus* 2421 на питательной среде с глюкозой содержание белка было на уровне контроля (исходное содержание белка в питательной среде 1,84 мг/мл) или ниже. В этот период отмечены максимальные значения молокосвертывающей активности культуральной жидкости. Это свидетельствует о том, что происходил одновременный синтез ферментов молокосвертывающего действия и потребление белка из питательной среды продуцентом. При использовании фруктозы в качестве источника углерода содержание экзобелка в КЖ штамма 2421 было выше контроля, что указывает на преобладание процессов биосинтеза белков над потреблением белкового азота из питательной среды.

При использовании галактозы, сахарозы и мальтозы при культивировании штамма *I. lacteus* 2421 содержание белка в культуральной жидкости постепенно снижалось, что указывает на низкую скорость биосинтетических процессов и преобладание процессов потребления. Именно для этих вариантов углеродных источников отмечено снижение молокосвертывающей активности культуральной жидкости в соответствующий период культивирования (см. рис. 1, а).

При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательной среде, содержащей глюкозу, содержание белка в культуральной жидкости находилось на уровне контроля в период максимальных значений ферментативной активности. Это также может указывать на активный синтез фермента молокосвертывающего действия. При культивировании данного штамма на питательной среде с мальтозой содержание белка в культуральной жидкости находилось на уровне контроля также в период максимальных значений молокосвертывающей активности. К 25-м суткам культивирования содержание белка в КЖ значительно возрастало, а ферментативная активность снижалась. Это указывает на то, что происходил синтез белков иной функциональной направленности.

Нужно отметить, что при культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательной среде с фруктозой, галактозой и сахарозой низкое содержание белка наблюдалось в период низкой активности молокосвертывающего фермента.

На рис. 3 представлено накопление биомассы штаммами *I. lacteus* 2421 и 2424 по показателю абсолютно сухой биомассы.

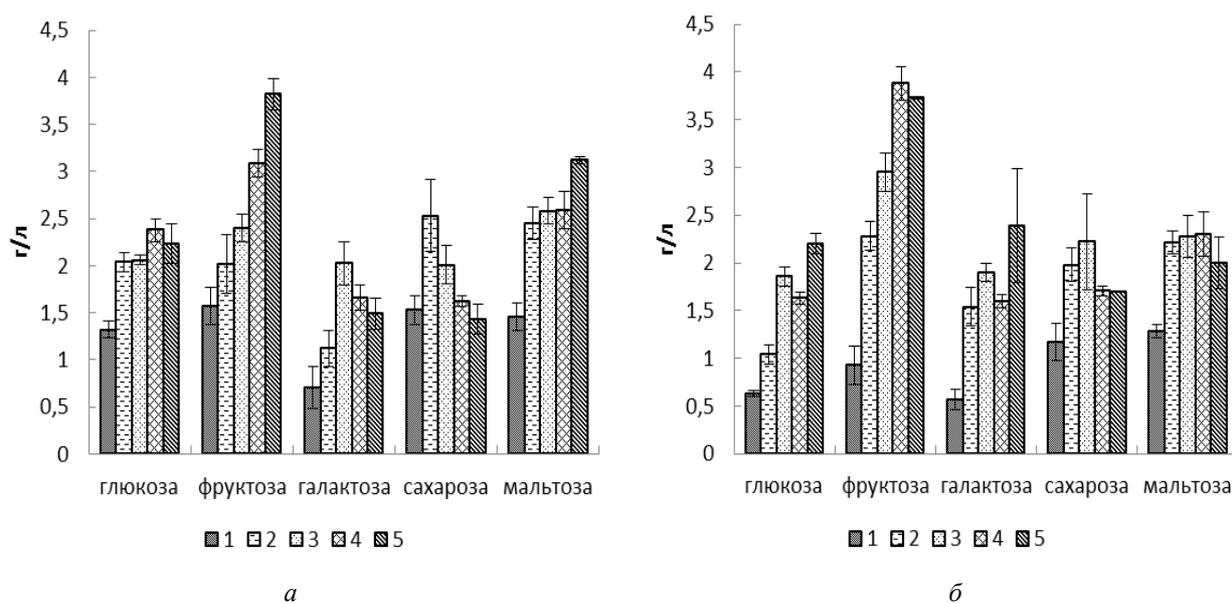


Рис. 3. Накопление абсолютно сухой биомассы штаммами *Irpex lacteus* 2421 (а) и 2424 (б) при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода: 1 – 5 сутки, 2 – 10 сутки, 3 – 15 сутки, 4 – 20 сутки, 5 – 25 сутки

Установлено, что при культивировании штамма *I. lacteus* 2421 на питательных средах, содержащих глюкозу и фруктозу, максимальные значения молокосвертывающей активности наблюдались на экспоненциальной фазе роста. При культивировании данного штамма на средах с галактозой и сахарозой фаза отмирания мицелия наступала с 20-х суток. Именно в этот период наблюдалось резкое снижение ферментативной активности культуральной жидкости. При использовании мальтозы в качестве источника углерода экспоненциальная фаза роста мицелия наблюдалась до 25-х суток культивирования.

При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательных средах с глюкозой, галактозой и сахарозой, экспоненциальная фаза роста наблюдалась с 5-х по 15-е сутки, при использовании фруктозы – до 20-х суток, а в варианте с мальтозой – до 10-х суток роста (см. рис. 3, б). Очевидно, что активный синтез молокосвертывающего фермента осуществлялся в период активного роста штамма *I. lacteus* 2424, что соответствует литературным данным [16].

Максимальный выход биомассы мицелия отмечен при использовании фруктозы в качестве источника углерода для двух исследуемых штаммов *I. lacteus*.

Как видно на рис. 4, значение кислотности культуральной жидкости при культивировании штамма *I. lacteus* 2421 с содержанием глюкозы и фруктозы было ниже контрольного (исходного) рН. При использовании в качестве источника углеродного питания галактозы, сахарозы и мальтозы значение рН постепенно увеличивалось до 6. При культивировании штамма *I. lacteus* 2421 на питательной среде с фруктозой зарегистрированы наиболее низкие значения рН КЖ – 3,8. Причем именно в этот период наблюдались высокие значения молокосвертывающей активности культуральной жидкости.

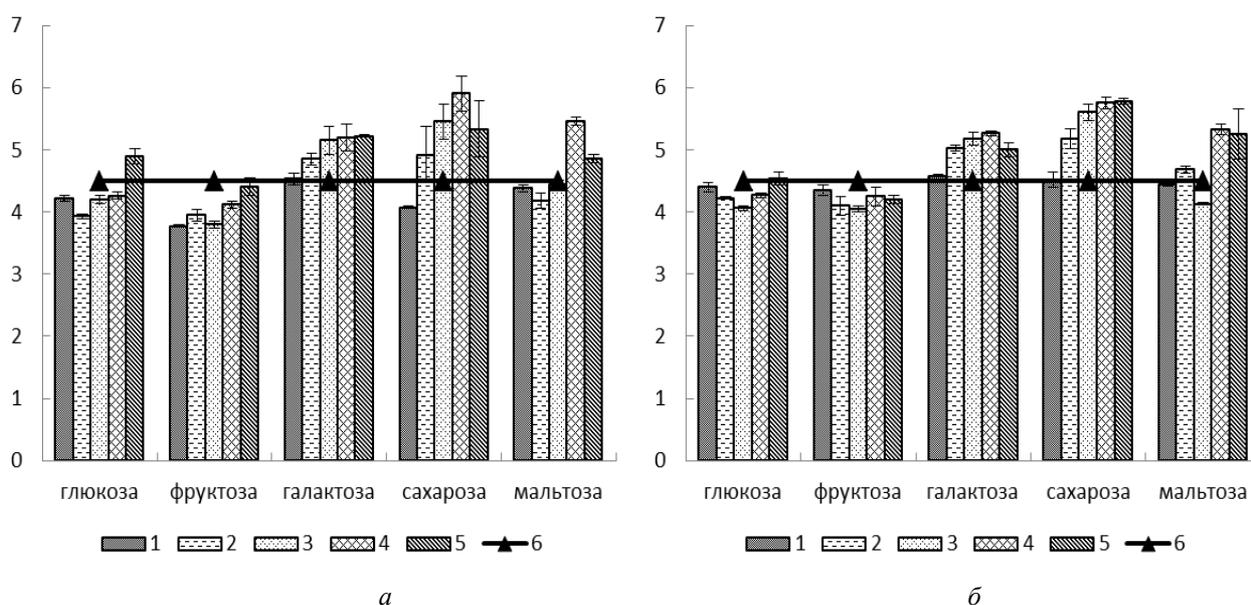


Рис. 4. рН культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* 2421 (а) и 2424 (б) при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода: 1 – 5 сутки, 2 – 10 суток, 3 – 15 суток, 4 – 20 суток, 5 – 25 суток, 6 – контроль

При культивировании штамма *I. lacteus* 2424 на питательных средах с содержанием фруктозы и глюкозы рН культуральной жидкости находилось на постоянном ниже контрольных значений уровне. На 5-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* 2424 на питательных средах, содержащих сахарозу, галактозу и мальтозу, кислотность находилась на уровне контрольного значения. Дальнейшее культивирование штамма *I. lacteus* 2424 приводило к повышению рН до уровня 6. Следует отметить, что в данный период наблюдались невысокие значения молокосвертывающей активности культуральной жидкости.

Выводы

Полученные данные свидетельствуют о том, что штаммы гриба *I. lacteus* проявляют индивидуальные особенности биосинтеза молокосвертывающего фермента и требуют подбора условий культивирования. Наиболее оптимальным источником углерода для культивирования штамма *I. lacteus* 2421 является глюкоза и фруктоза, для штамма *I. lacteus* 2424 – глюкоза.

Список литературы

1. Антоненко Л. О. Вплив джерел живлення на ріст грибів роду *Coriolus* Quel (*Trametes* Fr.) і їх антиокислювальну активність / Л. О. Антоненко, В. М. Кучма, Ю. С. Крисюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 3. – С. 10-15.
2. Белки, ферменты и стерины базидиальных грибов. Методы исследования / Под ред. О. П. Низковской. – Л. : Наука, 1979. – 72 с.
3. Белова Н. В. Некоторые перспективные направления биотехнологии базидиомицетов / Н. В. Белова, И. И. Шамолина // Микология и фитопатология. – 2013. – Т. 47, вып. 2. – С. 73-82.
4. Блilieва Р. К. Влияние различных источников азота и углерода на биосинтез протеолитических ферментов у культуры *Aspergillus awamori* 21/96 / Р. К. Блilieва, Ж. Е. Сафуани, Ж. А. Искакбаева // Прикл. биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, вып. 2. – С. 213-216.
5. Бойко С. М. Біологічні особливості штамів *Irpex lacteus* Fr. – продуцентів протеїназ молокозсідальної дії : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.21 «Мікологія» / С. М. Бойко. – К., 2002. – 20 с.
6. Влияние различных источников углеродного питания на молокосвертывающую активность *Hirschioporus laricinus* / [М. И. Бойко, С. Ф. Негруцкий, О. В. Федотов, В. А. Полях] // Философские и естественно-научные аспекты антропологии. – СПб. – Донецк, 1992. – С. 117-120.
7. Исследование потребностей *Hirschioporus abietinus* в источниках углеродного и азотного питания / [С. Ф. Негруцкий, О. А. Криводубский, Л. П. Фильчаков, Т. А. Потапова] // Микология и фитопатология. – 1982. – Т. 16, вып. 3. – С. 236-241.
8. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии / Г. А. Кочетов. – М. : Высшая школа, 1980. – 272 с.
9. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М. : Колос, 1968. – 469 с.
10. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів : навч. посібник / Ю. Г. Приседський. – Донецьк : Кассиопея, 1999. – 210 с.
11. Типограф Д. Я. Условия культивирования гриба *Aspergillus candidus*, шт. 111 и его ферментативные комплексы / Д. Я. Типограф, Т. А. Петина // Прикл. биохимия и микробиология. – 1966. – Т. 2, № 4. – С. 417-424.
12. Федорова Л. Н. Влияние источников углеродного питания на молокосвертывающую активность микоризного гриба / Л. Н. Федорова, Т. Н. Дроздова // Микология и фитопатология. – 1982. – Т. 16, вып. 2. – С. 133-138.
13. Федорова Л. Н. Протеазы сычужного действия в культурах высших грибов / Л. Н. Федорова, А. Н. Шиврина // Микология и фитопатология. – 1974. – Т. 8, № 1. – С. 22-25.
14. Цивилева О. М. Влияние состава среды культивирования на активность внеклеточных лектинов / О. М. Цивилева, В. Е. Никитина, Л. В. Гарибова // Прикл. биохимия и микробиология. – 2005. – Т. 41, вып. 2. – С. 200-203.
15. Чемерис О. В. Оптимизация состава питательной среды для культивирования штамма *Irpex lacteus* 2432 – продуцента протеиназ молокозсвертывающего действия / О. В. Чемерис, А. А. Ильина, М. И. Бойко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3–4. – С. 85-90.

16. Штаммовая изменчивость синтеза специфических молокосвертывающих протеиназ у базидиального гриба *Irpex lacteus* / [О. В. Чемерис, В. В. Рашевский, К. А. Галкова, М. И. Бойко] // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология. – 2016. – № 4. – С. 45-49.

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

18. *Elisashvili V. I.* Carbon and nitrogen source effects on basidiomycetes exopolysaccharide production / V. I. Elisashvili, E. T. Kachlishvili, S. P. Wasser // Прикл. биохимия и микробиология. – 2009. – Т. 45, вып. 5. – С. 592-596.

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

***Chemeris O. V., Kuptsova Yu. G., Boyko M. I.* Influence of various sources of carbon nutrition on the synthesis of milk-clotting proteinases by fungus *Irpex lacteus*.** – The effect of five sources of carbon nutrition on the synthesis of milk-clotting exoproteinases by two strains of *Irpex lacteus* 2421 and 2424 was studied. It was established that the optimal source of carbon is glucose and fructose for strain *I. lacteus* 2421, and glucose for strain *I. lacteus* 2424.

Key words: basidiomycete *Irpex lacteus*, milk-clotting (rennet) activity, optimization of nutrient medium composition, carbon nutrition.

УДК 542.934.8

© Р. А. Капшук

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЦИЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА
ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВАКУУМОМ И УЛЬТРАЗВУКОМ**

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

Капшук Р. А. Исследование формирования фаций сыворотки крови человека после воздействия вакуумом и ультразвуком. – В работе представлены результаты исследований по формированию фаций сыворотки крови, образующихся в вакууме и после воздействия ультразвуком. Показано, что исследованные физические воздействия могут расширить возможности метода клиновидной дегидратации для ранней диагностики определенных видов заболеваний.

Ключевые слова: сыворотка крови, дегидратация, фация, вакуум, ультразвук.

Введение

Изучение процессов и структур, которые происходят при дегидратации «сидячей» капли и приводят к формированию фаций (сухого остатка на подложке), привлекают внимание исследователей, как с медицинской, так и с технологической точек зрения.

В частности, актуальным является поиск качественных маркеров, по которым можно будет диагностировать определенные виды заболеваний, а также способов количественной обработки фаций, сформированных различными биологическими жидкостями методом клиновидной дегидратации после выпадения сухого остатка.

Одним из научных направлений в данной области является исследование процессов дегидратации различных белково-солевых растворов с целью анализа и понимания процессов, приводящих к структурному упорядочению сухого остатка на гладкой поверхности.

По данным литературы [1] данный метод является наиболее простым способом формирования упорядоченных структур из наночастиц. В частности, с помощью этого метода получают коллоидные кристаллы из оксидов и полимеров [1].

Одним из интенсивно разрабатываемых научных направлений в области формирования упорядоченных структур является исследование влияния различных внешних физических воздействий на особенности формирования фаций. Исследования проводятся как на модельных растворах, так и на биологических жидкостях (сыворотка крови, слюна, слеза, ликвор и др.) [2-7]. При этом изучают влияние следующих факторов: температуры подложки, контролируемый обдув капли, материала подложки (материалы с гидрофильными или гидрофобными свойствами) и др. В таких исследованиях используют два подхода к постановке эксперимента: *in vivo* и *in vitro*. В первом подходе (*in vivo*) оценку сформировавшейся фации проводят, когда физический фактор воздействует непосредственно на организм (человек или животное), после чего отбирают пробу биологической жидкости и дегидратируют её. Во втором (*in vitro*) оценивают в результате воздействия непосредственно на «сидячую» каплю.

Одним из недостаточно изученных вопросов в исследовании дегидратации биологических жидкостей является формирование структурных портретов фаций в вакууме. Следует отметить работу Л. В. Савиной [8], которая исследовала сыворотку крови в условиях низкого вакуума с целью определения маркеров заболеваний, и работу коллектива авторов [9], изучавших особенности формирования структур в условиях вакуума для использования результатов в технической отрасли.

В области изучения особенностей дегидратации биологических жидкостей имеются данные исследований по воздействию ультразвука на исходный солевой раствор альбумина, а также на щелочной раствор NaOH, с последующим изучением морфологической картины фаций [10]. В этой работе отмечается, что остаточный след микрокапли предварительно озвученного раствора заметно изменяется по сравнению со следом контрольного раствора. Авторами установлено, что после ультразвукового озвучивания, в котором воздействию подвергался белково-солевой раствор альбумина, после дегидратации формировались более яркие структурные картины, а также в центральной части фации формировалась четко выраженная дендритная структура. Также отмечается, что данный метод воздействия можно использовать не только для самосборки микро- и наночастиц, но и для разработки методов медицинской диагностики.

Цель нашей работы – исследовать формирование фаций сыворотки крови человека, образующихся после воздействия вакуумом и ультразвуком *in vitro*.

Материал и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали сыворотку крови условно здоровых и больных панкреатитом мужчин одного возраста.

Для изучения структурообразования фаций в качестве материала подложки применяли покровные стекла с линейными размерами 21×31×0,45 мм. Фации сыворотки крови в вакууме получали с помощью вакуумного универсального поста ВУП-5М, а для формирования фаций под воздействием ультразвука использовали ультразвуковой диспергатор УЗДН-А. Структуру портретов фаций оценивали визуально с помощью оптического микроскопа МБС-10. Для регистрации изображения портретов использовали цифровой фотоаппарат Nikon.

При исследовании структурных портретов фаций сыворотки крови применяли феноменологическое описание морфологической картины. В настоящее время выделяют три зоны фации (центральную – солевую, переходную – в ней концентрируются белки, липиды и соли, а также зону краевого валика – белковую зону) на визуальное наличие которых проверялись фации, полученные в результате экспериментальных исследований. Известно, что в краевой зоне, которая представляет собой выпуклый белковый валик, расположенной на внешнем краю фации, в основном концентрируется белок. В переходной зоне уменьшается концентрация белка и соответственно увеличивается содержание соли. Центральная часть фации представляет собой скопление кристаллов соли. Считается, что кристаллы формируются над тонким слоем белка.

Определяли также наличие следующих видов трещин: глобальные – пересекающие всю поверхность сухого остатка, которые в свою очередь подразделяли на аркообразные, радиальные и поперечные; затем – дуговые, кольцевые, концентрические, штриховые, гребешковые, дендритные, жгутовые, многолучевые и псевдотрещины [11].

Исследование формирования фаций в вакууме проводили следующим образом. Каплю сыворотки крови объемом 10 мкл наносили на покровное стекло непосредственно в рабочем объеме вакуумного поста. Стекла располагали в одной половине чашки Петри, а другой половиной накрывали её. Затем проводили откачивание воздуха до высокого вакуума порядка 10^{-3} Па. Исследуемый материал выдерживался в условиях высокого вакуума в течение 30 минут. При исследовании формирования фаций под воздействием ультразвука исходную сыворотку крови переливали в пробирку, которую размещали в концентратор ультразвукового диспергатора (рис. 1).

Сыворотку крови подвергали ультразвуковому воздействию (22 кГц) в течение 1-й, 2-х и 3-х минут. После каждой дозы воздействия из пробирки микродозатором отбирали 30-40 мкл сыворотки для её раскапывания. Затем, на предварительно подготовленные покровные стекла с линейными размерами 21×31×0,45 мм, наносили 3-4 капли сыворотки крови, каждая объемом 10 мкл.



Рис. 1. Внешний вид ультразвукового диспергатора: 1 - концентратор

Указанная последовательность эксперимента соблюдалась при исследовании сыворотки крови здоровых и больных мужчин.

Результаты и обсуждение

Исследование сыворотки крови больных панкреатитом, подвергшейся воздействию вакуума, показало, что основные процессы дегидратации проходили в период получения предварительного вакуума. При этом, после того как в центральной части фации образовывался холмик, изначально прозрачный, через 60-80 секунд он становился матовым. Микроскопические исследования показали, что существуют явные визуальные различия в структуре полученных фаций сыворотки крови здоровых и больных панкреатитом мужчин.

Для всех исследованных сывороток крови здоровых и больных мужчин наблюдалось формирование в центральной части фации указанного бугорка. Полученные портреты фаций этой части экспериментальных исследований показаны на рис. 2.

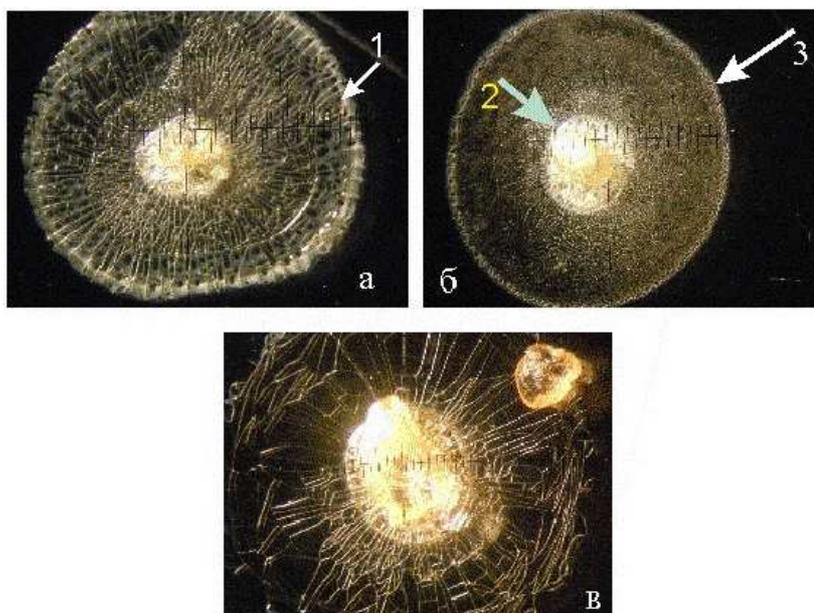


Рис. 2. Фации, сформированные сывороткой крови в вакууме: а – здоровых мужчин, б и в – больных. 1 – конкреция, 2 – бугорок, 3 – краевой валик. Ув.×16

В результате проведенных исследований установлено, что у фации сывороток крови условно здоровых и больных имеются явные визуальные отличия. В частности, у фаций здоровых мужчин наблюдается значительное количество конкреций как в зоне контактного валика, так и переходной зоне фации. В фациях больных панкреатитом формирование конкреций в зоне контактного валика и переходной зоны не наблюдалось. Кроме того, у фаций здоровых наблюдается радиальный характер трещин в области контактного валика, а у фаций больных можно наблюдать мелкую сеть радиальных и кольцевых трещин (см. рис. 2, б).

Процесс формирования фации, образованной сывороткой крови здорового человека, представлен на рис. 3.

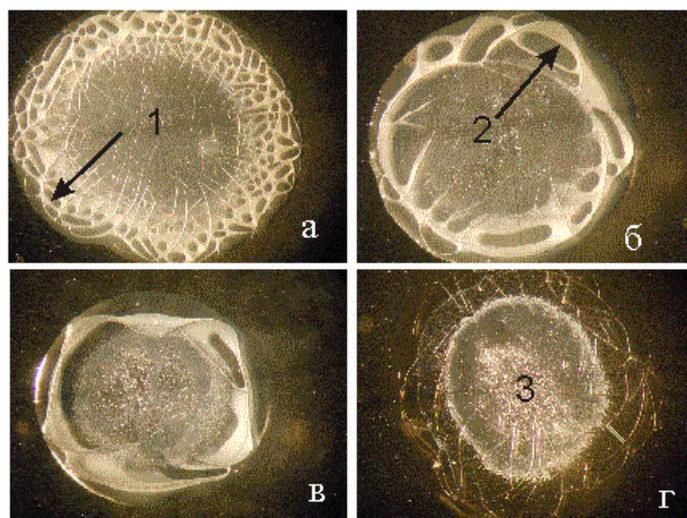


Рис. 1. Фации, образованные сывороткой крови здоровых мужчин:
 а – контрольный образец (без ультразвукового воздействия), б – 1 минута диспергации, в – 2 минуты диспергации, г – 3 минуты диспергации
 1, 2 – конкреции, 3 – солевая зона. Ув.×16

На рисунке видно, что у фаций контрольного образца образуется значительное количество конкреций в области между краевым валиком и центральной, солевой зоной (см. рис. 3, а). Воздействие ультразвуком на сыворотку крови приводит к практически полному исчезновению в поле зрения конкреций либо их сильному укрупнению (см. рис. 3, б, в). При более длительном воздействии ультразвуком наблюдается ярко выраженная солевая область в центральной зоне фации и практически прозрачная белковая область (см. рис. 3, г).

Результаты исследований воздействия ультразвуком на сыворотку крови больных панкреатитом представлены на рис. 4.

Как видно из рис. 4, структурный портрет фации контрольного образца сыворотки крови одного из больных панкреатитом заметно отличается от подобного у здоровых мужчин (см. рис. 3, а), в частности, наличием узкого кольца между переходной и солевой областями фации, а также формированием меньшего количества конкреций (темных пятен круглой формы) в переходной зоне (см. рис. 4, а). Наблюдаются отличия и у фаций, образованных после воздействия ультразвуком. Так, после одной минуты диспергации образовались три светлые кольцевые области (см. рис. 4, б), в которых, по всей видимости, сконцентрировалась солевая составляющая сыворотки крови. Конкреции наблюдаются только в зоне краевого валика (см. рис. 4, б, в). Характерной особенностью фаций сыворотки крови после более длительного воздействия ультразвуком является образование внутренней солевой области без образования конкреций в прозрачной белковой области (см. рис. 4, г).

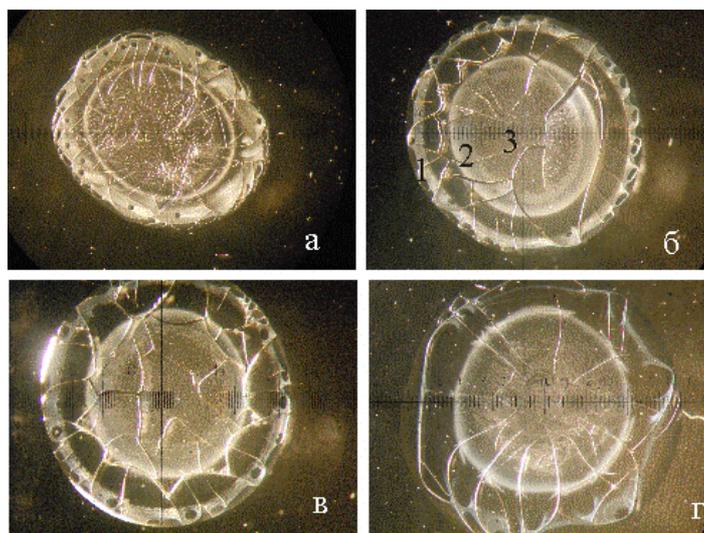


Рис. 2. Фации, образованные сывороткой крови больного № 1:
а – контрольный образец, б – 1 минута диспергации, в – 2 минуты диспергации, г – 3 минуты диспергации
1, 2, 3 – кольцевые области. Ув.×16

Следует отметить, что и у других больных панкреатитом наблюдались подобные структурные портреты фаций сыворотки крови. В качестве примера на рис. 5 представлены портреты фаций, образованные сывороткой крови больного № 2.

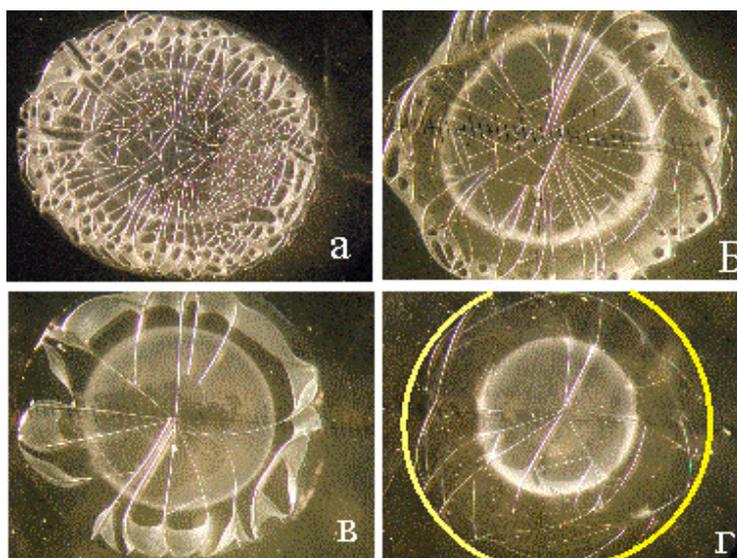


Рис. 3. Фации, образованные сывороткой крови больного № 2:
а – контрольный образец, б – 1 минута диспергации, в – 2 минуты диспергации, г – 3 минуты диспергации
Дугами обозначена граница фации. Ув.×16

Таким образом, воздействие ультразвуком на сыворотку крови здоровых и больных людей приводит к изменению структурного портрета фаций, особенно на формирование конкреций.

Выводы

Проведенные исследования по изучению влияния (*in vitro*) вакуума и ультразвука на сыворотку крови позволили установить особенности формирования морфологических портретов её фаций у здоровых и больных панкреатитом людей. Выявленные различия в структурных портретах фаций сыворотки крови здоровых и больных людей будут учтены при разработке диагностических критериев в дальнейших исследованиях.

Результаты исследований, полученные при дегидратации сыворотки крови в вакууме, могут найти применение для ускорения процесса получения фаций, а ультразвуковое воздействие может быть использовано для управления структурным портретом фаций.

Список литературы

1. Ролдугин В. И. Самоорганизация наночастиц на межфазных поверхностях / В. И. Ролдугин // Успехи химии. – 2004. – Т. 73, № 2. – С. 123-156.
2. Особенности морфологической картины сыворотки крови у больных пожилого возраста с острым инфарктом миокарда / [Шрамко О. Ю., Громов В. В., Гаврилов А. О. и др.] // Аспирантский вестник Поволжья. – 2010. – Вып. 3–4. – С. 240-242.
3. Максимов С. А. Метод определения показателей структур фаций сыворотки крови: обоснование использования в биомедицинских исследованиях / С. А. Максимов // Медицина в Кузбассе. – 2007. – Вып. 3. – С. 41-45.
4. Дементьев К. А. Способ оценки тяжести воспалительных заболеваний органов малого таза методом клиновидной дегидратации сыворотки крови / К. А. Дементьев, С. И. Кулинич // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – Т. 97, № 6. – С. 81-84.
5. Инюткина Н. В. Морфология желчи при возрастных патофизиологических изменениях желчевыводящих путей : дис. ... канд. мед. наук / Н. В. Инюткина. – М., 2002. – 110 с.
6. Возможности применения метода кристаллографии слезы при патологии слезоотводящей системы / [Белоглазов В. Г., Атькова Е. Л., Федоров А. А. и др.] // Вестник офтальмологии. – 2003. – Т. 119, № 4. – С. 49-52.
7. Кристаллографический скрининг слезной жидкости при инволюционной центральной хориоретинальной дистрофии / [Рослякова А. Г., Тюльганова Е. Б., Кабанова И. П., Непомнящих О. А.] // Дальневосточный медицинский журнал. – 2004. – № 4. – С. 56-58.
8. Савина Л. В. Структурообразование сыворотки крови в условиях вакуума / Л. В. Савина // Клиническая лабораторная диагностика. – 1999. – № 11. – С. 48.
9. Mendez-Vilas A. Ultrasmall liquid droplets on solid surfaces : production, imaging and relevance for current wetting research / A. Mendez-Vilas, A. B. Jodar-Reyes, M. L. Gonzalez // Small. – 2009. – Vol. 5 (12). – P. 1366-1390. <http://dx.doi.org/10.1002/sml.200800819>
10. Камарена Ф. Влияние ультразвукового передозвучивания растворов на структурирование следа высохших микрокапель / Ф. Камарена, Ю. Н. Маков // Акустический журнал. – 2011. – Т. 57, № 5. – С. 607-612.
11. Краевой С. А. Диагностика по капле крови. Кристаллизация биожидкостей / В кн. : Кристаллизация сыворотки крови методом открытой капли (угловая дегидратация) / С. А. Краевой, Н. А. Колтовой. – М. – Смоленск, 2016. – 256 с.

Kapshukov R. A. Investigation of the formation of facies of human blood serum after exposure to vacuum and ultrasound. – The paper presents the results of studies on the formation of the facies of blood serum formed in a vacuum and after exposure to ultrasound. It is shown that the investigated physical effects can expand the possibilities of the wedge dehydration method for early diagnosis of certain types of diseases.

Key words: blood serum, dehydration, facies, vacuum, ultrasound.

УДК 616.154 : 577.175.6]-092.9

© Г. А. Фролова¹, С. Л. Кацель²

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ТАМОКСИФЕНА И АНДРОФАРМА НА САМОК И САМЦОВ БЕЛЫХ КРЫС, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УРОВНЮ ДЕПРЕССИВНОСТИ

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: gljukkk@ukr.net

²ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

283050, г. Донецк, ул. Артема, 58

Фролова Г. А., Кацель С. Л. Поведенческие эффекты тамоксифена и андрофарма на самок и самцов белых крыс, отличающихся по уровню депрессивности. – Проведен сравнительный анализ поведения самцов белых крыс при блокировании рецепторов андрогенов (андрофарм 150 мг/кг, 14 дней) и самок при блокировании рецепторов эстрогенов (тамоксифен 10 мг/кг, 14 дней) в тесте «вынужденное плавание» с учетом индивидуальных особенностей животных. Показан антидепрессивный эффект андрофарма на высокодепрессивных в контроле самцов и депрессогенный тамоксифена у самок всех исходных подгрупп депрессивности.

Ключевые слова: эстрогены, андрогены, депрессивность, тест Порсолта.

Введение

Известно, что мужские и женские половые гормоны выступают в качестве модуляторов синаптических процессов в центральной нервной системе [1, 4, 5, 11]. Так, вынужденная или естественная гипоэстрогения / гипоандрогения часто сопровождается комплексом патологических состояний, включая подавленное настроение, тревогу, плаксивость. В некоторых случаях развиваются депрессивные расстройства [1, 8-12]. Однако, в большинстве случаев, научные исследования, направленные на изучение взаимовлияний нервной и гонадной систем, не учитывают индивидуальных особенностей индивида, обуславливающих разную чувствительность к действию как фармакологических агентов, так и ряду других воздействий. В связи с этим представляет собой интерес вопрос об установлении связи между чувствительностью к изменению баланса физиологических эффектов половых стероидов и индивидуально-типологическими особенностями животного организма.

Материал и методы исследования

Эксперимент выполнен на 80 половозрелых лабораторных крысах (40 самцов и 40 самок), содержащихся в стандартных условиях вивария.

Исходный уровень депрессивности лабораторных животных устанавливали с помощью методики «вынужденного плавания» (тест Порсолта) [13]. В условиях данного теста крысы проходили тестирование дважды: перед введением фармакологических агентов (для установления исходных временных характеристик поведения в данном тесте) и после введения блокаторов половых гормонов. На основании исходного (контрольного) тестирования в группах самок и самцов выделили подгруппы, отличающиеся по уровню депрессивности (УД) согласно выраженности маркерного показателя – суммарного времени неподвижности животных.

Процедура тестирования была следующая: крысы опускались в белый пластиковый цилиндр высотой 60 см и диаметром 50 см, в который была налита вода (температура 27-28°C) таким образом, чтоб животное не имело возможности опираться задними конечностями или хвостом на дно цилиндра и в течение 3 минут (укороченная процедура) регистрировалось поведение животных. Поведенческими показателями служили: количество и время периодов полной неподвижности крыс (полное отсутствие плавательных движений при пассивном удержании животного на воде), пассивного (наличие легких гребковых движения задними конечностями) и активного плавания (интенсивное движение всеми конечностями у животного). Для характеристики временной структуры процесса подсчитывали число периодов неподвижности разной длительности, группируя их по

четырем основным диапазонам: менее 6 секунд, от 6 до 18, от 18 до 36 и более 36 секунд. Учитывалось также количество фекальных болюсов.

Запись и анализ поведения животных в тесте Порсолта осуществлялся с помощью оригинальной программы, разработанной на кафедре искусственного интеллекта и системного анализа ДонНТУ.

Программное решение работает в операционной системе Windows 7 и выше, с установленным NET Framework v.4.5, и предназначено для обработки видеозаписи проведения теста Порсолта. Возможна работа со многими форматами видео, для которых в операционной системе имеются установленные кодеки. Выявление уровня текущей активности испытуемого животного производится путём обработки последовательности кадров видеопотока с помощью различных алгоритмов в два этапа. На первом этапе производится предварительная обработка кадров: конвертация в «grayscale», фильтрация фильтром Гаусса, выделение контуров изображения оператором свёртки с оператором Собеля, преобразование в матричный вид. Размер ядра фильтра Гаусса и оператора Собеля равен 3. На втором этапе полученная матрица обрабатывается с матрицами некоторых предыдущих кадров (одного или нескольких) с применением к ним дифференциальных матричных методов для определения собственно уровня активности как функции от общего количества движения на текущем кадре относительно предыдущих.

«Фармакологическую кастрацию» самцов проводили путем подкожных инъекций андрофарма (ОАО «Фармак», Украина) – блокатора андрогенных рецепторов – в дозе 150 мг/кг в течение 14 дней [7]. «Фармакологическую кастрацию» самок проводили путем подкожных инъекций тамоксифена (ООО «Фармацевтическая компания «Здоровье», Украина) – блокатора эстрогенных рецепторов – в дозе 10 мг/кг в течение 14 дней [4].

Для проведения эксперимента отбирали самок, находящихся в фазе диэструса, поскольку данная фаза отличается максимальной длительностью и стабильностью гормонального уровня. Стадию полового цикла у самок подопытных животных определяли с помощью исследования влагалищных мазков [6].

Первичные экспериментальные данные обрабатывались с помощью общепринятых методов математической статистики. Разделение исследуемых популяции животных на подгруппы с различным уровнем депрессивности проводилось по сигмальному отклонению [2]. Для оценки достоверности различий между результатами контрольных исследований и для оценки достоверности отличий между опытными и контрольными данными использовался U-критерий Манна-Уитни. Математическая обработка материала проводилась с помощью пакета программ STATISTICA 6.0 и MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Результаты исходного тестирования показали, что доля крыс со средним уровнем депрессивности составляет у самцов 40% от исходной группы крыс, а у самок – 45%. Высокую депрессивность показала четверть протестированных животных и низкую – 35 и 30% особей из протестированных самцов и самок, соответственно. Профиль поведения животных в исходных (контрольных) условиях представлен в табл. 1.

Как видно из табл. 1, практически все поведенческие показатели самцов и самок соответствующих подгрупп значительно не отличаются. Обращает на себя внимание тот факт, что по уровню эмоциональности, который оценивается по количеству фекальных болюсов, животные с исходно разными уровнями депрессивности не отличаются, однако, имеются половые особенности: у самцов в среднем проявления эмоциональности выше, чем у самок.

Кроме того, следует отметить, что доли каждого из видов плавательного поведения животных в тесте Порсолта (неподвижности, пассивного и активного плавания) практически совпадали у самцов и самок. Исключение составлял процент полной неподвижности в подгруппе с низким УД – у самок он оказался несколько выше (9,6%, $p < 0,05$), чем соответствующие значения низкодепрессивных самцов (5,4%).

Анализ результатов избирательного блокирования рецепторов андрогенов у самцов и эстрогенов у самок показал, что данные виды воздействий оказали существенное влияние на показатели, характеризующие депрессивность лабораторных животных в тесте Порсолта. Причем, в большей степени эти изменения касались антиэстрогенных воздействий тамоксифеном.

Таблица 1

Поведенческий профиль самцов и самок белых крыс с разным уровнем депрессивности в тесте Порсолта (контроль), ($\bar{X} \pm m$)

Поведенческие показатели	Пол	Уровень депрессивности			
		низкий	высокий	средний	
Суммарное время иммобилизации, с	♂	10,1±1,77 ^{#*}	22,5±2,55	44,2±2,87 [#]	
	♀	16,4±1,13 ^{#♦}	26,3±1,29	38,2±2,63 ^{#♦}	
Суммарное время пассивного плавания, с	♂	13,8±1,13	15,4±1,78	18,8±2,73	
	♀	9,9±1,61 [♦]	13,0±1,32	16,6±1,60	
Суммарное время активного плавания, с	♂	157,3±2,54 [*]	139,1±5,37	117,0±4,98 [#]	
	♀	152,4±5,30 [*]	140,8±1,73	125,2±3,37	
Количество периодов неподвижности	♂	5,0±0,22 ^{#*}	7,4±0,46	11,4±1,05 [#]	
	♀	5,4±0,31 [*]	7,4±0,53	10,2±0,55	
Количество периодов неподвижности по диапазонам	t<6	♂	5,0±0,22 [*]	6,9±0,77	10,1±1,23 [#]
		♀	5,4±0,31 [*]	6,4±0,41	9,2±0,44 [#]
	6<t<18	♂	0,0 [*]	0,0±0,00	1,2±0,32 [#]
		♀	0,0 [*]	1,0±0,33 [♦]	1,0±0,00 [#]
	18<t<36	♂	0,0	0,0	0,0
		♀	0,0	0,0	0,0
	t>36	♂	0,0	0,0	0,0
		♀	0,0	0,0	0,0
Количество фекальных болюсов	♂	6,0±0,22	4,6±0,43	5,0±0,27	
	♀	4,3±0,42 [♦]	3,1±0,21 [♦]	3,2±0,29 [♦]	

Примечания:

1. # – различия статистически значимы ($p<0,05$) при сравнении показателей условного контроля (средний уровень депрессивности) с группами высокого и низкого уровней депрессивности;

2. • – различия статистически значимы ($p<0,05$) при сравнении показателей группы с крайними типами выраженности депрессивности;

3. ♦ – различия статистически значимы ($p<0,05$) при сравнении показателей самцов и самок внутри подгрупп депрессивности.

Так, блокирование рецепторов эстрогенов привело к увеличению показателя депрессивности в подгруппах с исходно низким и средним УД на 227,4 ($p<0,01$) и 95,1% ($p<0,01$) соответственно (рис. 1, А). У самцов, напротив, блокирование рецепторов половых гормонов оказало антидепрессивный эффект (рис. 2, А), проявившийся в подгруппе крыс с исходно высоким УД: суммарное время неподвижности у самцов этой подгруппы сократилось на 24,9% ($p<0,05$).

Антидепрессивный эффект блокирования рецепторов андрогенов получил свое подтверждение и при рассмотрении влияния андрофарма на другие временные показатели поведения в тесте Порсолта (рис. 2, Б, В): у всех самцов независимо от исходного уровня депрессивности установлено сокращение общего времени пассивного плавания в среднем на 30-50% ($p<0,05$), у высокодепрессивных в контроле животных возросло время активного плавания на 15,6% ($p<0,05$).

У самок депрессогенный эффект антиэстрогенного воздействия проявился в увеличении пассивного плавания у низкодепрессивных крыс на 75,8% ($p<0,01$) и сокращении суммарного времени активного плавания в среднем на 20% у самок и исходно средним и низким УД (см. рис. 2, Б, В).

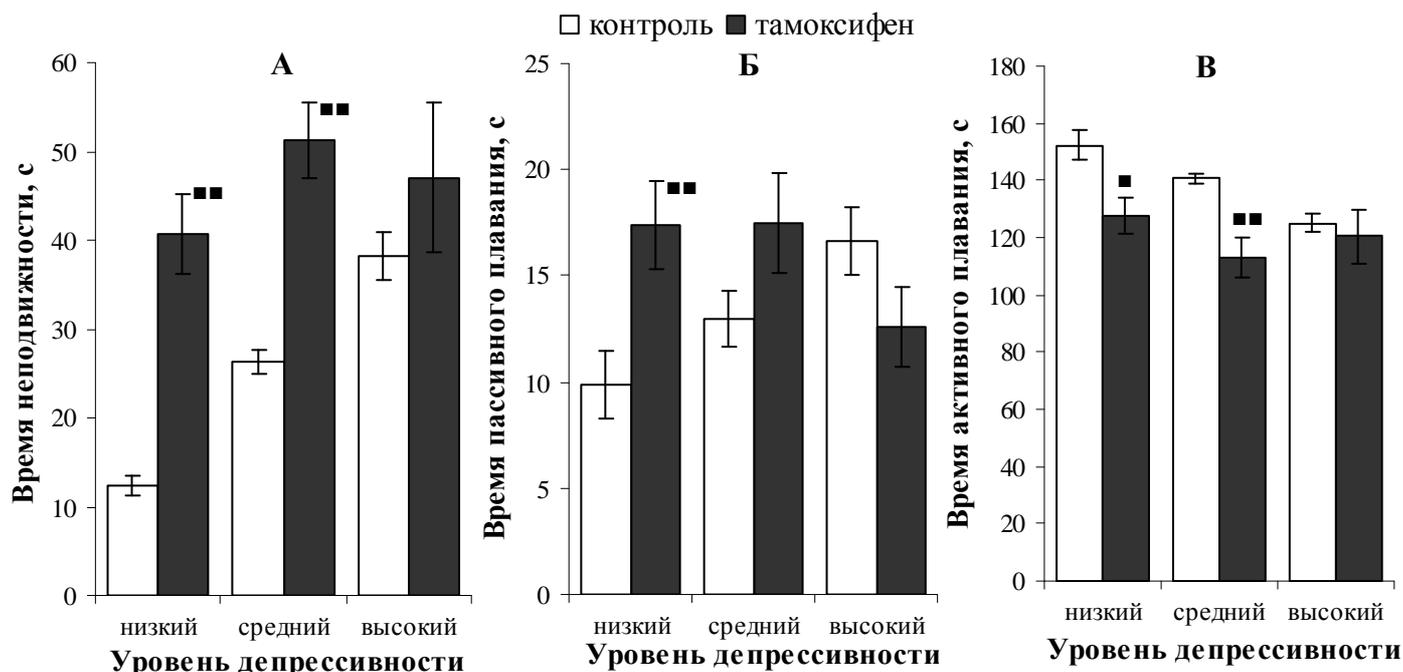


Рис. 1. Характер влияния блокатора рецепторов эстрогенов тамоксифена на временные характеристики поведения самок (n=40) в тесте Порсолта

Примечание. ■, ■■ – различия статистически значимы (p<0,05) и (p<0,01) соответственно при сравнении с показателями контроля

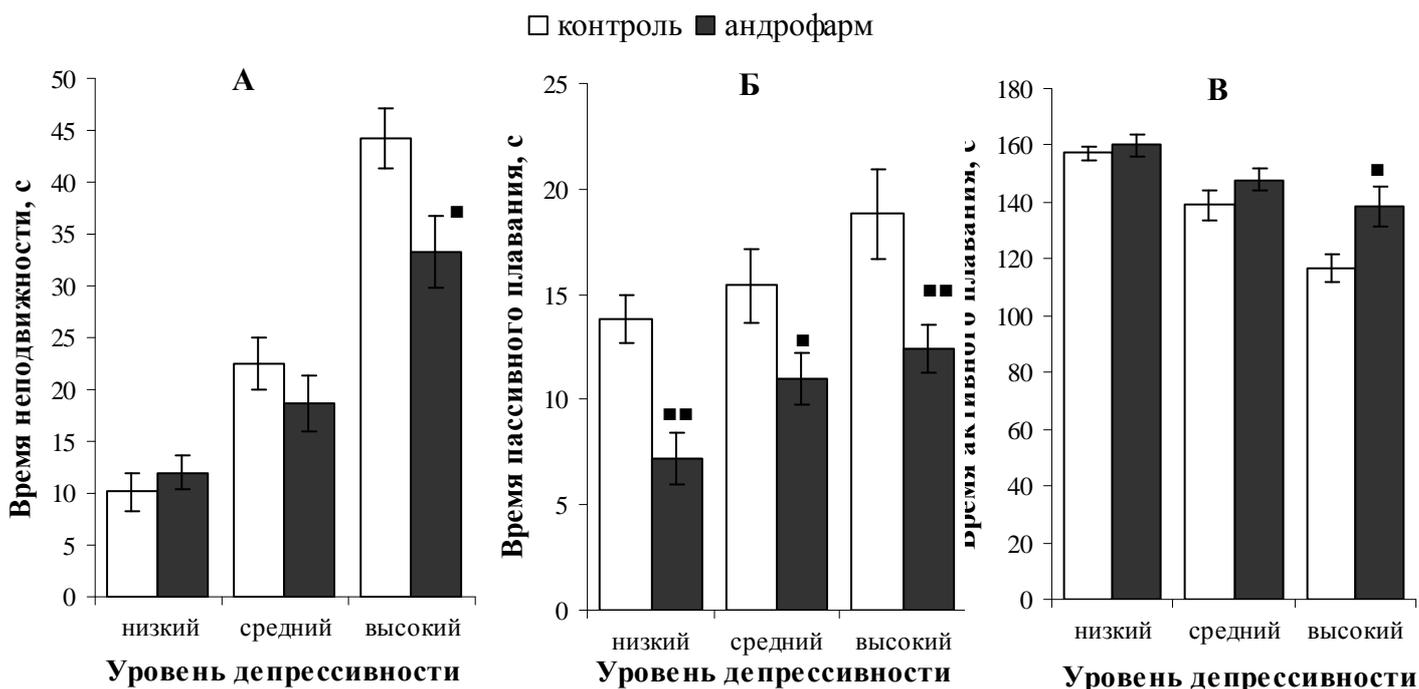


Рис. 2. Характер влияния блокатора рецепторов андрогенов андрофарма на временные характеристики поведения самцов (n=40) в тесте Порсолта

Примечание. ■, ■■ – различия статистически значимы (p<0,05) и (p<0,01) соответственно при сравнении с показателями контроля

Обращает на себя внимание тот факт, что у самок всех исходных подгрупп количество периодов неподвижности значительно возросло относительно исходных значений. Степень увеличения абсолютных значений данного показателя коррелировала с уровнем депрессивности, показанным самками в контроле: у низкодепрессивных крыс частота замираний после блокирования рецепторов эстрогенов возросла в 2,3 раза (p<0,01), у средне- и

высокодепрессивных – в 1,9 ($p<0,01$) и 1,3 ($p<0,05$) раза, соответственно (рис. 3, А). Подобный поведенческий ответ на введение тамоксифена самкам подтверждает депрессогенный эффект антиэстрогенного воздействия.

Андрофарм не оказал влияния на частоту актов неподвижности у самцов в тесте Порсолта (рис. 3, Б).

Относительно изменения количества замираний по различным временным диапазонам установлено, что частота актов неподвижности как самцов, так и самок в диапазонах от 6 до 18, от 18 до 36 и длиннее 36 секунд не отличалась от данных контроля (см. табл. 1). Изменения коснулись только частоты коротких замираний (длительностью до 6 секунд). Характер этих изменений совпал с тем, как менялась суммарная частота замираний у животных (см. рис. 3).

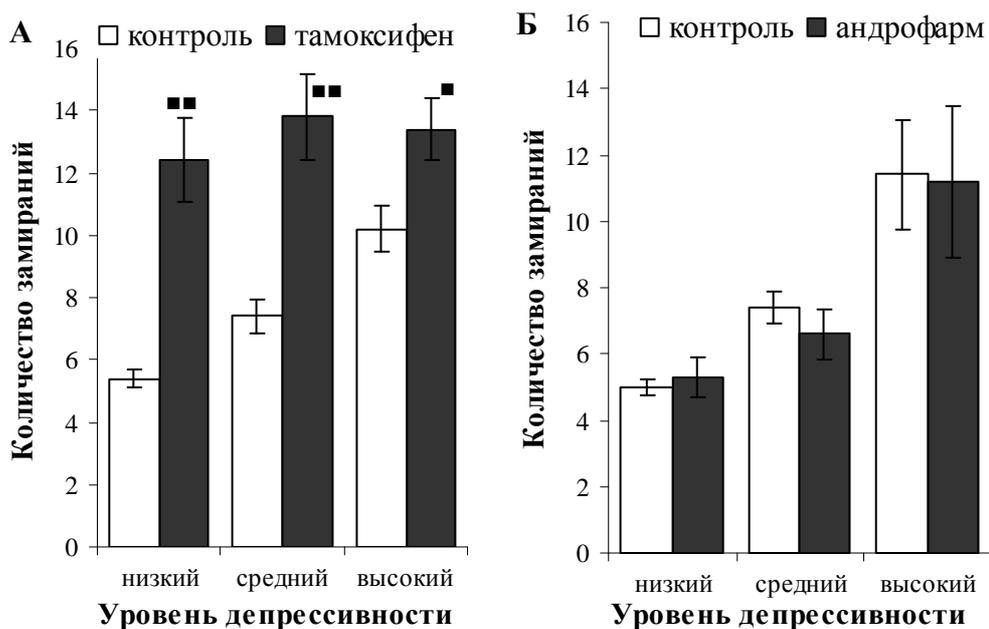


Рис. 3. Характер влияния тамоксифена (А) и андрофарма (Б) на общее количество замираний животных в тесте Порсолта

Примечание. ■, ■■ – различия статистически значимы ($p<0,05$) и ($p<0,01$) соответственно при сравнении с показателями контроля

По-видимому, подобные эффекты на показатель депрессивности связаны с контролирующим влиянием эстрогенов и андрогенов на серотонинергическую, адренергическую и дофаминергическую системы мозга. Ряд исследователей указывали, что гипоэстрогения приводит к нарушению психоэмоционального состояния, что имеет свои проявления в повышении частоты возникновения депрессивных расстройств [1, 8, 10].

Относительно эффектов тамоксифена и андрофарма на эмоциональность лабораторных животных, отличающихся по исходному уровню депрессивности в тесте Порсолта, следует отметить тот факт, что у самок не выявлено достоверного влияния блокирования рецепторов эстрогенов на эмоциональность. Ранее другие авторы указывали, что введение тамоксифена интактным самкам приводит к снижению эмоциональности у крыс независимо от естественного колебания уровня эстрогенов в крови [3].

У самцов же антиандрогенное воздействие привело к угнетению эмоциональности в подгруппах с исходно низким (в 1,4 раза, $p<0,05$) и высоким (в 2,5 раз, $p<0,01$) УД в контроле (рис. 4), что согласуется с данными ряда авторов, указывающих на аналогичные эффекты гонадэктомии [8, 9].

Таким образом, можно заключить, что депрессивный компонент психоэмоционального состояния самок оказался наиболее зависимым от уровня половых гормонов, нежели таковой у самцов, а эмоциональный компонент – более зависим от уровня половых гормонов у самцов.

Перспективы дальнейших исследований в данной области состоят в изучении влияния гормональных систем на индивидуальную чувствительность к избирательному снижению активности нейромедиаторных систем, что может послужить основой для более корректной гормональной терапии различных психоэмоциональных расстройств.

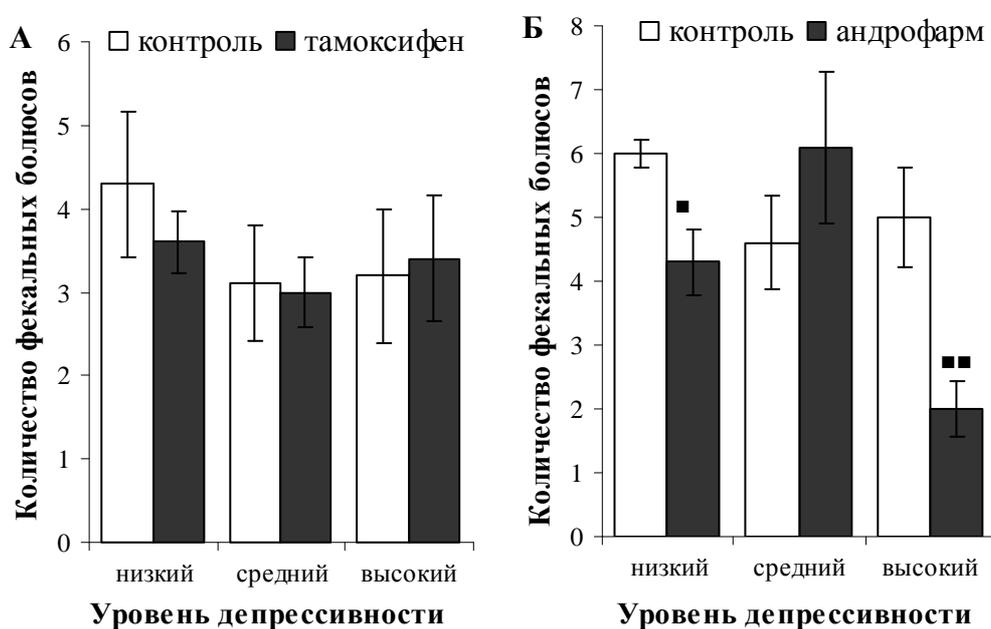


Рис. 4. Характер влияния тамоксифена (А) и андрофарма (Б) на эмоциональность животных в тесте Порсолта

Примечание. ■, ■■ – различия статистически значимы ($p < 0,05$) и ($p < 0,01$) соответственно при сравнении с показателями контроля

Выводы

1. Исследуемые животные при тестировании в контрольных условиях в условиях теста Порсолта разделены на подгруппы по уровню депрессивности. Количество особей со средним уровнем депрессивности среди самок и самцов максимально. Учитывая, что экспериментальные животные с момента рождения содержались в одинаковых условиях и получали одинаковую пищу, проведенные эксперименты позволили сделать вывод, что такой психоэмоциональный показатель как уровень депрессивности является генетически детерминированным.

2. Уровень эмоциональности у животных не зависит от депрессивности.

3. Избирательное блокирование рецепторов андрогенов оказывает влияние только на самцов с исходно высоким уровнем депрессивности, что проявляется в антидепрессивном эффекте.

4. Избирательное блокирование рецепторов эстрогенов у самок оказывает депрессогенный эффект на животных независимо от исходного уровня их показателя депрессивности с тенденцией: чем ниже уровень депрессивности в контроле, тем в большей степени он возрастает после инъекций тамоксифена.

5. Эмоциональность самцов с исходно крайними уровнями депрессивности угнетается под действием андрофарма, в то время как самки не чувствительны по данному компоненту к воздействию тамоксифена.

Список литературы

1. *Бабичев В. Н.* Влияние эстрогенов на центральную нервную систему / В.Н. Бабичев // Вестник Российской АМН. – 2005. – № 6. – С. 45-53.

2. Изменение приспособительного поведения активных и пассивных крыс вистар в водно-иммерсионной модели депрессии // [В. Г. Шаляпина, Е. А. Вершинина, В. В. Ракицкая и др.] // Журнал ВНД им. И. П. Павлова. – 2006. – Т. 56, № 4. – С. 543-547.
3. Казакова С. Б. Влияние тамоксифена на тревожность у интактных и овариоэктомированных самок крыс / С. Б. Казакова, Ю. О. Федотова, Н. С. Сапронов // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2007. – № 5. – С. 28-34.
4. Казакова С. Б. Сравнительный анализ эффектов эстрогенов и тамоксифена на высшие функции мозга / С. Б. Казакова, Н. С. Сапронов // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2008. – Т. 71, № 9. – С. 49-53.
5. Караева Е. Н. Новые аспекты действия эстрогенов / Е. Н. Караева // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2003. – № 4. – С. 71-78.
6. Киршенблат Я. Д. Практикум по эндокринологии / Я. Д. Киршенблат. – М. : Высшая школа, 1969. – С. 55-57.
7. Резников А. Г. Блокаторы рецепторов андрогенов и их применение в биологии и медицине / А. Г. Резников // Досягнення біології та медицини. – 2004. – № 1. – С. 4-11.
8. Сапронов Н. С. Взаимодействие нервных и гормональных факторов в реализации высших функций мозга / Н. С. Сапронов, Ю. О. Федотова, О. О. Масалова // Медицинский академический журнал. – 2008. – Т. 8, № 1. – С. 12-21.
9. Сапронов Н. С. Влияние пара-хлорфенилаланина на поведение гонадэктомированных крыс-самцов / Н. С. Сапронов, Ю. О. Федотова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2001. – Т. 131, № 2. – С. 141-143.
10. Сапронов Н. С. Половые гормоны и поведенческие реакции / Н. С. Сапронов, Ю. О. Федотова, Н.П. Гончаров // Вестник Российской АМН. – 2001. – № 12. – С. 29-34.
11. Федотова Ю. О. Влияние 8-OH-DPAT на депрессивное поведение и обмен моноаминов в гиппокампе овариоэктомированных крыс / Ю. О. Федотова // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2006. – Т. 69, № 1. – С. 12-17.
12. Федотова Ю. О. Сочетанное введение NAN-190 С низкой дозой тестостерона пропионата корректирует воспроизведение рефлекса пассивного избегания при дефиците андрогенов у крыс / Ю. О. Федотова, Н. С. Сапронов // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2013. – Т. 76, № 12. – С. 15-19.
13. Porsolt R. D. Animal models of depression. Utility for transgenic research / R. D. Porsolt // Rev. Neurosci. – 2000. – N 11. – P. 53-59.

Frolova G. A., Katsel S. L. Behaviour effects of tamoxifen and androfarm on female and male of white rats with different level of depressive. – A comparative analysis of the behavior of the male white rats by blocking the androgen receptor (androfarm, 150 mg/kg, 14 days) and females by blocking the estrogen receptors (tamoxifen, 10 mg/kg, 14 days) in the test «forced swimming» with the individual peculiarities of animals. Shown antidepressant effect of androfarm on high-depressiv rats in control males and depressogenic of tamoxifen in females of all source sub-groups of depression.

Key words: estrogen, androgens, depression, test Porsolt.

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

№ 1–2

Учредитель: Донецкий национальный университет

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

Оригинал-макет: А. Д. Штирц

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

Тел.: (062) 302-09-95
(071) 419-59-19
e-mail: eco-1999@mail.ru

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