

ISSN 2077-3366

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF UKRAINE  
DONETSK NATIONAL UNIVERSITY

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ  
ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ**

Науково-практичний журнал

**№ 1 (13)**

*Заснований у 1999 р.*

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ  
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

Научно-практический журнал

**№ 1 (13)**

*Основан в 1999 г.*

**PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION  
OF TECHNOGENIC REGION**

Scientific and practical journal

**№ 1 (13)**

*Founded in 1999*

## Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2013. – № 1 (13)

Статті викладачів, наукових співробітників та аспірантів різних вузів і науково-дослідних організацій України охоплюють широке коло питань екологічної, флористичної, фауністичної, біофізичної і фізіологічної спрямованості.

Призначений для екологів, ботаніків, зоологів, фізіологів рослин, людини і тварин, біофізиків, фахівців з охорони природи, а також для викладачів і студентів біологічних факультетів вищих навчальних закладів.

### Редакційна колегія

<b>Беспалова С. В.</b> , проф., д-р фіз.-мат. наук ( <i>головний редактор</i> )	Донецький національний університет
<b>Горецький О. С.</b> , проф., д-р біол. наук ( <i>заст. головного редактора</i> )	Донецький національний університет
<b>Абдель-Кадер М. (Abdel-Kader Mokhtar)</b> , проф., д-р біол. наук	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Алемасова А. С.</b> , проф., д-р хім. наук	Донецький національний університет
<b>Белал М. (Belal Mohamed)</b> , канд. біол. наук	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Бойко М. І.</b> , проф., д-р біол. наук	Донецький національний університет
<b>Глухов О. З.</b> , член-кор. НАН України, проф., д-р біол. наук	Донецький ботанічний сад НАН України
<b>Заблоцкий В. А. (Zablotskii V. A.)</b> , проф., д-р фіз.-мат. наук	Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic
<b>Злотін О. З.</b> , проф., д-р біол. наук	Харківський національний педагогічний університет ім. Г. Сковороди
<b>Калінкін О. Г.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецький НДІ травматології та ортопедії
<b>Лялюк Н. М.</b> , доц., канд. біол. наук	Донецький національний університет
<b>Максимович В. О.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецький національний університет
<b>Озкан М. М. (Özcan M. Musa)</b> , проф., д-р біол. наук	Selçuk University, Selçuk, Konya, Turkey
<b>Остапко В. М.</b> , проф., д-р біол. наук	Донецький ботанічний сад НАН України
<b>Романенко В. А.</b> , проф., д-р біол. наук	Донецький національний університет
<b>Сафонов А. І.</b> , доц., канд. біол. наук	Донецький національний університет
<b>Соболев В. І.</b> , проф., д-р біол. наук	Донецький національний університет
<b>Сокрут В. Н.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецький національний медичний університет ім. М. Горького
<b>Сухомлин М. М.</b> , проф., д-р біол. наук	Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
<b>Тхангадурай Д. (Thangadurai Devarajan)</b> , канд. біол. наук	Karnatak University, Dharwad, Karnataka, India
<b>Шаталов В. М.</b> , проф., д-р фіз.-мат. наук	Донецький національний університет
<b>Штірц А. Д.</b> , доц., канд. біол. наук ( <i>відп. редактор</i> )	Донецький національний університет
<b>Ярошенко М. М.</b> , проф., д-р біол. наук	Донецький національний університет

Журнал включено до переліку наукових фахових видань у галузі «Біологічні науки» (затверджено постановою ВАК України від 26.05.2010 р. № 1-05/4). Бюлетень ВАК України. – 2010. – № 6.

Свідоцтво про державну реєстрацію: КВ № 15948-4419Р від 27.10.2009 р.

### Адреса редакції:

Біологічний факультет Донецького національного університету,  
вул. Щорса, 46, к. 310, м. Донецьк, 83050.

Тел.: +38(050) 240-78-02

e-mail: [eco99@i.ua](mailto:eco99@i.ua) або [shtirts@i.ua](mailto:shtirts@i.ua)

Електронна версія журналу розміщена на сайтах: <http://irbis-nbuv.gov.ua>

<http://r.donnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/855>

*Друкується за рішенням Вченої ради Донецького національного університету*

*протокол № 10 від 27.12.2013 р.*

## Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1 (13)

Статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов различных вузов и научно-исследовательских организаций Украины охватывают широкий круг вопросов экологической, флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности.

Предназначен для экологов, ботаников, зоологов, физиологов растений, человека и животных, биофизиков, специалистов по охране природы, а также для преподавателей и студентов биологических факультетов высших учебных заведений.

### Редакционная коллегия

<b>Беспалова С. В.</b> , проф., д-р физ.-мат. наук ( <i>главный редактор</i> )	Донецкий национальный университет
<b>Горецкий О. С.</b> , проф., д-р биол. наук ( <i>зам. главного редактора</i> )	Донецкий национальный университет
<b>Абдель-Кадер М. (Abdel-Kader Mokhtar)</b> , проф., д-р биол. наук	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Алемасова А. С.</b> , проф., д-р хим. наук	Донецкий национальный университет
<b>Бойко М. И.</b> , проф., д-р биол. наук	Донецкий национальный университет
<b>Белал М. (Belal Mohamed)</b> , канд. биол. наук	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Глухов А. З.</b> , член-корр. НАН Украины, проф., д-р биол. наук	Донецкий ботанический сад НАН Украины
<b>Заблоцкий В. А. (Zablotskii V. A.)</b> , проф., д-р физ.-мат. наук	Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic
<b>Злотин А. З.</b> , проф., д-р биол. наук	Харьковский национальный педагогический университет им. Г. Сковороды
<b>Калинкин О. Г.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецкий НДИ травматологии и ортопедии
<b>Лялюк Н. М.</b> , доц., канд. биол. наук	Донецкий национальный университет
<b>Максимович В. А.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецкий национальный университет
<b>Остапко В. М.</b> , проф., д-р биол. наук	Донецкий ботанический сад НАН Украины
<b>Озкан М. М. (Özcan M. Musa)</b> , проф., д-р биол. наук	Selçuk University, Selçuk, Konya, Turkey
<b>Романенко В. А.</b> , проф., д-р биол. наук	Донецкий национальный университет
<b>Сафонов А. И.</b> , доц., канд. биол. наук	Донецкий национальный университет
<b>Соболев В. И.</b> , проф., д-р биол. наук	Донецкий национальный университет
<b>Сокрут В. Н.</b> , проф., д-р мед. наук	Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького
<b>Сухомлин М. Н.</b> , проф., д-р биол. наук	Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко
<b>Тхангадурани Д. (Thangadurai Devarajan)</b> , канд. биол. наук	Karnatak University, Dharwad, Karnataka, India
<b>Шаталов В. М.</b> , проф., д-р физ.-мат. наук	Донецкий национальный университет
<b>Штирц А. Д.</b> , доц., канд. биол. наук ( <i>отв. редактор</i> )	Донецкий национальный университет
<b>Ярошенко Н. Н.</b> , проф., д-р биол. наук	Донецкий национальный университет

Журнал включен в список научных специализированных изданий по «Биологическим наукам» (утвержден постановлением ВАК Украины от 26.05.2010 г. № 1-05/4). Бюллетень ВАК Украины. – 2010. – № 6.

Свидетельство о государственной регистрации: КВ № 15948-4419Р від 27.10.2009 р.

#### Адрес редакции:

Биологический факультет Донецкого национального университета,  
ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 83050.

Тел.: +38(050) 240-78-02

e-mail: [eco99@i.ua](mailto:eco99@i.ua) или [shtirts@i.ua](mailto:shtirts@i.ua)

Электронная версия журнала размещена на сайтах: <http://irbis-nbuv.gov.ua>

<http://r.donnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/855>

*Печатается по решению Ученого совета Донецкого национального университета  
протокол № 10 от 27.12.2013 г.*

## Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 2013, 1 (13)

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

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 faculties of higher educational institutions.

### Editorial Board

<b>Bespalova S. V.</b> (Editor-in-Chief)	Donetsk National University
<b>Goretsky O. S.</b> (Associate Editor)	Donetsk National University
<b>Abdel-Kader Mokhtar</b>	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Alemasova A. S.</b>	Donetsk National University
<b>Belal Mohamed</b>	National Research Centre, Giza, Egypt
<b>Boiko M. I.</b>	Donetsk National University
<b>Glukhov A. Z.</b>	Donetsk Botanical Garden NAS of Ukraine
<b>Zablotskii V. A.</b>	Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic
<b>Zlotin A. Z.</b>	Kharkiv National Pedagogical University named after G.S. Skovoroda
<b>Kalinkin O. G.</b>	Donetsk Research Institute of Traumatology and Orthopedy
<b>Lyalyuk N. M.</b>	Donetsk National University
<b>Maximovich V. A.</b>	Donetsk National University
<b>Ostapko V. M.</b>	Donetsk Botanical Garden NAS of Ukraine
<b>Özcan M. Musa</b>	Selçuk University, Selçuk, Konya, Turkey
<b>Romanenko V. A.</b>	Donetsk National University
<b>Safonov A. I.</b>	Donetsk National University
<b>Sobolev V. I.</b>	Donetsk National University
<b>Sokrut V. N.</b>	Donetsk National Medical University of Maxim Gorky
<b>Sukhomlin M. N.</b>	Taras Shevchenko Kyiv National University
<b>Thangadurai Devarajan</b>	Karnatak University, Dharwad, Karnataka, India
<b>Shatalov V. M.</b>	Donetsk National University
<b>Shtirts A. D.</b> (Managing editor)	Donetsk National University
<b>Yaroshenko N. N.</b>	Donetsk National University

Journal is included in the list of scientific specialized editions of Biological sciences (approved by Decision of VAK of Ukraine dated 26.05.2010, № 1-05/4). Bulletin of VAK of Ukraine, 2010, № 6.

Certificate of state registration: KB № 15948-4419P dated 27.10.2009.

#### Address of editorial board:

Faculty of Biology, Donetsk National University,  
Schorsa str., 46/310, Donetsk, Ukraine, 83050.  
Tel.: +38(050) 240-78-02

e-mail: [eco99@i.ua](mailto:eco99@i.ua) or [shtirts@i.ua](mailto:shtirts@i.ua)

Electronic version of journal is available on the web-sites: <http://irbis-nbu.gov.ua>

<http://r.donnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/855>

*Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council  
proc № 10 dated 27.12.2013.*

## З М І С Т

### ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

<i>Беспалова С. В., Горецький О. С., Злотін О. З., Максимович В. О., Лялюк Н. М., Штірц А. Д., Сафонов А. І., Федотов О. В., Говта М. В., Маслодудова К. М., Маркіна Т. Ю., Сулейманова Ю. Б.</i> Концептуальні підходи до нормування в системі екологічного біомоніторингу .....	8
---	---

#### ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ

<i>Герасимюк Н. В.</i> Порівняльна характеристика весняної флори двох районів міста Одеси .....	16
<i>Ковтун-Водяницька С. М.</i> Онтоморфогенетичний розвиток <i>Nepeta mussinii</i> Spreng. ex Henckel за інтродукції в Північному Лісостепу України .....	24
<i>Колеснікова В. В.</i> Вдосконалення технологій підготовки схилів породних відвалів до озеленення .....	31
<i>Лисенко Г. М.</i> Самоорганізація заповідних степових екосистем з позицій синергетики .....	35
<i>Михайленко І. Л., Сметана О. М.</i> Використання математичних моделей при вивченні динаміки консорційної екосистеми .....	42
<i>Сафонов А. І.</i> Фітокваліметрія токсичного навантаження та ступеню трансформації екотопів у Донецькій області .....	52
<i>Федоненко О. В., Поздній Є. В.</i> Екологічний аналіз вищої водної та прибережно-водної рослинності природно-техногенних водойм Криворіжжя .....	60

#### ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ

<i>Андрусевич К. В.</i> Екоморфична характеристика ґрунтової мезофауни дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах ділянки рекультивації Нікопольського марганцево-рудного басейну .....	66
<i>Бронскова М. А.</i> До фауни та просторової структури населення птахів Північного Приазов'я в післягніздовий період .....	74
<i>Жуков О. В., Штірц А. Д., Задорожна Г. О., Кунах О. М.</i> Фракціонування просторової варіації угруповань панцирних кліщів (Acari: Oribatida) у ґрунті сільськогосподарського поля в умовах степової зони України .....	87
<i>Кунах О. М., Жуков О. В., Балюк Ю. О.</i> Екоморфична та просторова організація мезопедобіонтів лісопаркового насадження в межах м. Дніпропетровська .....	106
<i>Прокопенко О. В., Савченко К. Ю.</i> Павуки (Aranei) агроценозів Донецької області .....	122
<i>Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д.</i> Фауна та біологія імаго мошок (Diptera, Simuliidae) роду <i>Odagmia</i> Enderlein, 1921 південного сходу України .....	134
<i>Суханова О. Г., Сіренко В. О., Сіренко Н. М.</i> Гніздові птахи відділення «Кам'яні Могили» Українського степового природного заповідника .....	153
<i>Ярошенко М. М.</i> Панцирні кліщі (Acari-formes, Oribatei) та інша мезофауна регіонального ландшафтного парку «Краматорський» (Донецька область) .....	163

#### ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

<i>Бойко С. М., Малюга М. В.</i> Залежність пектолітичної активності деяких базидіальних грибів від якісного складу живильного середовища .....	174
<i>Древаль К. Г., Бойко В. В., Бойко М. І.</i> Вплив температури культивування на амілолітичну активність культуральних фільтратів деяких штамів базидіоміцетів .....	181
<i>Древаль К. Г., Бойко М. І.</i> Нові штами базидіоміцетів для промислової конверсії лігноцелюлозних матеріалів .....	187
<i>Корольова О. В.</i> Локулоаскоміцети степових рослинних угруповань .....	194
<i>Чайка О. В., Федотов О. В.</i> Ефективність біодеградації ксенобіотику Methyl Orange культурами ксилотрофів у залежності від концентрацій пептону та глюкози .....	201

#### ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

<i>Доценко О. І.</i> Вивчення роботи антиоксидантної системи міокарду мишей в умовах вібраційного стресу .....	209
<i>Максимович В. О., Говта М. В.</i> Потрійна спіраль психіки .....	218
<i>Шаталов В. М.</i> Локальний термічний вплив на живі організми в слабких електромагнітних полях ....	229
<i>Станішевська Т. І., Морозова І. М., Соболєв В. І.</i> Характер залежності параметрів збудливості скелетного м'яза білих щурів на різних ділянках шкали концентрації циркулюючого вільного трийодтироніну .....	237
<b>Правила для авторів</b> .....	246

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

<i>Беспалова С. В., Горецкий О. С., Злотин А. З., Максимович В. А., Лялюк Н. М., Штирц А. Д., Сафонов А. И., Федотов О. В., Говта Н. В., Маслодудова Е. Н., Маркина Т. Ю., Сулейманова Ю. Б.</i> Концептуальные подходы к нормированию в системе экологического биомониторинга .....	8
--	---

### ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

<i>Герасимюк Н. В.</i> Сравнительная характеристика весенней флоры двух районов города Одессы .....	16
<i>Ковтун-Водяницкая С. М.</i> Онтоморфогенетическое развитие <i>Nepeta mussinii</i> Spreng. ex Henckel при интродукции в Северной Лесостепи Украины .....	24
<i>Колесникова В. В.</i> Совершенствование технологий подготовки склонов породных отвалов к озеленению .....	31
<i>Лысенко Г. Н.</i> Самоорганизация заповедных степных экосистем с позиций синергетики .....	35
<i>Михайленко И. Л., Сметана А. Н.</i> Использование математических моделей при изучении динамики консорционной экосистемы .....	42
<i>Сафонов А. И.</i> Фитоквалиметрия токсической нагрузки и степени трансформации экотопов в Донецкой области .....	52
<i>Федоненко Е. В., Поздний Е. В.</i> Экологический анализ высшей водной и прибрежно-водной растительности природно-техногенных водоемов Криворожья .....	60

### ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

<i>Андрусевич Е. В.</i> Экоморфическая характеристика почвенной мезофауны дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна .....	66
<i>Бронскова М. А.</i> К фауне и пространственной структуре населения птиц Северного Приазовья в послегнездовой период .....	74
<i>Жуков А. В., Штирц А. Д., Задорожная Г. А., Кунах О. Н.</i> Фракционирование пространственной вариации сообщества панцирных клещей (Acari: Oribatida) в почве сельскохозяйственного поля в условиях степной зоны Украины .....	87
<i>Кунах О. Н., Жуков А. В., Балюк Ю. А.</i> Экоморфическая и пространственная организация мезопедобионтов лесопаркового насаждения в черте г. Днепропетровска .....	106
<i>Прокопенко Е. В., Савченко Е. Ю.</i> Пауки (Aranei) агроценозов Донецкой области .....	122
<i>Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д.</i> Фауна и биология имаго мошек (Diptera, Simuliidae) рода <i>Odagmia</i> Enderlein, 1921 юго-востока Украины .....	134
<i>Суханова О. Г., Сиренко В. А., Сиренко Н. М.</i> Гнездящиеся птицы отделения «Каменные Могилы» Украинского степного природного заповедника .....	153
<i>Ярошенко Н. Н.</i> Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) и другая мезофауна регионального ландшафтного парка «Краматорский» (Донецкая область) .....	163

### ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

<i>Бойко С. М., Малюга М. В.</i> Зависимость пектолитической активности некоторых базидиальных грибов от качественного состава питательной среды .....	174
<i>Древаль К. Г., Бойко В. В., Бойко М. И.</i> Влияние температуры культивирования на амилолитическую активность культуральных фильтратов некоторых базидиомицетов .....	181
<i>Древаль К. Г., Бойко М. И.</i> Новые штаммы базидиомицетов для промышленной конверсии лигноцеллюлозных материалов .....	187
<i>Королёва О. В.</i> Локулоаскомицеты степных растительных сообществ .....	194
<i>Чайка А. В., Федотов О. В.</i> Эффективность биодеградации ксенобиотика Methyl Orange культурами ксилотрофов в зависимости от концентрации пептона и глюкозы .....	201

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

<i>Доценко О. И.</i> Изучение работы антиоксидантной системы миокарда мышей в условиях вибрационного стресса .....	209
<i>Максимович В. А., Говта Н. В.</i> Тройная спираль психики .....	218
<i>Шаталов В. М.</i> Локальное тепловое воздействие на живые организмы в слабых электромагнитных полях .....	229
<i>Станишевская Т. И., Морозова И. Н., Соболев В. И.</i> Характер зависимости параметров возбуждения скелетной мышцы белых крыс на разных участках шкалы концентрации свободного трийодтиронина .....	237
<b>Правила для авторов</b> .....	246

## C O N T E N T S

### FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY

<i>Bespalova S. V., Goretsky O. S., Zlotin A. Z., Maksimovich V. A., Ljaljuk N. M., Shtirts A. D., Safonov A. I., Fedotov O. V., Govta N. V., Maslodudova E. N., Markina T. Yu., Suleimanova Yu. B.</i> Conceptual approaches to standardization in system of environmental biomonitoring .....	8
--	---

### FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Gerasimuk N. V.</i> Comparative characteristics of spring flora of Odessa two districts .....	16
<i>Kovtun-Vodyanitska S. M.</i> Ontogenetic development of <i>Nepeta mussinii</i> Spreng. ex Henckel when introduced in north forest-steppe of Ukraine .....	24
<i>Kolesnikova V. V.</i> Improving technologies for preparing rock spoil heap slopes for planting of greenery .....	31
<i>Lysenko H. M.</i> Reserve steppe ecosystems self-organization from the synergetic point of view .....	35
<i>Mykhailenko I. L., Smetana O. M.</i> Using of mathematical models in the study of consortia ecosystem dynamics .....	42
<i>Safonov A. I.</i> Phyto-qualitymetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region .....	52
<i>Fedonenko O. V., Pozdniy E. V.</i> Ecological analysis of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation of Kryvbas quarry ponds .....	60

### FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Andrusevych E. V.</i> Ecomorphical characteristic of mesofauna of the sod-lithogenic soil on red-brown clay at the reclamation land of the Nikopol manganese ore basin .....	66
<i>Bronskova M. A.</i> On the fauna and spatial structure of bird population in Northern Azov in post-breeding period .....	74
<i>Zhukov A. V., Shtirts A. D., Zadorozhnaja G. A., Kunah O. N.</i> Fractionation of oribatid mites (Acari: Oribatida) community spatial structure in soil of agricultural field in Ukraine steppe zone .....	87
<i>Kunah O. N., Zhukov A. V., Baljuk Yu. A.</i> Ecomorph and spatial organization of mesopedobionts of Dnepropetrovsk forest-park .....	106
<i>Prokopenko E. V., Savchenko E. Yu.</i> Spiders (Aranei) of agrocoenosis of Donetsk region .....	122
<i>Reva M. V., Usova Z. V., Semushin R. D.</i> Fauna and biology of black-flies imago (Diptera, Simuliidae) of genus <i>Odagmia</i> Enderlein, 1921 in southeast of Ukraine .....	134
<i>Sukhanova O. G., Sirenko V. A., Sirenko N. M.</i> Nesting birds of Ukraine Steppe Nature Reserve «Kam'yanı Mogyly» branch .....	153
<i>Yaroshenko N. N.</i> Oribatid mites (Acariformes, Oribatei) and other mesofauna of regional landscape park «Kramatorsky» (Donetsk region) .....	163

### PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Boiko S. M., Maluga M. V.</i> Dependence of some basidiomycetes pectolytic activity from the culture medium qualitative composition .....	174
<i>Dreval K. G., Boyko V. V., Boyko M. I.</i> Influence of cultivation temperature on amyolytic activity of some basidiomycete strains .....	181
<i>Dreval K. G., Boyko M. I.</i> New strains of basidiomycetes for industrial conversion of lignocellulosic materials .....	187
<i>Korol'ova O. V.</i> Loculoascomycetes from steppe plants communities .....	194
<i>Chaika A. V., Fedotov O. V.</i> Xenobiotic methyl orange biodegradation efficiency by xylophobic cultures depending on peptone and glucose concentrations .....	201

### FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

<i>Dotsenko O. I.</i> Study of mice myocardium antioxidant system's work under condition of vibration stress .....	209
<i>Maksimovich V. A., Govta N. V.</i> Psyche triple helix .....	218
<i>Shatalov V. M.</i> Local thermal spikes in biological systems disposed in a low intensity electromagnetic field ...	229
<i>Stanishevskaya T. I., Morozova I. N., Sobolev V. I.</i> Character of the dependence of skeletal muscle excitability of white rats at different areas of scale of concentration of free triiodothyronine circulating .....	237
<b>Rules for authors</b> .....	246

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ  
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY**

---

УДК 504 : 57.08

© С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Злотін, В. О. Максимович, Н. М. Лялюк,  
А. Д. Штірц, А. І. Сафонов, О. В. Федотов, М. В. Говта, К. М. Маслодудова,  
Т. Ю. Маркіна, Ю. Б. Сулейманова

**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО НОРМУВАННЯ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО  
БІОМОНІТОРИНГУ**

*Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46  
e-mail: eco99@i.ua*

*Беспалова С. В., Горецький О. С., Злотін О. З., Максимович В. О., Лялюк Н. М., Штірц А. Д.,  
Сафонов А. І., Федотов О. В., Говта М. В., Маслодудова К. М., Маркіна Т. Ю., Сулейманова Ю. Б.*  
**Концептуальні підходи до нормування в системі екологічного біомоніторингу.** – Узагальнено експериментальні данні з біоіндикаційної тематики в концептуальному поєднанні блоків технічних умов біодіагностики та біотестування в промисловому регіоні для подальшої процедури стандартизації регіонально апробованих методів нормування якості природного середовища.

*Ключові слова:* нормовані параметри, біоіндикація, екологічний моніторинг.

*Беспалова С. В., Горецкий О. С., Злотин А. З., Максимович В. А., Лялюк Н. М., Штирц А. Д.,  
Сафонов А. И., Федотов О. В., Говта Н. В., Маслодудова Е. Н., Маркина Т. Ю., Сулейманова Ю. Б.*  
**Концептуальные подходы к нормированию в системе экологического биомониторинга.** – Обобщены экспериментальные данные по биоиндикационной тематике в концептуальном объединении блоков технических условий биодиагностики и биотестирования в промышленном регионе для дальнейшей процедуры стандартизации регионально апробированных методов нормирования качества природной среды.

*Ключевые слова:* нормированные параметры, биоиндикация, экологический мониторинг.

### **Вступ**

Система екологічного моніторингу за біологічною складовою на державному рівні набуває розвитку та має низку переваг у порівнянні із застосуванням тільки інструментальних методів оцінки середовища.

У попередніх публікаціях нами визначено аспекти діяльності в напрямку можливих підходів до нормування якості природних середовищ за допомогою біоіндикаторів різних систематичних приналежностей та їх асоціативних зв'язків [1–4].

Мета роботи – узагальнення експериментальних даних і розробка нормування якості довкілля з використанням методів біоіндикації та біотестування на основі складових різних блоків технічних умов (ТУ) як документів, що містять процедури, за допомогою яких можна встановити, чи дотримано вимоги до існуючих нормованих параметрів якості довкілля.

Оскільки технічні умови розробляють ініціативно або за завданням, у разі відсутності національних стандартів на продукцію, що розробляється, або необхідно конкретизувати, чи доповнити вимоги чинних стандартів на дану продукцію, нами було підготовлено відповідні документи для вдосконалення системи біомоніторингу на національному рівні та реалізації сучасних екологічних програм.

### **Матеріали та методи дослідження**

Визначення параметрів біоіндикаторів, які були відібрані на попередніх етапах досліджень [2–4], здійснювали відповідно до вимог чинних нормативних документів щодо якості довкілля.

Для визначення токсичності стічних, поверхневих і підземних вод, донних відкладень, бурових розчинів, водних розчинів окремих речовин та їх сумішей рекомендується застосовувати «Методику біотестування за пригніченням росту одноклітинних прісноводних водоростей».

Для визначення присутності полютантів у листях деревних рослин, воді, ґрунті та загального стану техногенного забруднення навколишнього природного середовища рекомендується застосовувати «Методику біотестування за зміною стану прооксидантно-антиоксидантної системи базидіоміцетів».

Для визначення антропогенної трансформації екоотопів рекомендується застосовувати «Методику біоіндикації за морфологічною мінливістю квіткових рослин».

Для визначення якості ґрунту рекомендується застосовувати «Методику біоіндикації за величиною синекологічних показників угруповань панцирних кліщів (Acari, Oribatida)».

Для визначення присутності токсикантів у листі шовковиці, воді, ґрунті та загального стану техногенного забруднення навколишнього природного середовища рекомендується застосовувати «Методику біотестування за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.)».

Для визначення якості навколишнього природного середовища рекомендується застосовувати «Методику біоіндикації за зниженням величин показників психофізіологічного стану людини».

Сукупність таких підходів було об'єднано у керівництво, яке встановлює процедури проведення методик біотестування й біоіндикації з використанням тест-об'єктів та індикаторів: водоростей, грибів, квіткових рослин, комах, панцирних кліщів і людини. Методики біотестування та біоіндикації використовуються для визначення стану техногенного забруднення природних середовищ. Визначення забруднення того чи іншого субстрату (об'єкту) проводять з врахуванням поставленого завдання в галузі охорони навколишнього природного середовища.

### **Методики біотестування**

#### ***Методики біотестування присутності токсикантів у природних середовищах за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori*).***

Методики визначення присутності токсикантів у листках шовковиці (*Morus alba* L.), воді, ґрунті, а також загального стану техногенного забруднення за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда застосовуються поряд з фізико-хімічними методами визначення присутності токсикантів у середовищах.

Для проведення біотестування присутності токсикантів у природних середовищах вперше запропоновано використання як тест-об'єкту гусениць шовковичного шовкопряда після їх відродження з яєць (ґрени), так званих гусениць-«мурашів», найбільш чутливих до дії токсикантів. Розроблені методики дають змогу визначати присутність найбільш небезпечних токсикантів – інсектицидів і солей важких металів.

#### ***Методика біотестування присутності інсектициду в листі шовковиці за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда (*B. mori*).***

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища, безпосередньо до способів визначення присутності інсектицидів у листі шовковиці.

Методика може бути використана при екологічній оцінці забруднення навколишнього природного середовища інсектицидами або їх дериватами (продуктами, що виникають у живих організмах внаслідок взаємодії інсектицидів з ферментами організму) у разі, якщо ті мають інсектицидні властивості, а також для попередження отруєнь на вигодівлях шовковичного шовкопряда в разі потрапляння інсектицидів на листя шовковиці при обробці сільськогосподарських культур проти шкідливих комах, у результаті зносу інсектицидів вітром.

Методика заснована на встановленні різниці між кількістю гусениць шовковичного шовкопряда, які загинули в зразку, що аналізується (з можливим потраплянням інсектициду) та контрольному (чистому зразку).

Критерієм гострої летальної токсичності є загибель 50% і більше гусениць у зразку з інсектицидами в порівнянні з контрольним зразком впродовж 96 годин біотестування.

**Методика біотестування присутності солей важких металів у воді за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда (*B. mori*).**

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища, безпосередньо до способів оцінки забруднення води методами біотестування.

Методика може бути використана для визначення забруднення водних джерел солями важких металів (СВМ) і визначає процедуру встановлення гострої летальної токсичності вод.

Методика заснована на встановленні різниці між кількістю загинувших гусениць шовковичного шовкопряда в пробах води, що аналізуються, і контрольних. В якості сорбенту (поглинач) солей важких металів використовують облиствлені пагони шовковиці білої (*M. alba*), які ставлять у проби води, що містять (можуть містити СВМ) і витримують протягом 3 діб (контроль ставлять у чисту воду). Гусениць годують три доби листям (по 1 разу на день), а далі переносять у холодильник і спостерігають за їх загибеллю впродовж 6 діб.

Ознакою гострої летальної токсичності є загибель 50% і більше гусениць шовковичного шовкопряда в варіантах, що аналізуються, у порівнянні з контролем.

**Методика біотестування присутності солей важких металів у ґрунті за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда (*B. mori*).**

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища, безпосередньо до способів оцінки забруднення ґрунтів методами біотестування.

Методика може бути використана для визначення забруднення ґрунтів солями важких металів, а також визначає процедуру встановлення гострої токсичності ґрунтів.

Методика заснована на встановленні різниці між кількістю загинувших гусениць шовковичного шовкопряда в пробах ґрунту, які аналізуються, і контролі (фоновий вміст СВМ у ґрунті). В якості сорбенту (поглинач) СВМ використовують однорічні сіянці шовковиці білої (*M. alba*), які зберігають у холодильній камері, далі висаджують за 2 тижні до початку біотестування в зразки ґрунту, які підлягають біотестуванню.

Після появи на сіянцях трьох листків, ними годують гусениць до загибелі більше 50% гусениць для визначення гострої токсичності ( $LK_{50}$ ) у порівнянні з контролем.

**Методика біотестування техногенного забруднення навколишнього природного середовища за ознаками життєдіяльності популяції шовковичного шовкопряда (*B. mori*).**

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища. Вона може бути використана для визначення сумарного техногенного забруднення біотопу.

Методика заснована на встановленні відмінностей у якісних і кількісних показниках популяції шовковичного шовкопряда при культивуванні в різних за рівнем техногенного забруднення біотопах. Накопичувач і передавач забруднення – кормова рослина шовковичного шовкопряда – шовковиця біла (*M. alba*).

Критерієм хронічної токсичності є статистично вірогідна різниця популяційних ознак між біоматеріалом (гусениці шовковичного шовкопряда), вигодованим листям з територій з техногенним забрудненням, і відносно екологічно чистих територій (контроль) впродовж повного життєвого циклу шовковичного шовкопряда (одна генерація).

**Методика біотестування токсичності вод, донних відкладень, бурових розчинів, водних розчинів окремих речовин та їх сумішей за пригніченням росту одноклітинних прісноводних водоростей.**

Методика відноситься до досліджень у галузі охорони навколишнього природного середовища, безпосередньо до методів контролю ступеня антропогенної трансформації екосистем. Вона встановлює процедуру визначення гострої і хронічної токсичності стічних,

поверхневих і підземних вод, донних відкладень (водних витяжок), бурових розчинів, водних розчинів окремих речовин та їх сумішей.

Методика може бути використана для визначення якості довкілля (води) для різних форм антропогенного навантаження на екосистеми (техногенне забруднення, сільськогосподарське та рекреаційне навантаження, хімічний вплив тощо).

Позитивний ефект методики біотестування проявляється в тому, що вона дозволяє давати оцінку якості води при мінімальних коштовних витратах під час збору матеріалу, його обробки в лабораторних умовах, а також у доступності проведення дослідження протягом усього року.

Методика заснована на встановленні відмінності між інтенсивністю росту водоростей фітопланктону в аналізованій пробі (досвід) і культуральному середовищі (контроль).

Критерієм токсичної дії є зниження на 50% і більше чисельності клітин водоростей у досвіді в порівнянні з контролем за 72 години біотестування (умовно «гостра токсичність») і 7 діб (умовно «хронічна токсичність»).

***Методика біотестування присутності політантів у природних середовищах за зміною стану прооксидантно-антиоксидантної системи базидіоміцетів.***

Методика застосовується в тестуванні та оцінці екологічного стану довкілля за показниками прооксидантно-антиоксидантної системи культур базидіоміцетів і може бути використана в екологічних і мікологічних дослідженнях, у системі біомоніторингу стану довкілля, для оцінки наслідків впливу несприятливих екологічних факторів на біоту та зміни стану рослинного покриву, при проведенні екологічної експертизи, у лісовому господарстві для проведення заходів, спрямованих на підвищення продуктивності й стійкості лісових екосистем, а також при промисловому культивуванні базидіоміцетів – продуцентів біологічно активних речовин.

Методика заснована на встановленні відмінностей у кількісних показниках прооксидантно-антиоксидантної активності культур базидіоміцетів і містить штучне культивування мікологічних тест-об'єктів в оптимальних умовах і при дії стресорів, а також визначення вмісту в культурах грибів продуктів перекисного окислення ліпідів. В якості досліджуваних факторів культивування (стресорів) використовується рослинний субстрат з різних за екологічними умовами місць зростання чи проби води з різних точок відбору та додатково включає визначення індукованої інтенсивності процесів перекисного окислення ліпідів і загальної антиоксидантної активності з подальшим розрахунком коефіцієнтів стану прооксидантно-антиоксидантної системи тест-культур ксилотрофів і порівнянням результатів для субстрату (чи проби води) з еталонних і техногенно трансформованих територій.

Критерієм наявності політантів є статистично вірогідна різниця коефіцієнтів стану прооксидантно-антиоксидантної системи тест-культур ксилотрофів на субстратах (чи пробах води) з різних локацій.

### **Методики біоіндикації**

***Методика біоіндикації антропогенної трансформації екотопів за морфологічною мінливістю квіткових рослин.***

Методика відноситься до фітоіндикації, фітоекології, промислової ботаніки та може бути використана для діагностики стану навколишнього середовища, оцінки рівня антропогенної трансформації екотопів, визначення стану рослин в умовах техногенних екотопів за використанням індикаторних показників.

Фітоіндикаційна модель включає вибір широко розповсюджених видів-фітоіндикаторів, збір рослинного матеріалу для вивчення, вимірювання морфологічних індикаційних ознак досліджуваного об'єкта, порівняльний статистичний аналіз отриманих даних, розрахунок показника та визначення на його основі ступеня забруднення навколишнього природного середовища. Основним є визначення мінливості вивчених

індикаторних параметрів досліджуваних рослин та оцінювання ступеня техногенної трансформації середовища.

Індикатор *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. характеризується широкою екологічною пластичністю, стійкий індикатор у відношенні до багатьох антропогенних факторів техногенного середовища; вид занесений до списку адвентивних рослин України з високою інвазійною активністю.

Індикаційні параметри *C. bursa-pastoris* визначають за блоками експериментальної частини: А – кількість розеткових листків; В – вид розеткових листків (*heteris, rhomboidea, tenuis, simplex*); С – діаметр прикореневої розетки (см); D – поліморфізм рослин; Е – кількість плодів на 10 см вісі рослини; F – кут відхилення плодоніжки (°); G – довжина плодоніжки (мм); H – максимальна довжина плодоніжки (мм); I – варіабельність форми плоду; J – тератологічність форми плоду; R – висота рослини (см); S – довжина суцвіття (см); T – довжина квітучої частини суцвіття (см).

Методика заснована на оцінюванні антропогенної трансформації екотопів з використанням індикаторних ознак *C. bursa-pastoris*, яка включає збір рослинного матеріалу, вимірювання морфологічних індикаційних ознак досліджуваного об'єкта, первинну статистичну обробку отриманих даних та оцінювання стану досліджуваних локальних екотопів за допомогою індикаційно-діагностичних блоків.

**Методика біоіндикації якості ґрунту за величиною синекологічних показників угруповань панцирних кліщів (*Acari, Oribatida*).**

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища, безпосередньо до способів визначення забруднення ґрунту методами біоіндикації.

Методика може бути використана для визначення якості ґрунту при різних формах антропогенного навантаження на екосистеми (техногенне забруднення, сільськогосподарське та рекреаційне навантаження, хімічний вплив тощо).

Позитивний ефект методики проявляється в тому, що вона дозволяє давати оцінку якості ґрунту при мінімальних коштовних витратах під час збору матеріалу, його обробки в лабораторних умовах, а також у доступності проведення дослідження протягом усього року.

Методика заснована на визначенні величин синекологічних показників угруповань панцирних кліщів у пробах ґрунту, а саме, середньої щільності їх населення, видового багатства, структури домінування, співвідношення життєвих форм та індексу екологічного різноманіття Шеннона, кожний з яких оцінюється за п'ятибальною шкалою.

Якість ґрунту оцінюють за інтегральною характеристикою угруповань панцирних кліщів, яка є загальною сумою балів окремих синекологічних показників.

**Методика біоіндикації якості навколишнього природного середовища за величиною показників психофізіологічного стану людини.**

Методика відноситься до методів контролю за станом навколишнього природного середовища та може бути використана для визначення техногенного забруднення територій.

Позитивний ефект запропонованої методики проявляється в тому, що вона дозволяє оцінити якість навколишнього природного середовища при мінімальних коштовних витратах під час збору матеріалу, його обробки в лабораторних умовах, а також у доступності проведення дослідження протягом усього року.

Методика заснована на встановленні взаємозв'язку між станом навколишнього природного середовища та зміною показників психофізіологічного стану людини.

Методика може бути використана при екологічній оцінці забруднення навколишнього природного середовища, а також для попередження гострого одноразового отруєння в умовах оточуючого середовища.

Контроль проводять у обсязі 10% від загального обсягу вимірів. Він здійснюється за результатами оцінки психофізіологічних станів людини в сприятливих і несприятливих екологічних умовах.

**Шляхи впровадження методів біотестування та біоіндикації у процес стандартизації.**

З огляду на систему екологічного нормування та з метою подальшого формування пропозицій щодо включення запропонованих методик у систему державної стандартизації якості довкілля, пропонується залучати методи біотестування та біоіндикації в блоки екосистемного нормування, виробничо-ресурсного (за умов безпеки виробництва, раціонального використання та охорони природних ресурсів) і санітарно-гігієнічного нормування. Оскільки умови впровадження нормованих показників у практику є єдиними для різних блоків, пропонуються наступні шляхи впровадження в процес стандартизації (табл. 1).

Таблиця 1

**Шляхи впровадження методів біотестування та біоіндикації за відповідними механізмами та критеріями**

№	Назва методики	Механізми та критерії нормування якості довкілля
1	Методика біотестування присутності інсектициду в листі шовковиці за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда	лімітування, сертифікація, стандартизація, екологізація, складання лабораторного паспорту, біотестування
2	Методики біотестування присутності солей важких металів у воді та ґрунті за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда	
3	Методика біотестування техногенного забруднення навколишнього природного середовища за ознаками життєдіяльності популяції шовковичного шовкопряда	
4	Методика біотестування токсичності вод, донних відкладень, бурових розчинів, водних розчинів окремих речовин та їх сумішей за пригніченням росту одноклітинних прісноводних водоростей	лімітування, ліцензування, сертифікація, паспортизація, стандартизація, допустиме навантаження, квантифікація компонентів природного середовища, біотестування
5	Методика біотестування присутності політантів у природних середовищах за зміною стану прооксидантно-антиоксидантної системи базидіоміцетів	
6	Методика біоіндикації антропогенної трансформації екотопів за морфологічною мінливістю квіткових рослин	лімітування, сертифікація, стандартизація, паспортизація, допустиме навантаження, квантифікація компонентів природного середовища, біоіндикація
7	Методика біоіндикації якості ґрунту за величиною синекологічних показників угруповань панцирних кліщів	
8	Методика біоіндикації якості навколишнього природного середовища за величиною показників психофізіологічного стану людини	ліцензування, стандартизація, норми ризику, екологізація умов виробничої діяльності

Лімітування у зазначених блоках базується на принципах порогової дії та прийнятного ризику.

**Висновки**

Методологічний комплекс формує концептуальні підходи різнобічного проведення моніторингових програм, що за принципами поділяються на біотестування та біоіндикацію в нормуванні. Усі зазначені методики можуть бути запроваджені шляхом стандартизації на державному рівні. Складені ТУ є передумовою розробки державного нормативного документу з використанням зазначених методів у сучасних екологічних програмах, що реалізуються за принципами інформування населення про якість довкілля.

### Список літератури

1. Розробка технології комплексної біоіндикаційної оцінки довкілля техногенного регіону / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Глухов та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2009. – № 1 (9). – С. 12–23.
2. Визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Глухов та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2010. – № 1 (10). – С. 9–25.
3. Критерії оцінки екологічного стану середовища за порогоми чутливості біоіндикаторів / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Глухов та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – № 1 (11). – С. 25–43.
4. Визначення нормованих параметрів біоіндикаторів для екологічного моніторингу / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Злотін та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2012. – № 1 (12). – С. 41–56.

Надійшла до редакції 21.11.2013

Прийнята до друку 18.12.2013

**Bespalova S. V., Goretsky O. S., Zlotin A. Z., Maksimovich V. A., Ljaljuk N. M., Shtirts A. D., Safonov A. I., Fedotov O. V., Govta N. V., Maslodudova E. N., Markina T. Yu., Suleimanova Yu. B.**  
**CONCEPTUAL APPROACHES TO STANDARDIZATION IN SYSTEM OF ENVIRONMENTAL BIOMONITORING**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail:eco99@i.ua*

Experimental data on bioindicational topics in conceptual combination of blocks of biodiagnostics and biotesting in an industrial region technical conditions have been summarized for further procedure of standardization of regionally approved environment quality standardization methods.

Determinations of bioindicators parameters, choused in previous stages of research [2–4], were done according to the environment quality requirements of appropriate standard documents.

It is proposed to apply methods of biotesting and bioindication into the ecosystem, production and resource, and sanitary-hygienical normalization blocks regarding to the system of ecology normalization and with aim of further including of proposed methods in governmental system of environment quality standartisation. As far as conditions of normalized indexes implementation into practice are unified for different blocks, following ways of their implementation into standardization processes are proposed.

Biotesting methods: the presence of insecticide in mulberry leaves by silkworm caterpillars death, the presence of heavy metals in water and soil by silkworm caterpillars death, technogenic pollution of the environment by indexes of silkworm population life – mechanisms and criteria for normalization of environmental quality: limitation, certification, standardization, environmentalization, preparation of laboratory passport, and bioassay.

Biotesting methods: toxicity of water, bottom sediment, drilling fluids, aqueous solutions of certain substances and their mixtures by inhibition of unicellular freshwater algae growth; the presence of pollutants in the environment by changing the state of basidiomycetes prooxidant-antioxidant system – mechanisms and criteria for normalization of environmental quality: limitation, licensing, certification, passportization, standardization, permissible capacity, the quantification of the components of the environment, biological testing.

Bioindication methods: anthropogenic transformation of ecotypes by morphological variability of flowering plants; soil quality by synecologic indicators of oribatid mites communities – mechanisms and criteria for normalization of environmental quality: limitation, certification, standardization, certification, permissible capacity, the quantification of the environment components, bioindication.

Bioindication methods of environment quality by indexes values of human psychophysiological state – mechanisms and criteria for normalization of environmental quality: licensing, standardization, standards of risk, environmentalization of industrial activity conditions.

Methodological complex forms comprehensive conceptual approaches of monitoring programs that principally divided into biotesting and bioindication in normalization. All mentioned methods can be introduced by standartization on governmental level. Created specifications are the prerequisites for the development of state regulatory documents using these methods in modern environmental programs implemented by the principles of informing public about environment quality.

*Key words:* normalized parameters, bioindication, ecological monitoring.

### References

Bespalova, S.V., Goretsky, O.S., Glukhov, A.Z., Maksimovich, V.A., Zlotin, A.Z., Govta, N.V., Markina, T.Y., Ljaljuk, N.M., Maslodudova, E.N., Safonov, A.I., Mashtaler, A.V., & Fedotov, O.V. (2009). Creation of complex

bioindication technology of assessment of technogenic region environment. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(9), 12-23.

Bespalova, S.V., Goretsky, O.S., Glukhov, A.Z., Maksimovich, V.A., Zlotin, A.Z., Govta, N.V., Markina, T.Y., Ljaljuk, N.M., Maslodudova, E.N., Safonov, A.I., Mashtaler, A.V., Fedotov, O.V., & Shtirts, A.D. (2010). Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(10), 9-25.

Bespalova, S.V., Goretsky, O.S., Glukhov, A.Z., Zlotin, A.Z., Maksimovich, V.A., Govta, N.V., Ljaljuk, N.M., Markina, T.Y., Maslodudova, E.N., Mashtaler, A.V., Safonov, A.I., Fedotov, O.V., & Shtirts, A.D. (2011). The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(11), 25-43.

Bespalova, S.V., Goretsky, O.S., Zlotin, A.Z., Maksimovich, V.A., Govta, N.V., Ljaljuk, N.M., Markina, T.Y., Maslodudova, E.N., Mashtaler, A.V., Safonov, A.I., Fedotov, O.V., & Shtirts, A.D. (2012). Definition of normative parameters of bioindicators for ecological monitoring. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(12), 41-56.

Received: 21.11.2013

Accepted: 18.12.2013

**ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ**  
**ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА**  
**FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM**

---

УДК 581.9 (477.74-47)

© Н. В. Герасимюк

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕСНЯНОЇ ФЛОРИ  
ДВОХ РАЙОНІВ МІСТА ОДЕСИ**

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
65058, м. Одеса, Шампанський пров., 2; e-mail: Nataliyaya@ukr.net*

*Герасимюк Н. В. Порівняльна характеристика весняної флори двох районів міста Одеси.* – Наведені результати порівняльного аналізу весняної флори модельних ділянок двох районів міста Одеси: селища Котовського (СК) та району Великого Фонтану (ВФ). В районі ВФ було знайдено 97 видів рослин, які відносяться до 85 родів та 47 родин, в районі СК – 69 видів рослин з 62 родів та 33 родин. Найбільшою кількістю видів в обох районах представлені родини Rosaceae та Asteraceae. Проаналізовано склад життєвих форм та екобіоморф.

*Ключові слова:* флора, селище Котовського (СК), район Великого Фонтану (ВФ), Одеса, екобіоморфи.

*Герасимюк Н. В. Сравнительная характеристика весенней флоры двух районов города Одессы.* – Приведены результаты сравнительного анализа весенней флоры двух районов города Одессы: поселка Котовского (ПК) и района Большого Фонтана (БФ). В районе БФ было найдено 97 видов растений, относящихся к 85 родам и 47 семействам, в районе ПК – 69 видов растений из 62 родов и 33 семейств. Наибольшим количеством видов в обоих районах представлены семейства Rosaceae и Asteraceae. Проанализирован состав жизненных форм и экобиоморф.

*Ключевые слова:* флора, посёлок Котовского (СК), район Большого Фонтана (БФ), Одесса, экобиоморфы.

### **Вступ**

У сучасних умовах розвитку людства постає проблема антропогенного впливу на навколишнє середовище. Свого апогею дія людського втручання до природних ресурсів досягає в містах. З ростом урбанізованих територій зростають проблеми озеленення міст і як наслідок некомфортне життя населення. В науці на перше місце виходить адвентизація флори і з часом втрачає свій повноцінний вигляд аборигенна флора. Зміна флористичного складу залежить від багатьох факторів: близько розташовані шляхи переміщення вантажів, висаджування рослин некваліфікованими спеціалістами і т. п. Сучасне місто не можна розглядати як єдину екосистему, в більшості випадків мова йде про мозаїку різних біотопів (квазігомогенних елементарних систем). Екологічна своєрідність окремих міських місцеперебувань залежить насамперед від антропогенних форм їх використання [8]. Аналіз урбанофлор дає можливість оптимізації, раціонального використання та моделювання розвитку рослинного покриву міст. В. М. Скробала та Р. М. Данилюк [16] відзначають, що в наш час, коли урбанізація спричинила помітне зменшення різноманітності екотопів та майже повну відсутність елементів природної рослинності в сучасних культурних ландшафтах, аналіз збережених природних фітоценозів і порівняльна характеристика умов місцезростань дає змогу реконструювати первинну природну рослинність [16]. Місто Одеса, як велике курортне та промислове місто стало цікавим об'єктом для такого порівняння.

Флора Одеси досліджувалась з різних ракурсів: вивчалась дендрофлора [10], синантропна флора міста в цілому [1] та флора Одеського морського торгового порту [12]. Але порівняння модельних районів в одному місті, вивчення належності рослин до різних територій, розгляд флористичного різноманіття конкретних мікрорайонів це нові дослідження для міста Одеси.

Таким чином, мета нашої роботи – вивчення особливостей флори двох модельних ділянок різних районів міста Одеси, визначення схожості й різниці флористичного складу, життєвих форм та екобіоморф досліджуваних ділянок.

### Матеріал і методи дослідження

Проведені дослідження складу флори двох районів міста Одеси: район Великого Фонтану (ВФ) та селища Котовського (СК). ВФ – це місцевість, що прилягає до моря від десятої станції Великого Фонтану до Дачі Ковалевського та вважається курортною зоною. За географічним положенням ВФ знаходиться на південному заході міста. Архітектурними особливостями цього району можна назвати переважання малоповерхових приватних будинків. СК знаходиться у північній частині міста та вважається його спальним районом, для якого характерна багатоповерхова забудова (360 будинків заввишки від 9 до 16 поверхів). Середня температура цих двох районів відрізняється приблизно на 2°C. Розташування районів у місті показано на рис. 1.



Рис. 1. Карта м. Одеси з відміченими районами дослідження.

Під час дослідження в обох районах були обрані модельні ділянки розміром території приблизно 1 км<sup>2</sup> (рис. 2) [3]. Модельна ділянка району ВФ обмежена вул. Львівською з півночі, Люстдорфською дорогою з заходу, Фонтанською зі сходу та вул. Бабушкіна з півдня. Рослини модельної ділянки ВФ збирали біля приватних прибудинкових територій, в сквері Жулі Ласан, та поблизу великих асфальтованих доріг. Модельна ділянка району СК відокремлена з північного сходу вул. Академіка Заболотного, з північного заходу – вул. Заболотного, з півдня – Південна дорога та зі сходу – вул. Сахарова. Рослинний матеріал на модельній ділянці СК збирали в основному на клумбах поблизу багатоповерхових будинків і на територіях, які обслуговує Міськзелентрест.

Збір рослин проводили екскурсійним методом. Рослини збирали впродовж вегетаційного періоду 2007–2011 рр. Рослини для досліджень збирали всі, незалежно від того насажені вони чи природні для цього місця. Природна флора представлена малою кількістю видів. На основі зібраного матеріалу складений гербарій.

Таксономічний склад флори покритонасінних визначався та аналізувався в камеральних умовах. Правильність діагнозів уточнювалась за визначниками й монографіями [4–6, 11].

Номенклатуру таксонів і систематичне положення рослин вказано за загальноприйнятою роботою С. Л. Мосякина та М. М. Федорончука [18].

Життєві форми визначали за І. Г. Серебряковим [15], відповідно до класифікації якого виділяли дерева, кущі, трави (однорічні, дворічні та багаторічні) та ліани.



Рис. 2. Карти-схеми розташування ділянок дослідження (1 – СК, 2 – ВФ).

Серед екобіоморф розрізняли рослини за відношенням до умов зволоження – гігроморфи та до умов освітлення – геліоморфи [2, 8, 14].

При порівнянні флор двох досліджених модельних ділянок були використані коефіцієнти подібності Жакара та Соренсона-Чекановського:

$$K_j = \frac{c}{a+b-c}; K_s = \frac{2c}{a+b},$$

де  $a$  – кількість видів в одній флорі,  $b$  – кількість видів у другій флорі,  $c$  – кількість видів, спільних для двох флор [17].

### Результати та обговорення

У районі Великого Фонтану було зібрано та ідентифіковано 97 видів рослин, які відносяться до 85 родів і 47 родин, в районі селища Котовського – 69 видів рослин з 62 родів і 33 родин. Кількість видів приблизно однакова, але складова частина видів і родин відрізняються (табл. 1).

Таблиця 1

### Родини представлені найбільшою кількістю видів та родів

Селище Котовського			Великий Фонтан		
назва родин	кількість родів	кількість видів	назва родин	кількість родів	кількість видів
Rosaceae	7	8	Rosaceae	16	19
Asteraceae	4	4	Asteraceae	7	7
Hyacinthaceae	4	4	Liliaceae	6	6
Liliaceae	3	3	Adoxaceae	4	4
Brassicaceae	3	3	Salicaceae	2	4
Salicaceae	2	3	Amaryllidaceae	2	2
Adoxaceae	2	2	Cupressaceae	2	2
Berberidaceae	2	2	Ulmaceae	2	2
Fabaceae	2	2	Fabaceae	2	2
Iridaceae	2	2	Iridaceae	2	2
Oleaceae	2	2	Oleaceae	2	2
Boraginaceae	2	2	Apiaceae	2	2
Papaveraceae	2	2	Grossulariaceae	2	2
Plantaginaceae	2	2	Papaveraceae	2	2
Ranunculaceae	2	2	Urticaceae	2	2

Як видно з табл. 1, найбільшою кількістю видів в обох районах представлені родини Rosaceae та Asteraceae. Більша кількість видів родини Розоцвіті є характерною для флори міста. Родина Rosaceae представлена в районі ВФ більшою кількістю видів, ніж у районі СК (ВФ – 19 видів, 16 родів; СК – 8 видів з 7 родів), що можна пояснити тим, що у районі ВФ озеленення відбувається, переважно, стихійно, коли жителі висаджують плодові дерева, тоді коли в СК саджає дерева Міськзелентрест. Кількість представників родини Asteraceae теж відрізняється в цих двох районах: СК – 7 видів з 7 родів, ВФ – 4 вида з 4 родів.

Аналіз життєвих форм показав, що в обох районах переважають трав'янисті рослини (рис. 3).

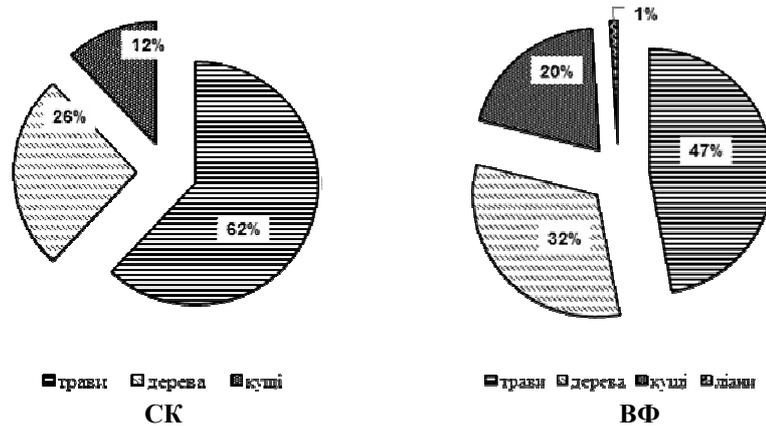


Рис. 3. Аналіз життєвих форм.

Як видно з рис. 3, відсоткова частка трав у СК більше ніж у ВФ. Дерева розташувалися на другому місці, але відсоток деревної флори більше в районі ВФ. На наступному місці знаходяться кущі. Більша їхня кількість є в районі ВФ. У зональних рослинних комплексах переважають трав'янисті рослини і кущики [13].

Як видно на рис. 4, багаторічники переважають в обох досліджуваних районах, а однорічники – на другому місці. Але відсоткове співвідношення рослин різного терміну життя в цих двох районах дещо відрізняється. При порівнянні флори досліджуваних районів видно, що багаторічників більше в районі ВФ (65 і 55%), а однорічників, в свою чергу, більше в СК (37 і 28%). Дворічники представлені майже однаково в обох районах (8 і 7%). У порівнянні з даними по флорі м. Одеси 1996 року (О96) Т. В. Васильєвой [1] видно, що кількість багаторічників збільшилась.

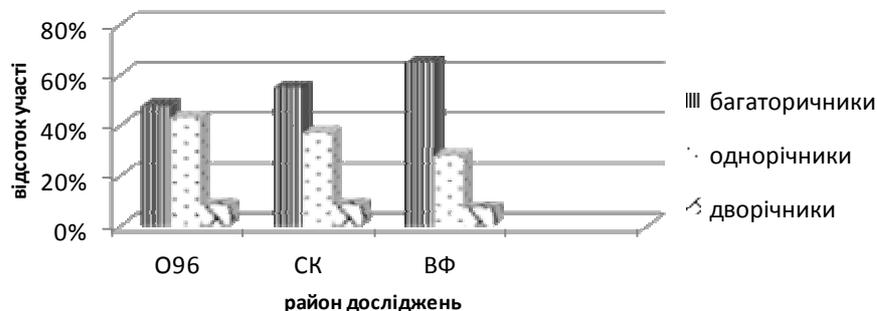


Рис. 4 Аналіз тривалості життя трав'янистих рослин.

Екобіоморфологічна структура флори дозволяє визначити пристосування рослин до умов навколишнього середовища. Аналіз екобіоморф двох районів м. Одеси представлено на рис. 5 та 6.

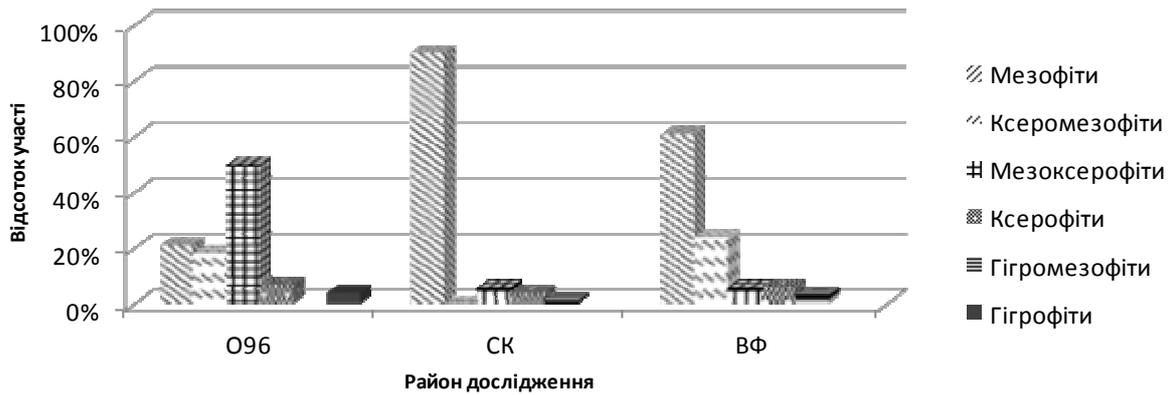


Рис. 5. Порівняльний аналіз гігроморф.

На рис. 5 видно, що мезофітів значно більше в селище Котовського (90%), ніж у районі Великого Фонтану (61%), що вказує на антропогенно трансформовану територію. У порівнянні з даними 1996 р. для всього м. Одеси видно, що кількість мезофітів значно збільшилась (О96 – 21%). За ботаніко-географічним районуванням місто знаходиться у зоні Правобережного злакового степу [9], де повинні переважати рослини з ксероморфними ознаками. В СК повністю виключені ксеромезофіти, тоді як у ВФ вони представлені досить великою кількістю видів (21%).

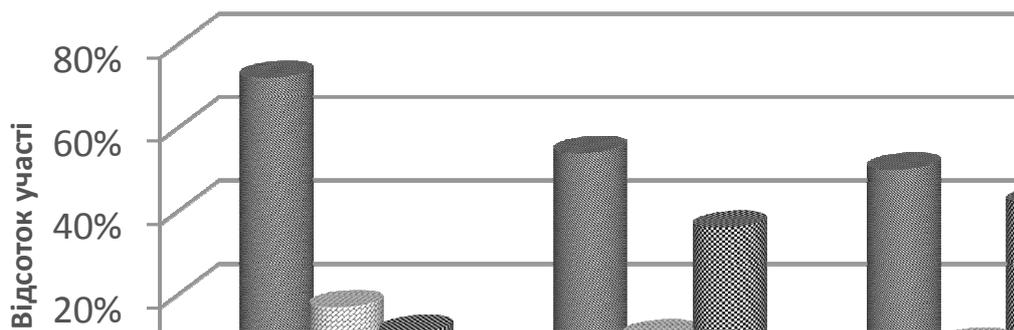


Рис. 6. Порівняльний аналіз геліоморф районів м. Одеси.

З рис. 6 видно, що на обох досліджених модельних ділянках м. Одеси переважають геліофіти, на другому місті знаходяться сциогеліофіти. Відсоткова частка видів подібна в двох досліджуваних районах. У порівнянні з даними для м. Одеси 1996 р. в обох районах зменшилась кількість геліофітів і збільшилась частка сциогеліофітів.

Як відомо, коефіцієнти флористичної спільності дають змогу більш об'єктивно порівнювати певні території. У наших дослідженнях коефіцієнт Жакара склав 0,36, а коефіцієнт Соренсона-Чекановського – 0,53. Таким чином, різні ділянки міста суттєво відрізняються за складом флори.

### Висновки

У районі ВФ знайдено 97 видів рослин, які відносяться до 85 родів і 47 родин, у районі СК – 69 видів рослин з 62 родів і 33 родин. Найбільшою кількістю видів в обох районах представлені родини Rosaceae та Asteraceae. За життєвими формами домінують трав'янисті рослини, але відсоткова частка трав більше в районі СК, а дерев й кущів – у районі ВФ. За тривалістю життя в обох районах переважають багаторічники. Аналіз гігроморф показав, що в СК значно більше мезофітів ніж у ВФ і відсутні ксеромезофіти. За відношенням до освітлення в обох районах переважають геліофіти. Коефіцієнт Жакара для модельних ділянок склав 0,36, а коефіцієнт Соренсона-Чекановського – 0,53.

Навіть у рамках одного міста можуть бути відмінності у флорі. Це слід мати на увазі при розробці асортименту рослин у тому чи іншому куточку м. Одеси.

### Подяки

Висловлюю подяку моєму науковому керівнику, доценту кафедри ботаніки, кандидату біологічних наук Васильєвій Тетяні Володимирівні.

### Список літератури

1. *Васильєва-Немерцалова Т. В.* Синантропная флора припортовых городов Северо-Западного Причерноморья и пути её развития: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т. В. Васильєва-Немерцалова. – К., 1996. – 21 с.
2. *Васильєва Т. В.* Конспект флори Південної Бессарабії / Т. В. Васильєва, С. Г. Коваленко. – Одеса: ВидавІнформ, 2003. – 250 с.
3. *Герасимюк Н. В.* Сравнительный анализ весенней флоры разных районов города Одессы / Герасимюк Н. В., Кукса О. И. // Биология: от молекулы до биосферы: Мат. V Междунар. конф. молодых ученых (Харьков, 22–25 ноября 2010 г.). – Х.: Оперативная полиграфия, 2010. – С. 316–317.
4. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Голонасінні. Довідник / М. А. Кохно, В. І. Гордієнко, Г. С. Захаренко та ін. – К.: Вища шк., 2001. – 207 с.
5. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Ч. I. Довідник / М. А. Кохно, Л. І. Пархоменко, А. У. Зарубенко та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 448 с.
6. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Ч. II. Довідник / М. А. Кохно, Н. М. Трофіменко, Л. І. Пархоменко та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 716 с.
7. Деревья и кустарники. Покрытосеменные. Справочник / Под ред. Л. И. Рубцова. – К.: Наук. думка, 1974. – 590 с.
8. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны: пер. с нем. / Б. Клауснитцер. – М.: Мир, 1990. – 246 с.
9. *Крицька Л. І.* Ендемізм флори степів та вапнякових відслонень Правобережного Злакового Степу / Л. І. Крицька // Укр. ботан. журн. – 1988. – 45, № 4. – С. 15–19.
10. *Немерцалов В. В.* Дендрофлора міста Одеси (формування, сучасний стан, перспективи оптимізації): автореф. дис. ... канд. біол. наук / В. В. Немерцалов. – К., 1996. – 21 с.
11. Определитель высших растений Украины. – К.: Фитосоциоцентр, 1999. – 548 с.
12. *Петрик С. П.* Синантропна флора морських портів Північно-Західного Причорномор'я: автореф. дис. ... канд. біол. наук / С. П. Петрик. – К., 1992. – 18 с.
13. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. – К.: Наук. думка, 1985. – 222 с.
14. *Протопопова В. В.* Синантропная флора Украины и пути её развития / В. В. Протопопова. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.
15. *Серебряков И. Г.* Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М.: Высш. шк., 1962. – 378 с.
16. *Скробала В. М.* Урбанізаційна трансформація лучно-болотної рослинності в умовах м. Львова / В. М. Скробала, Р. М. Данилюк // Укр. ботан. журн. – 1998. – Т. 55, № 2. – С. 133–138.
17. *Шмидт В. М.* Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.
18. *Mosyakin S. L.* Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist / S. L. Mosyakin, М. М. Fedoronchuk. – К., 1999. – 345 p.

Gerasimuk N. V.

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SPRING FLORA OF ODESSA TWO DISTRICTS**

*Odessa National I. I. Mechnikov University*

*Shampansky Lane, 2, Odessa, 65058, Ukraine; e-mail: NatalIyaya@ukr.net*

Analysis of urbanoflora enables optimization, management and modeling of city plant cover. V. M. Skrobala and R. M. Danyluk [16] noted that in our time, when urbanization has resulted into a marked decrease in diversity of ecotypes and almost complete absence of elements of natural plant cover in modern cultural landscapes, comparative analysis of preserved natural plant phytocenosis and habitat conditions allows the reconstruction of the primary natural vegetation [16]. City of Odessa as a big resort and industrial city has become an interesting target for such comparison.

Flora of Odessa has been studied from different perspectives: dendroflora [10], the synanthropic flora of all city [1] and of the Odessa seaport [12].

The aim of our research was (a) to study the flora of two model areas of different parts of Odessa (the township Kotovskovo (TK), and the Great Fountain (GF)), (b) to identify similarities and differences in floristic composition, life forms and ekobiomorphs of studied areas.

Plants were collected by excursion method during the vegetation period of 2007–2011 years. The taxonomic composition of angiosperm flora determined and analyzed in laboratory conditions. The correct diagnoses refined by determinants and monographs [4–6, 11]. The nomenclature of taxa and the systematic position, ecological and biomorphological features of kinds, life forms, ekobiomorph, Jacquard and Sorensen-Czekanowski coefficients of similarity were characterized and counted according to authors [2, 8, 14, 15, 17, 18].

In the area of the GF was collected and identified 97 species of plants that belong to 85 genera and 47 families, in the TK area – 69 plant species of 62 genera and 33 families. The highest number of species in both districts is the family Rosaceae and Asteraceae. A greater number of the family Rosaceae species characterised flora of the city.

Analysis of the life forms by the system of I. G. Serebryakov showed that in both districts dominated grass plants. The trees are located on the second place, but the percentage of woody flora more in the GF district. In the next place there are shrubs. The bigger amount of them is in the GF district. In the zonal analysis of plant complexes dominated grass plants and shrubs [13].

Perennials predominate in both studied areas, and annuals – in second area. Comparing with T. V. Vasilyeva data [1] shows that the number of perennials increased.

Mesophytes much more in the township Kotovskogo (90%) than in the Great Fountain area (61%), indicating the anthropogenically transformed territory. Comparing with 1996 data for the entire Odessa city shows that the amount of mesophytes increased significantly (21%). According to botanical and geographical zoning the city is in a zone of Right Bank Cereal Steppes [9], where the plants are prevailing with xeromorphic grounds. In the TK district xeromesophytes completely eliminated unlike of the GF district. For both studied model areas dominated heliophytes of Odessa, on second place are stsioheliophytes. The percentage of species in the two studied areas is resemble. Comparing with the data for Odessa in 1996 in both areas has decreased the number of heliophytes and increased the proportion of stsioheliophytes.

In our study coefficient of Jacquard was 0.36 and the coefficient of Sorensen-Czekanowski – 0,53. In this way, various areas of the city are substantially different on the composition flora.

Even within a single city may be differences in the flora. It should be kept in mind when developing a range of plants in a particular region of the Odessa city.

*Key words:* flora, township Kotovskogo (TK), Greater Fountain district (GF), Odessa, ecobiomorphs.

**References**

1. Vasileva-Nemertsalova, T.V. (1996). Synanthropic flora of the port cities of the North-Western Black Sea region and the ways of its development. Extended abstract of PhD dissertation (Biology), 21 p.
2. Vasileva, T.V. (2003). Abstract the flora of Southern Bessarabia, 250 p.
3. Gerasimuk, N.V. (2010). Comparative analysis of the spring flora of different parts of the city of Odessa. Biology: from molecules to the biosphere: Proceedings of the V International Conference of Kharkiv, 316-317.
4. Dendroflora of Ukraine (2001). Wild and cultivated trees and shrubs. Gymnosperms. Reference book, 207 p.
5. Dendroflora of Ukraine (2002). Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Part I. Reference book, 448 p.
6. Dendroflora of Ukraine (2005). Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Part II. Reference book, 716 p.
7. Trees and shrubs. Angiosperms (1974). Reference book, 590 p.
8. Klausnitter, B. (1990). Ecology of urban fauna: Trans from the German, 246 p.
9. Krytska, L.I. (1988). Endemism of the flora of the steppes and limestone outcrops Right-Bank grass steppe. Ukr. Botanical. Journal, 45, 4, 15-19.
10. Nemertsalov, V.V. (1996). Dendroflora of Odessa (Formation, current status and prospects optimization. Extended abstract of PhD dissertation (Biology), 21 p.
11. Determinant of higher plants of Ukraine (1999), 548 p.

12. Peter, S.P. (1992). Commensal flora ports Northwestern Black Sea. Extended abstract of PhD dissertation (Biology), 18 p.
13. The nature of the Ukrainian SSR. Landscapes and physical-geographical regionalization (1985). 222 p.
14. Protopopova, V.V. (1991). Commensal flora of Ukraine and ways of its development, 204 p.
15. Serebrjakov, I.G. (1962). Ecological morphology of plants, 378 p.
16. Skrobala, V.M. (1998). Urbanization transformation meadow-marsh vegetation in Lviv. Ukrainian Botanical Journal, 55, 2, 133-138.
17. Schmidt, V.M. (1984). Mathematical methods in botany, 288 p.
18. Mosyakin, S.L. (1999). Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist, 345 p.

Received: 21.10.2013

Accepted: 18.11.2013

УДК 581.522.4 : 581.95 : 581.4

© С. М. Ковтун-Водяницька

## ОНТОМОРФОГЕНЕТИЧНИЙ РОЗВИТОК *NEPETA MUSSINII* SPRENG. EX HENCKEL ЗА ІНТРОДУКЦІЇ В ПІВНІЧНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України  
01014, м. Київ, вул. Тимірязєвська, 1; e-mail: chanyu-s@yandex.ru

**Ковтун-Водяницька С. М. Онтоморфогенетичний розвиток *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel за інтродукції в Північному Лісостепу України.** – У роботі викладено результати багаторічних досліджень вікових станів *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel родини Lamiaceae Lindley. Встановлено, що за інтродукції в Північному Лісостепу України рослини даного виду проходять три періоди розвитку та сім вікових станів; відмічені прогресивні ознаки, характерні для розвитку.

**Ключові слова:** інтродукція, *Nepeta mussinii*, онтоморфогенез.

**Ковтун-Водяницькая С. М. Онтоморфогенетическое развитие *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel при интродукции в Северной Лесостепи Украины.** – В работе представлены результаты многолетних исследований возрастных состояний *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel семейства Lamiaceae Lindley. Установлено, что при интродукции в Северной Лесостепи Украины растения данного вида проходят три периода развития и семь возрастных состояний; отмечены прогрессивные признаки, свойственные развитию.

**Ключевые слова:** интродукция, *Nepeta mussinii*, онтоморфогенез.

### Вступ

Перші найбільш ґрунтовні дослідження онтогенетичного розвитку рослин розпочаті на початку ХХ століття німецьким ботаніком-фізіологом Г. Клебсом. В своїх роботах вчений довів залежність індивідуального розвитку рослин від умов існування. Онтогенез обумовлений взаємодією генетичних факторів і факторів зовнішнього середовища, тобто являє собою процес реалізації спадкової програми розвитку в конкретних умовах зовнішнього середовища. Кожен етап онтогенезу має специфічні, властиві лише йому фізіологічні і морфологічні ознаки і включає ріст і розвиток нових структур поряд із фізіологічними змінами, які є підготовчими для їх виникнення. Складовими онтогенезу є основні інтегральні процеси – вегетативний ріст і репродуктивний розвиток, тісно пов'язані з умовами середовища зростання. Онтогенез є ациклічним процесом, оскільки має початок і природний кінець рослинного організму як єдиної цілісної живої системи [1, 6, 13, 16].

Вияв морфологічних особливостей в різні періоди розвитку має теоретичне значення для детального розуміння біології виду, визначення видових ознак на різних стадіях онтогенезу з наступним використанням на практиці при введенні в культуру. Пізнання закономірностей виникнення та прояву пристосувальних ознак рослин як реакції на умови існування надає можливість впливу людини на онтоморфогенетичні процеси [7, 17].

Актуальність теми наших досліджень зумовлена відсутністю відомостей з індивідуального розвитку *N. mussinii* Spreng. ex Henckel родини Lamiaceae Lindley як за умови зростання в природних ценозах, так і в культурі.

### Матеріал і методи дослідження

Метою роботи було дослідити закономірності росту і розвитку рослин *N. mussinii* в онтогенезі за інтродукції в умовах Північного Лісостепу України. Рослини вивчали в польових і камеральних умовах протягом 2006–2011 років.

Під час дослідження використано польовий, лабораторний, морфологічно-описовий, порівняльний методи [8, 12]. Вікові періоди і вікові стани онтогенетичного розвитку рослин *N. mussinii* охарактеризовані згідно концепції дискретного опису онтогенезу [3, 5, 9–11, 14]. В описах використана загальноприйнята термінологія з морфології вищих рослин [2, 4, 15].

### Результати та обговорення

*Nepeta mussinii* – трав'яниста багаторічна коротко кореневищна рослина з вираженими ксероморфними ознаками. Для *N. mussinii* властивий полікарпічний цикл розвитку. Ареал охоплює Центральне і Східне Закавказзя, Курдистан, південно-східну частину Туреччини. Рослина економічно важлива завдяки ефіроолійним, медоносним, лікарським, декоративним властивостям.

Дослідження великого життєвого циклу шляхом аналізу різновікових особин *N. mussinii* проводили протягом шести років. В роботі представлені онтогенетичні періоди, охоплені періодом досліджень.

За результатами досліджень виділено наступну періодизацію онтогенезу *N. mussinii* – латентний період, прегенеративний і генеративний та сім вікових станів: ереми в стані спокою, проростки, ювенільні рослини, віргінільні рослини, молоді генеративні рослини, середньовікові генеративні рослини та старі генеративні рослини. Морфолого-біологічні особливості *N. mussinii* висвітлені нижче для кожного з періодів онтогенезу у відповідності до конкретного вікового стану.

Латентний період. Періодом первинного спокою є перебування рослини у вигляді плодів. Плід *N. mussinii* – ценобій, який при дозріванні розпадається на 4 ереми. Ереми дрібні, бурого, буро-чорного кольору, 1,5–1,8 мм завдовжки, 0,9–1,1 мм завширшки, 0,6–0,8 мм завтовшки; еліпсоподібної форми із закругленою верхівкою, з помітними гранями і скульптурованою поверхнею спермодерми. Маса 1000 еремів 0,5–0,8 г.

Після досягання плодів (ценобіїв) їх частки – ереми механохорно поширюються біля материнських рослин на невелику відстань і мають здатність за сприятливих умов відразу проростати. Тобто для еремів *N. mussinii* характерний неглибокий фізіологічний спокій. Схожість відразу після дисемінації становить 26–79%. Ереми від самосіву проростають із травня по жовтень. В лабораторних умовах при температурі 23–25°C проростання спостерігається на 3–5-й день після закладки в чашки Петрі. Згідно існуючої класифікації щодо виходу зародкового корінця при проростанні насіння ереми *N. mussinii* належать до першого типу, тобто під час проростання зародковий корінець виходить через мікропіле, яке розривається вздовж двома лопатями на 2/3 власне довжини самого ерему. Зародковий корінець білого кольору завдовжки 3,9–4,7 мм. Звільнення проростків від спермодерми спостерігали на 2-й день після початку проростання. Тривалість проростання 5–7 діб, схожість – до 92%, енергія проростання – до 75%. Польова схожість за умов достатнього зволоження і теплозабезпечення зазвичай наближена до лабораторних показників. Проростання надземне.

Прегенеративний період. *Проростки (p)* – рослини, які мають сім'ядолі і пару листків. Сім'ядолі парні, спочатку стулені, жовті. Надалі розтуляються і набувають ніжно зеленого кольору, який дедалі – в наступні 3-5 доби стає інтенсивнішим.

За формою сім'ядолі яйцевидні, цілокраї, з притупленою верхівкою, при основі ниркоподібні, із заокругленими відтягнутими краями, завдовжки до 2 мм, завширшки 1,2–1,4 мм. Довжина корінця в цей час становить 5,8–7,5 мм. В наступні дні сім'ядолі збільшуються в розмірах, дещо вигинаються і стають опуклими, стає помітною центральна жилка і опушення, відбувається ріст черешків, потовщення корінця та ріст бічних корінців. Листки розвиваються перехресно супротивно, мутовчасто. Перша пара справжніх листків з'являється на 8–10 добу. Листок простий, округло-яйцевидний, опушений простими волосками, край листової пластинки городчастий; жилкування перисто-сітчасте. Головний корінь стрижневий, 1,5–2 см завдовжки, має галуження на другий і третій порядки. У пазухах листків закладаються бруньки. Тривалість життя проростків – 12–13 діб.

*Ювенільні особини (j).* У рослин *N. mussinii* відбувається активізація ростових і органотворчих процесів. Рослини в цьому онтогенетичному стані мають розвинені третю-четверту пари справжніх листків і ще не мають типових ознак, характерних для дорослих особин даного виду.

Листки збільшуються в розмірах: 0,5–0,9 см завдовжки, 0,4–0,5 завширшки, стають зморшкуватими. Висота рослини складає – 2,5–4,3 см. Інтенсивно розвивається коренева система. Головний корінь видовжується, товщає, спостерігається галуження та розвиток бічних і додаткових коренів. В окремих рослин у верхній частині головного кореня зустрічається розвиток 1–2 бічних коренів, які майже однакові з ним за розмірами. Діаметр кореневої шийки 0,5 см. На ній по колу закладаються підземні частини пагонів – бруньки відновлення, 1–3 мм завдовжки, рожевого кольору, вкриті недорозвиненими сидячими листками. За розмірами коренева система досягає 3,2–4,8 см і переважає надземну частину рослини. Це може свідчити про ксерофітне походження і пристосованість до посушливих умов зростання. Сім'ядолі в цей час поступово припиняють активність і відмирають. У сім'ядольному вузлі відбувається закладка бруньок відновлення. Ювенільна фаза триває 9–11 діб.

*Іматурний віковий стан (im) у N. mussinii* за інтродукції не виражений.

*Віргінільні особини (v)*. У рослин, які перебувають в даному стані розвитку відмічається галуження головної осі: із бруньок пазух листків, насамперед листків першої і другої пари, розвиваються бічні пагони другого порядку. Починають розвиток бруньки сім'ядольного вузла. Відбувається формування первинного куща, в зв'язку з чим пагони із ортотропних стають плагіотропними, розміщуючись по колу; головний пагін згодом нівелюється і не вирізняється. Кожний бічний пагін дає в свою чергу бічні пагони наступного порядку. Висота рослини становить 13–18 см, діаметр 15–26 см. Збільшуються лінійні розміри листової пластинки: довжина 2,2–2,5 см, ширина 1,1–1,5 см. Відбувається подальше наростання кореневої системи – спостерігається потужний розвиток додаткових коренів, продовжується закладка і розвиток пагонів на базальній частині кореня, додаткові корені збільшуються в розмірах, продовжуючи галузитися. Іноді можливий розвиток додаткових коренів у вузлах пагонів другого порядку, в результаті чого їх базальна частина втягується в ґрунт.

Генеративний період. В умовах культури протягом шести років повну тривалість генеративного періоду у рослин *N. mussinii* встановити не вдалося. Однак, за роки спостереження 2006–2011 рр. можна стверджувати, що генеративний період за тривалістю значно перевищує прегенеративний період. Виділення вікових станів генеративного періоду індивідуального розвитку ґрунтується на достатньо чітких проявах морфолого-фізіологічних ознак. З настанням фази цвітіння і плодоношення на першому році життя особини вступають у генеративний період розвитку.

*Молоді генеративні рослини (g<sub>1</sub>)*. Особини *N. mussinii*, перебуваючи в цьому стані, характеризуються паритетним розподілом вегетативних і генеративних пагонів. Мають добре розвинену кореневу систему. В підземній частині первинного куща утворюється щільний, з кількома скелетними гілками каудекс, який в діаметрі досягає 2,5–3,5 см. З термінальних бруньок головного пагону і пагонів другого порядку розвивається генеративна частина, в результаті чого пагони стають вегетативно-генеративними. Пагони із ортотропних стають частково плагіотропними. Вони видовжені, галузисті, в нижній частині мають дещо вкорочені міжвузля, а в середній і верхній – подовжені. В нижній та середній частині пагонів з пазушних бруньок формуються пагони збагачення. Завдяки вказаним пагонам збільшується загальна фотосинтетична поверхня пагонової системи рослини, а також насінна продуктивність. Проте частина із цих пагонів має неповний цикл розвитку і відмирає, не переходячи до цвітіння. Генеративні пагони рослини містять префлоральну та власне флоральну зони. Префлоральна зона генеративних пагонів завдовжки 18–20 см, утворена з 5–7 метамерів. В межах цієї зони спостерігається зміна листків – догори із черешкових вони поступово стають сидячими, зменшуючись при цьому у розмірах.

Флоральна зона пагона утворена 6–8(9) метамерами. В пазухах приквіток міститься пара цимоїдних парціальних суцвіть, що являють собою подвійні дихазії, які разом утворюють суцвіття – складний видовжений політелічний тирс.

З третьої декади липня до кінця жовтня рослини проходять фази цвітіння і плодоношення. По закінченню фази плодоношення генеративна частина пагонів поступово засихає і відмирає, вегетативна частина продовжує функціонувати. В другій половині вегетативного періоду пагони 1-го і 2-го порядків при основі стають здерев'янілими, втрачають облиственість і у вузлах мають розгалужені додаткові корені 8–12 см завдовжки. Базальна частина кореня містить бруньки відновлення, сплячі бруньки і молоді пагони до 5 см завдовжки, рожевого кольору, густо опушені білими волосками. Вони несуть лускоподібні листки, які не повністю сформовані, ще не розгорнуті, мають гостро-трикутну листкову пластинку з городчастим краєм. В зиму рослини переходять в фотосинтетично активному стані. Протягом зимового періоду пагони відмирають до базальної частини. Дана частина залишається життєдіальною, стає резидом і входить до складу каудексу рослини.

*Дорослі генеративні особини (g<sub>2</sub>).* Це найбільш тривалий віковий стан *N. mussinii*. В цей стан рослини вступають починаючи з другого року їхнього життя і перебувають в ньому переважно три роки. Навесні, в березні, а в особливо теплі і малосніжні зими – в кінці лютого, після вимушеного зимового спокою, рослини поновлюються із численних бруньок відновлення резид каудексу. Головний корінь, елементи каудексу здерев'янілі. Багаторічні резиди каудексу утворюються в результаті втягування в ґрунт моноподіально наростаючих монокарпічних поліциклічних пагонів за рахунок контрактильної діяльності головного кореня, наявне численне додаткове коріння, тобто спостерігається явище геофілії.

Починаючи з другого року життя рослина здатна протягом вегетаційного сезону 2–3 рази проходити генеративну фазу розвитку: з кінця квітня до другої декади червня, з кінця липня до початку вересня і, за сприятливої осені, з жовтня по листопад. Поновлення вегетативних та відмерлих генеративних пагонів відбувається за рахунок розвитку пазушних бруньок та бруньок відновлення.

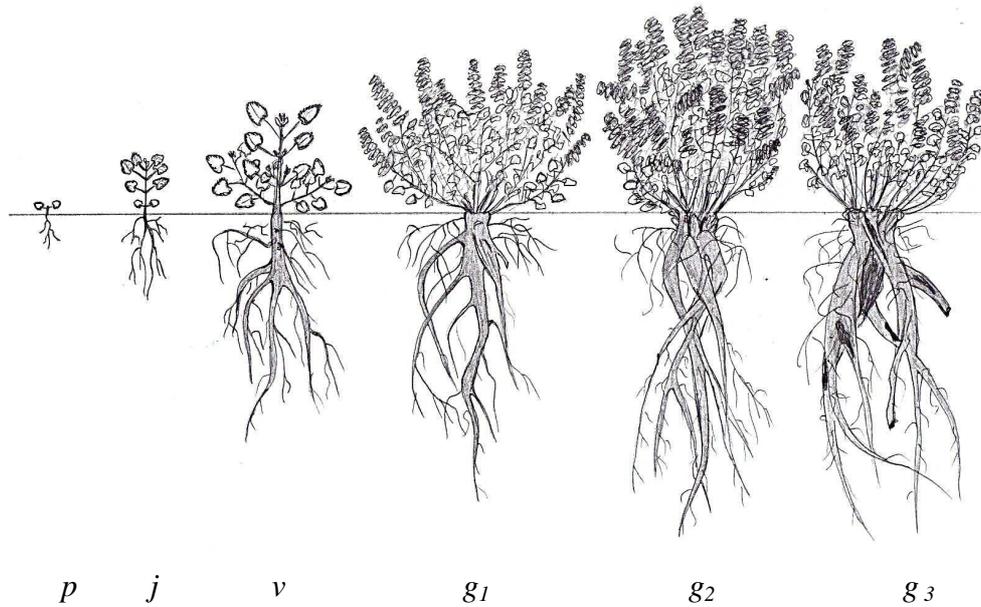
Для особин (g<sub>2</sub>) є характерним перевага кількості генеративних пагонів над вегетативними. Генеративні особини характеризуються максимальними розмірами морфологічних органів, мають високий показник фітомаси та насінною продуктивності. Упродовж другого року життя рослини формують достатньо потужну кореневу систему, яка досягає глибини 38–50 см. Кореневище масивне, має кілька бічних скелетних коренів, переплетених між собою. Каудекс розгалужений. Спостерігається початкова партикуляція.

*Старі генеративні особини (g<sub>3</sub>).* Починаючи з 5–6 років вегетації рослин *N. mussinii* спостерігаються зміни стану їх кореневої системи. Відбувається інтенсифікація процесу партикуляції. На багаторічних гілках каудексу та на головному корені активно проходять деструктивні зміни, які виражаються руйнуванням базальної частини та появою поздовжніх розщеплень, тріщин та некрозів. Тобто, в даному віковому стані у *N. mussinii* на перший план виходять процеси деградації кореневої системи.

Схематичне зображення проходження онтогенетичних станів особинами *N. mussinii* подано на рис. 1.

## Висновки

Протягом досліджень 2006–2011 рр. встановлено, що за інтродукції в умовах Північного Лісостепу України для великого життєвого циклу *N. mussinii* властиво три періоди розвитку – латентний, прегенеративний і генеративний та сім вікових станів: ереми в стані спокою, проростки, ювенільні рослини, віргінільні рослини, молоді генеративні рослини, середньовікові генеративні рослини та старі генеративні рослини. Виявлено прогресивні ознаки розвитку: наземне проростання насіння, швидкий темп розвитку – куціння рослин відбувається в прегенеративному стані, настання генеративного періоду в перший рік життя.



**Рис. 1. Схема онтоморфогенетичного розвитку особин *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel.**  
Умовні позначки: *p* – проросток, *j* – ювенільна рослина, *v* – віргінільна рослина, *g<sub>1</sub>* – молода генеративна рослина, *g<sub>2</sub>* – доросла генеративна рослина, *g<sub>3</sub>* – стара генеративна рослина

### Список літератури

1. Аксенова Н. П. Цветение и его фотопериодическая регуляция / Н. П. Аксенова, Т. В. Баврина, Т. Н. Константинова. – М., 1973. – 296 с.
2. Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Плод / З. Т. Артюшенко, А. А. Федоров. – Л., 1986. – 392 с.
3. Берко И. Н. Жизненные формы губоцветных Украины (структура, морфогенез, классификация): дис. ... докт. биол. наук / И. Н. Берко. – Л., 1993. – 550 с.
4. Зиман С. М. Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин: Навч.-метод. пос. / С. М. Зиман, С. Л. Мосякін, Д. М. Гродзинський та ін. – К., 2012. – 176 с.
5. Игнатъева И. П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений / И. П. Игнатъева. – М., 1983. – 55 с.
6. Казарян В. О. Физиологические основы онтогенеза растений / В. О. Казарян. – Ереван, 1959. – 428 с.
7. Комір З. Деякі особливості онтогенезу *Prunella grandiflora* (L.) Scholl. ex situ / З. Комір, О. Альохін // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. – 2007. – Т. 12–14. – С. 71–73.
8. Международные правила определения качества семян / Под. ред. И. Г. Леурды. – М., 1969. – 182 с.
9. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. – 1950. – Вып. 6. – С. 14–44.
10. Работнов Т. А. Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений / Т. А. Работнов // Полевая геоботаника. – М., Л. – 1960. – Т. 2. – С. 141–149.
11. Серебряков И. Г. Типы развития побегов у травянистых многолетников и факторы их формирования / И. Г. Серебряков // Уч. зап. МГПИ им. В. П. Потемкина. – 1959. – Вып. 5. – С. 3–37.
12. Серкова А. А. Методика определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян видов котовника // Исходный материал и селекция котовника: дис. ... канд. с.-х. наук / А. А. Серкова. – Симферополь, 1985. – 294 с.
13. Словник української біологічної термінології. – К., 2012. – 744 с.
14. Уранов А. А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе / А. А. Уранов // Бюлл. МОИП. – 1960. – Т. 65, вып. 3. – С. 77–92.

15. Федоров А. А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Соцветие / А. А. Федоров, З. Т. Артюшенко. – Л., 1979. – 296 с.
16. Хохряков А. П. Эволюция биоморф растений / А. П. Хохряков. – М., 1981. – 168 с.
17. Чайлахян М. Х. Основные закономерности онтогенеза высших растений / М. Х. Чайлахян. – М., 1958. – 80 с.

Надійшла до редакції 11.04.2013

Прийнята до друку 10.06.2013

**Kovtun-Vodyanitska S. M.**

**ONTOGENETIC DEVELOPMENT OF *NEPETA MUSSINII* SPRENG. EX HENCKEL  
WHEN INTRODUCED IN NORTH FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

*M. M. Gryshko National Botanical Gardens National Academy of Sciences of Ukraine  
Tymiryazevska Str., 1, Kyiv, 01014, Ukraine; e-mail: chanya-s@yandex.ua*

Ontogenetic development of plants caused by the interaction of genetic and environmental factors is the process of hereditary program realization under growing conditions. For each stage of ontogeny inherent typical physiological and morphological traits. Ontogeny is an acyclic process – has a beginning and an end to the plant organism as a unified holistic living system.

The relevance of our research is the lack of information about the ontogeny of *Nepeta mussinii* Spreng. ex Henckel family Lamiaceae Lindley in natural communities and culture.

The purpose of the research was to study the growth and development of *N. mussinii* in ontogeny being introduced in North Forest-Steppe of Ukraine. Studies conducted during 2006–2011 years.

The studies were guided by generally accepted botanical terminology in morphology of plants. Age periods and conditions described under the concept of discrete description of ontogeny.

Seeds of *N. mussinii* characterized by shallow physiological dormancy, they were able to germinate immediately after seeding. The germinating capacity of seeds – up to 92%, energy of germination – up to 75%. Duration of seeds germination – 5–7 days.

In ungenerative period went through four age condition plants from which immature age state not expressed. From seedlings are formed plants in which the root system was bigger than aerial parts in size. The development of kidney cotyledon node observed. The primary shrub, whose main shoot soon leveled by and becomes an unexpressed, was formed.

Generative period occurred in the first year of plant life and its duration exceeds ungenerative period. In the young state of generative plant *N. mussinii* characterised by parity distribution of vegetative and generative shoots. Enrichment of forming shoots resulted in increasing of photosynthetic surface of the plants and their seeds production. Shoots was in unfloral and floral zones. During the second year of life *N. mussinii* become adult generative plants: acquire maximal size of organs, develop strong root system, the phenomenon geophiles, form branched caudex, begin particulation.

From 5–6 years of life plants are becoming old generative plants, which are characterized by intensification of particulation. In this age activated degradation of root system.

Our research has revealed that big life cycle of *N. mussinii*, being introduced over six years of research, characterized by three periods and seven age states. Progressive signs of plants are established: ground germination, fast rate of development, because plants form a bush in ungenerative condition and state of the generative is offensive during the first year of life.

*Key words:* introduction, *Nepeta mussinii*, ontogenetic.

**References**

1. Aksenova, N.P. (1973). Photoperiodic flowering and regulation, 296 p.
2. Artyushenko, Z.T. (1986). Atlas of descriptive morphology of higher plants: Fruit, 392 p.
3. Berko, I.N. (1993). Life forms Labiatae of Ukraine (structure, morphogenesis, classification), 550 p.
4. Zyman, S.M. (2012). Illustrated directory to flowering plant morphology, 176 p.
5. Ignat'eva, I.P. (1983). Ontogenetic morphogenesis of vegetative organs of herbaceous plants.
6. Kazarian, V.O. (1959). Physiological basis of plant ontogenesis, 428 p.
7. Komir, Z., & Alohin, O. (2007). Some features of ontogeny *Prunella grandiflora* (L.) Scholl. ex situ. News of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 12-14, 71-73.
8. International rules for determining the quality of seeds (1969), 182 p.
9. Rabotnov, T.A. (1950). Life cycle of perennial herbaceous plants in the meadow plant communities. Proceedings of the USSR Academy of BIN, 6, 14-44.
10. Rabotnov, T.A. (1960). Methods for determining the age and length of life of herbaceous plants. Field Geobotany, 2, 141-149.
11. Serebryakov, I.G. (1959). Types development of shoots of herbaceous perennials and factors of their formation. Scientific Notes of V.P. Potemkin MGPI, 5, 3-37.

12. Serkova, A.A. (1985). Methods of determining the energy of germination and laboratory germination of seeds of species *Nepeta*. Source material and selection catnip, 294 p.
13. Ukrainian dictionary of biological terminology (2012), 744 p.
14. Uranov, A.A. (1960). The vital condition of the species in the plant community. Bulletin of the MOIP, 65, 3, 77-92.
15. Fedorov, A.A., & Artyushenko, Z.T. (1979). Atlas of descriptive morphology of higher plants. Inflorescence, 296 p.
16. Khokhryakov, A.P. (1981). Evolution of plants biomorphe, 168 p.
17. Chaialakhyan, M.H. (1958). Basic laws of ontogeny of higher plants, 80 p.

Received: 11.04.2013

Accepted: 10.06.2013

UDC 504.062

© V. V. Kolesnikova

## IMPROVING TECHNOLOGIES FOR PREPARING ROCK SPOIL HEAP SLOPES FOR PLANTING OF GREENERY

*Donetsk National Technical University; Artema Str., 58, Donetsk, 83001, Ukraine*

*e-mail: volya8@yandex.ru*

**Kolesnikova V. V. Improving technologies for preparing rock spoil heap slopes for planting of greenery.** –

This paper proposes a new method of stabilization of rock spoil heap slopes, which results in savings during the technical stage of revegetation, in particular, during flattening and terracing of slopes in order to achieve stabilization. This method is unique due to its economy, low environmental impact, long-term sustainability and ease of construction.

*Key words:* stabilization of rock, revegetation, flattening, terracing, achieve stabilization.

### Introduction

For over 200 years underground coal extraction has been a common practice in the Donbass region. During the development of deposits, waste rock gets brought up to the surface along with coal. The waste is then stored on the surface as rock-disposal piles of different shape. There are 1185 such sites covering over 7 thousand acres and containing approximately 1.7 billion cubic meters of waste [1].

All this time existed and especially sharply the problem of harmful influence of pedigree dumps costs now on a natural environment, and all this time scientists tried to find the optimal decision of this problem. The evolution of forms of pedigree dumps appeared one of consequences of decision of this question from conical sharp waste banks through the flat benched dumps to landscape building (fig. 1).

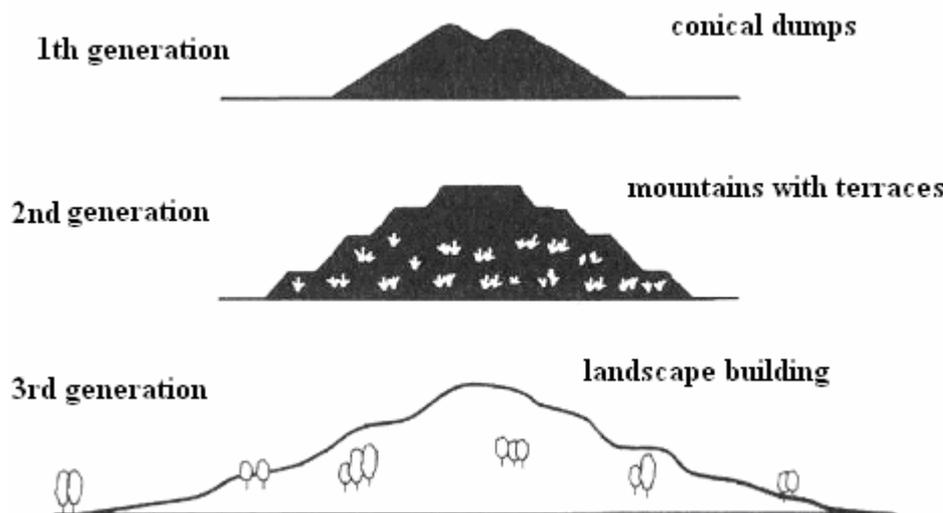


Fig. 1. Evolution of form of dump.

On the first stage of development of the coal mining dumps which have cone-shaped forms caught up on one's the sleep in the world. Through the magnificent pouring they did not hinder to penetration of oxygen inward and that is why felt like spontaneous combustion. Contamination of the inhabited districts smoke, instability of waste banks in time and difficulty of their planting of greenery through the high steepness of slopes, and also erosion is related to it under the action of wind and rain, led to that which was in future from pouring out of such dumps to refuse. Majority from these waste banks were afterwards taken apart in connection with that the burned completely mountain breed found application as building material, and some of them – re-formed in flat pedigree dumps. The rules of pouring out, registrations of steepness of slopes and planting of greenery, were worked out, body of dump described as a

mountain with terraces with strict lines and strict contour. An order pursued in relation to the certain form of dump, first of all, the exception of changes and mobility of the mountain masses.

In Ukraine and flat pedigree dumps catch up on one's the sleep to this day. However in Germany went farther and already at the end of 70th for taking title on further exploitation to the dump decision role, next to the ground of necessary areas under dumps, the consent of mountain enterprise to convert these dumps into landscape building by means of new principles of registration and planting of greenery [2].

In order to restore the environment in mining districts, the Ukrainian Cabinet of Ministers passed Resolution No. 1606 on August 31, 1999, which approved a Framework for improving the ecological condition of said districts. One of the goals of the Framework is the determination of optimal ways and methods of rehabilitating territories where intensive use of subsurface resources took place.

According the Framework and taking into consideration the low tree density of the region, the most advantageous solution to the problem of dust-spreading terricones is phytooptimization (planting of greenery) of the rock spoil heaps.

In recent years the optimization of the rehabilitation of terricones has become much more relevant in connection with restructuring of the coal industry, which is accompanied by closing of unprofitable mines. This process demands implementing of nature protecting arrangements, which are focused on increasing of ecological safety and planting of greenery on mine dumps, in particular.

Furthermore, because of a shortage of available land in the overpopulated region called Donbass an important issue of purposeful use of land, taken for carrying rock spoil heap, arouses. Therefore, including of the rock spoil heap territories in composition of natural landscape has to become the main purpose of recultivation of rock spoil heap as soon as possible.

Similar methods are widely used in Germany [2]. Many rock spoil heaps, for example, Grose Holc near Bergkamen or Pattberk in Moerse that is located in a lower course of Rein, are resting places for many residents of that area. One could get rested there, enjoy clean nature, it's a good place for children to play. The landscape facilities were engineered along with landscape architectures. Some were very skeptical about this project, but there are many supporters among residents nowadays. Before being built by decorators, the «landscaped» mountains have to be born on paper. There are many variables, such as: dump places, steepness of inclinations, drops, and sinuosity of roads. Next step is a modeling. During this process dry and wet biotops are being planned, because they are desirable and essential no less than others. Therefore, not only decoration of landscapes needs to be taken under the consideration, but an environmental protection as well.

It's well known that recultivation is very expensive and time-consuming process. Based on the information received from the Ministry of Finance, there was increase up to 9 billiard hryvnia in investing in coal mining industry in 2013, which is 3 billiard hryvnia more than was received the previous year. However, only 16% from this amount was spent on restructuring of coal mining industry. The rest of the money was distributed between different expenditures, such as environmental protection services and works, preparation of coalmines for liquidation, actual extermination of mining plants, and etc.

Underfinancing doesn't allow performing quick and quality measures for recultivation of increasing amount of waste heaps. Target function of effectiveness of recultivation is [3]:

$$\sum M_T + \sum M_B + \sum M_C = \sum \sum M_R \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum E - \sum \sum M_R \rightarrow \max \quad (2)$$

where  $\sum M_T$  – money spent on technical stage of recultivation, hryvnia;  $\sum M_B$  – money spent on biological recultivation, hryvnia;  $\sum M_C$  – money spent on building industrial, civil and other

facilities on spoil dump, hryvnia;  $\sum \sum M_R$  – total amount spent on reclamation, hryvnia;  $\sum E$  – complete public and economic outcome from the reclamation of waste dump, hryvnia.

Amount of expenses in expressions 1 and 2 could be obtained by simple calculation or using the principle of integrated exponents.

Compliance with principle of minimum of combined cost allows increase of some elements (expenses) for the cost of others. Based on this principle, decreasing of at least one expense leads to decreasing of amount of expenses on reclamation, which ideally should tend to a minimum.

The cutting down of expenses on technical stage of reclamation was proposed, on process of flattening and terracing of slopes for their stability in particular.

It is well known that unsteadiness of upper level of soil on inclinations of heaps is the main impediment for growth and development of plants. As a result of episodic movement of dump mass under the change of temperature, humidity, and under the influence of wind, destruction of root system of sprouts and adult plants takes place. The surface level of soil has to be locked in order to provide good conditions for growth of plants and to preserve the root system.

### **Presentation of materials and results**

At present, in order to implement the adopted reclamation techniques, in keeping with requirements of the biological stage, there are ongoing efforts to create terraces and microterraces, flatten slopes of a given size, create ditches for planting trees and shrubbery, create drainage systems and lay down of topsoil.

During the process of reforming cone shaped pile into flat level the inclinations of 35–40° steepness form and they are equal to the steepness of natural slope of waste mass. Changes in temperature, humidity, and air slake of waste are responsible for instability of slopes. The erosion processes, rockslides and soil slips are very often happen on inclinations. To increase stability of the surfaces of wastes slope flattening is performed. This is the most complex and expensive process in reclamation of soil.

Earthmoving machines are used for slope flattening. The borders of base area get transferred onto the flat top of reformed pile and they are calculated in order to insure the necessary steepness of inclinations and proper arrangement of terraces. The research of great number of slopes made possible to determine the maximum allowed steepness. It has to be no more than 30° in slopes of coal mines and 27° in slopes of enriching plants (since the waste and traces of enrichment get collected together). Starting from the borders of platform, the earthmoving machine transfers the waste layer by layer in radial direction from center to the periphery of slope and dumps it under the slope. The borders of each new layer move from the center to the rim on the distance that equal the double depth of the layer of transferring waste.

Due to limited territory, most of the time, slope flattening is performed on slopes of up to 30°, with terrace heights of 10 m. In this case, the area of rock spoil heaps increased by about 40%.

Terraces and microterraces are cut into rock spoil heap slopes in order to prevent the onset of erosion processes, to fortify the slopes through planting of brush and trees, and to collect and divert atmospheric precipitation. However, the process of terracing, is very labor intensive and expensive.

As an alternative to the described method of stabilizing soil on the surface of the rock pile, as well as a way to prevent development of erosion processes, we are proposing to use elastic systems of slope stabilization.

Examples of such elastic systems of slope stabilization include TECCO (Germany) [4] and Tensar (England) [5], with Tensar being more dominant on the Ukrainian market.

The system offered by TECCO consists of a high-tensile steel mesh constructed of 3 mm wire, covered with a 150 g/m<sup>2</sup>-thick aluminum zinc alloy. The mesh has a tensile strength of over 1770 N/mm<sup>2</sup> and a mesh size of 83 x 143 mm. These high strength and corrosion resistive properties, together with the three dimensional cell structure, allow wide-ranging applications in slope stabilization, while making the mesh an effective and reliable way to implement hydro and dry seeding.

Natural vegetation creates protection against erosion, however, on steep slopes it may be necessary to implement additional measures to combat erosion.

In these cases, it is necessary to use low-visibility materials, which would create the desired erosion protection with the help of a vegetation layer.

Another solution is the three-dimensional Tensar Mat, which is a special meshing with a high degree of flexibility, tensile strength, and resistance to microbiological decomposition processes. This material is available in rolls and is designed to be laid directly onto the soil or foundation area. Tensar Mat is first used to stabilize the surface until a thin layer of vegetation develops, and then continues to provide long-term reinforcement to the root system.

Tensar Mat is made out of polyethylene, which makes it chemically inert and, consequently, not subject to corrosion. Mats are made from two highly elastic flat base layers, connected with two more upper layers that have a wave-like surface. The shape of the upper layers provides good adhesion with the soil. These mats provide long-lasting reinforcement and anchoring for the root systems of plants.

Advantages of the given method of slope stabilization consist of the following: economy; sustainability; long-lasting solutions; ease of installation.

### Conclusions

In order to successfully conduct revegetation, it is necessary to prepare the rock spoil heap surface in such a way, that will prevent displacement of the upper layers of soil along the slopes of the heap.

As an alternative to the discussed operations, we propose the use of elastic slope stabilization systems, such as TECCO (Germany) or Tensar (England). Advantages of these systems consists of economy, sustainability, long-lasting solutions, and ease of installation.

In addition, the Tensar system is capable of controlling slope angles that are much higher than those on existing rock spoil heaps, which can lead to more economical land use and an increase in deposited rock material per unit area.

### References

1. Kirichok, L.S. (2005). Ways of optimization of forest's recultivation of waste piles. Coal of Ukraine, 9.
2. Pal, M.H. (1996). Energy and protecting the environment («Environmental protection in practice» series). Padeborn, FIT-Verlag, 449 p.
3. Technological schemes of recultivating terricones and flat rock spoil heaps from mines and enrichment factories (Explanatory note and schematics) (1981). Perm, 163 p.
4. Mroziak, M., Züger, M., & Flum, D. (2006). Stabilizacja ścian wykopu o głębokości 12 m, wykonanego w gruntach sypkich w miejscowości Wehlen, Niemcy, przy pomocy elastycznego systemu stabilizacji składającego się z siatki o wysokiej nośności w połączeniu z gwoździowaniem. XII Międzynarodowe Sympozjum GEOTECHNIKA-GEOTECHNICS, Gliwice-Ustroń.
5. [Electronic resource]. Retrieved from <http://selton.com.ua>

Received: 19.11.2013

Accepted: 13.12.2013

**Колесникова В. В. Совершенствование технологий подготовки склонов породных отвалов к озеленению.** – Предложен новый метод стабилизации склонов породных отвалов, позволяющий экономить на техническом этапе рекультивации, в частности на операциях выколаживания и террасирования откосов с целью достижения их устойчивости. Метод отличается своей экономичностью, экологичностью, долговременностью решения, легкостью возведения.

*Ключевые слова:* стабилизация откосов, рекультивация, выколаживание, террасирование, устойчивость склонов.

**Колеснікова В. В. Вдосконалення технологій підготовки схилів породних відвалів до озеленення.** – Запропоновано новий метод стабілізації схилів породних відвалів, що дозволяє економити на технічному етапі рекультиватії, зокрема на операціях виположування та терасування укосів з метою досягнення їх стійкості. Метод відрізняється своєю економічністю, екологічністю, довготривалістю рішення, легкістю зведення.

*Ключові слова:* стабілізація укосів, рекультиватія, виположування, терасування, стійкість схилів.

Надійшла до редакції 19.11.2013

Прийнята до друку 13.12.13

УДК 574.4+536.7

© Г. Н. Лысенко

## САМООРГАНИЗАЦИЯ ЗАПОВЕДНЫХ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ СИНЕРГЕТИКИ

*Нежинский государственный университет имени Николая Гоголя  
16600, Черниговская область, г. Нежин, ул. Крапивянского, 2  
e-mail: lysenko\_gena@yahoo.com*

**Лысенко Г. Н. Самоорганизация заповедных степных экосистем с позиций синергетики.** – Рассматриваются особенности процессов самоорганизации заповедных степных экосистем с позиций новой области междисциплинарных исследований – синергетики. Отмечается, что в большинстве степных резерватов, прежде всего в заповедниках с абсолютно заповедным режимом, процессы самоорганизации биотических структур чрезвычайно трансформированы и не соответствуют естественному ходу эволюционных процессов в Степи, как биома с доминированием травянистых экобиоморф.

*Ключевые слова:* синергетика, самоорганизация, степные экосистемы, заповідники.

**Лысенко Г. М. Самоорганізація заповідних степових екосистем з позицій синергетики.** – Розглядаються особливості процесів самоорганізації заповідних степових екосистем з позицій нової області міждисциплінарних досліджень – синергетики. Відмічається, що у більшості степових резерватів, насамперед на ділянках з абсолютно заповідним режимом, процеси самоорганізації біотичних структур дуже трансформовані і не відповідають природному ходу еволюційних процесів у Степу як біому з домінуванням трав'янистих екобіоморф.

*Ключові слова:* синергетика, самоорганізація, степові екосистеми, заповідники.

### Введение

Синергетические представления о самоорганизации сложных систем проникают сегодня в самые разнообразные области исследований. Вместе с тем статус синергетики в рамках науки на сегодняшний день не определен. Существует широкий спектр точек зрения. Так, синергетика часто трактуется в узком смысле как конкретная область теоретической физики и в широком – как общенаучная методология или даже как основа нового мировоззрения. Основатель синергетики Г. Хакен в одной из своих монографий справедливо заметил: «Если наука желает избежать необходимости всякий раз для объяснения сути вещей обращаться за помощью к сверхъестественным силам и актам творения, она первым делом должна объяснить природу самозарождения и развития структур – иными словами, суть процессов самоорганизации» [9]. Существуют ли общие принципы возникновения упорядоченных структур в открытых системах? На решение этой проблемы и направлены синергетические исследования. Синергетика (от др.-греч. *synergetikos* – совместный, согласованно действующий) – междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем (состоящих из подсистем).

Самоорганизация заключается в том, что в ее основе лежат закономерности изменения параметра порядка, определяющие макроскопическое поведение наблюдаемых структур. Множество отдельных элементов открытой системы (в нашем случае экосистемы или биогеоценоза) задействованы в процессе постоянного тестирования различных макросостояний, предоставляемых им системой. Под воздействием постоянно поступающей энергии (или энергии и вещества) один или несколько типов такой коллективной реакции оказывается предпочтительнее других, что согласуется и одновременно определяется законом энтропии [7]. Со временем именно эти формы движения или типы реакций становятся преобладающими в системе. Постепенно происходит подавление – или, говоря языком синергетики, подчинение ими всех прочих форм движения. Подчиняющие себе всю систему типы реакций проявляются в явных и отчетливо наблюдаемых изменениях макроскопической структуры системы. Состояния, достигнутые системой, как правило, представляются состояниями более высокой степени упорядоченности.

Проблеме организации и функционирования степных экосистем посвящена обширная литература. В исследованиях особое внимание уделяется вопросам формирования фитоценологических структур и способов функционирования степных биогеоценозов в целом, включая животное население и почвенный покров. Вследствие значительной антропогенной трансформации степного биома, основными полигонами исследований являются степные заповедники, на территории которых полностью запрещены или существенно ограничены все виды хозяйственной деятельности и внедрен абсолютно заповедный режим. Однако, при отсутствии стадных копытных и сопутствующим им видов степного фаунистического ядра, типичные виды-доминанты, прежде всего дерновинные злаки, стали замещаться корневищно-злаковыми а затем кустарниковыми и древесными экобиоморфами. Объяснить выше упомянутые трансформации не удалось, используя лишь флористический, фаунистический и биоценологический подходы.

Одной из фундаментальных особенностей биоты является самоорганизация материи, базирующаяся на необратимости большинства известных науке процессов, протекающих как в микро-, так и в макромире. Материи свойственна способность создавать и поддерживать в открытых системах очень неравновесные состояния, из которых при определенных условиях осуществляются скачкообразные переходы в качественно новые, в том числе с высшим уровнем упорядоченности. Э. Шредингер [10] пришел к выводу, что жизнь, в широком смысле, кроме разрушительной тенденции проявляет способность к стойкой поддержке упорядоченных состояний.

В предлагаемой работе попытаемся объяснить трансформацию растительного покрова степных и лугово-степных заповедных экосистем, проявляющейся в инверсии травянистых сообществ с доминированием «типичных» степных видов и лигнозных фитоценоструктур, используя основные положения синергетики.

### **Материал и методы исследования**

Полигонами исследований были выбраны степные заповедники Украины и России репрезентирующие различные типологические варианты степей: северные луговые степи («Михайловская целина» (Сумская обл., Украина), «Ямская степь» (Государственный природный заповедник «Белогорье» (Белгородская обл., Россия)), «Стрелецкая» и «Казацкая степи» Центрально-Черноземного биосферного природного заповедника им. проф. В. В. Алехина (Курская обл., Россия), гигротический вариант разнотравно-типчакково-ковыльных степей («Стрельцовская степь» отделение Луганского природного заповедника (ЛПЗ) (Луганская обл., Украина), петрофитный (на гранитах) вариант разнотравно-типчакково-ковыльных степей «Каменные Могилы» и «Хомутовская степь», представляющая настоящие разнотравно-типчакково-ковыльные степи – (оба отделения Украинского степного природного заповедника, расположенные в Донецкой обл.). Все вышеуказанные заповедники имеют на своей территории абсолютно заповедные участки, охранный режим которых установлен в середине XX века и исключает все виды хозяйственной деятельности.

### **Результаты и обсуждение**

Вследствие длительного воздействия абсолютно заповедного режима типичные степные ценозообразователи (дерновинные злаки из родов *Stipa* L., *Festuca* L., *Koeleria* Pers. и пр.), связанные коэволюционными отношениями с рядом степных консументов, прежде всего со стадными копытными, утратили свое ценологическое значение. На смену им пришли сообщества с доминированием корневищных злаков (представители родов *Elytrigia* Desv., *Calamagrostis* Adans., *Bromopsis* Fourr., *Poa* L., *Dactylis* L., *Arrhenatherum* Beauv.) с соответствующим ценологическим окружением (виды лугово-степного и лугового разнотравья *Vicia tenuifolia* Roth, *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Lactuca serriola* Torner, *Clematis integrifolia* L., *Thalictrum minus* L., *Inula germanica* L., *Galatella rossica* Novopokr. и др.). Во многих типологических вариантах степей значительное место в растительном покрове начали занимать кустарниковые степи с доминированием *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex

Voloszczs.) Klaskova, *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Amygdalus nana* L. Это же касается и зарослей степных кустарников (*Prunus stepposa* Kotov, *Cerasus fruticosa* Pall., *Rhamnus cathartica* L. и др.), которые уже выходят на плакорные участки при этом эффективно элиминируют из травостоя типичных степантов. На территории степных резерватов имеются участки в состав растительности которых входят сообщества с выраженной эдификаторной ролью древесных экибиоморф (*Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Acer tataricum* L., *Populus tremula* L.), образующих фитоценоструктуры, резко контрастирующие с типичной степной растительностью.

Доказано, что доминирование травянистых экибиоморф в большинстве случаев объясняется экзогенными механизмами стабилизации [4]. К огромному сожалению, зоокомплекс большинства степных заповедников достаточно беден. Отсутствие многих звеньев консументного блока (прежде всего стадных копытных (*Artiodactyla* и *Perissodactyla* (Owen, 1848) с соответствующей гильдией копрофагов, степных грызунов (*Marmota* (Blumenbach, 1779), *Dipodidae* (Fiscer von Waldheim, 1817) и др.) в большинстве современных степных заповедников привело к «олуговлению» степных травостоев. Здесь уместно обратиться к истории формирования биомов с доминированием травянистых биоморф. По мнению В. В. Жерихина [4], травяные биомы на основе злаков возникали независимо, по меньшей мере, трижды – в эоцене в Южной Америке, в олигоцене-миоцене на северных материках и в миоцене в Австралии. Однако их становление каждый раз было связано с деятельностью крупных растительноядных позвоночных. Наличие мощного консументного блока с одной стороны, и влияние регулярно повторяющихся локальных нарушений – с другой, способны стабилизировать многовидовое сообщество, лишённого устойчивости.

Таким образом, ряд существующих ныне степных заповедников охраняет совсем иные биоценоотические структуры, многие из которых с огромными допущениями можно отнести к «типичным» степным. Существующие заповедные режимы оказались достаточно искусственными, а порой, чуждыми природе степи. В результате их влияния исчезают не только «краснокнижные» виды, но и типичные зональные доминанты и эдификаторы. Исчезают именно те объекты, ради сохранения которых и были в свое время созданы степные заповедники.

В целом парадигма самоорганизации постепенно приобретает характер общенаучного принципа [3, 5, 9], с позиций которого можно определить эволюцию систем как направленный процесс возникновения новых структур в результате самоорганизации их элементов. Конечно, необходимым исходным условием для возникновения эволюционных процессов является наличие старой системы, которая характеризуется открытостью.

Эволюция открытых систем, охарактеризована предшественником Г. Хакена – И. Р. Пригожиным [7] как «порядок через флуктуации». Ведь именно благодаря случайным отклонениям от предыдущего режима функционирования неравновесные системы, которыми являются и экологические системы, в том числе и степные, теряют предыдущий уровень функционирования и переходят на новый, что проявляется в виде становления нового типа структур, отличающихся от исходных.

Однако, главная трудность, которую необходимо преодолеть, заключается в более полной и точной экспликации понятия «самоорганизации», которое разными исследователями трактуется по-разному. В словаре-справочнике Н. Ф. Реймерса [8] находим такое определение: «самоорганизация – строгая последовательность («порядок») физико-химических и биологических явлений в природных системах обусловленная внешними и внутренними ограничениями и ведущая к возникновению физиономически однородного и/или функционально единого целого». В тоже время В. В. Жерихин [11] замечает, что самоорганизация сложных систем базируется на самовоспроизводящихся и способных к адаптивной эволюции элементах, которые могут самоструктурироваться уже при очень простых начальных условиях. Однако эти параметры должны оставаться доступными на отрезке времени, соизмеримом со временем, необходимым для самоорганизации системы. В

случае быстрых и не предсказуемых изменений начальных условий самоорганизация или невозможна, или протекает крайне медленно.

Н. Н. Моисеев [6], объясняя основные положения концепции универсального эволюционизма указывает на то, что они должны быть способны описывать ту общую картину, те общие явления, которые обнаруживаются уже в рамках изучения динамических систем. Это все те же процессы самоорганизации, непрерывно рождающие из хаоса новые квазистабильные образования и превращающие их снова в материал для формирования из хаоса новых структур, т. к. в основе этих процессов всегда лежат три эмпирических обобщения: изменчивость (стохастичность и неопределенность органически присущи природе); наследственность (зависимость настоящего и будущего от прошлого) и отбор (система правил, отбирающих из множества виртуальных событий движения реальные). Одним из способов решения данной проблемы, по мнению Н. Н. Моисеева [6], является использование механизмов бифуркационного типа. Однако, хотя вышеуказанные механизмы в биологии проявляются не в таком рафинированном виде как в физике, тем не менее, они сохраняют свою основную особенность – непредсказуемость исхода. Вместе с тем академик Н. Н. Моисеев указывал на особое место, занимающее так называемыми им «механизмами сборки», которые провоцируют появление совершенно новых свойств у эволюционирующих систем. Он утверждал, что «... природе свойственна кооперативность – объединение отдельных элементов в системы. В результате у образовавшейся системы могут возникнуть новые свойства». И далее: «Совсем иное – возникновение свойств больших совокупностей объектов: если количество элементов и сложность связей между ними достигают некоторого критического уровня, то эта совокупность обретает некоторые качественно новые системные свойства. И с этой особенностью связаны, может быть, самые глубокие свойства окружающего нас «макромира» [6].

Существуют определенные сложности в вычленении и дифференциации демутиационных (восстановительных) изменений и процессов саморазвития, протекающих на фоне колебания величин климатических, гидрологических, эдафических и иных абиотических факторов. Кроме того, следует учитывать влияние консументного блока, как одного из регуляционных механизмов биоценотической эволюции, даже принимая во внимание его неполноценность и достаточно трансформированный состав. Не стоит приуменьшать и роль антропогенных воздействий, поскольку незначительные площади степных заповедников, их фрагментарность значительно снижают возможность реализации процессов саморазвития ценотических систем. Крайне малое число заповедников имеют научно-обоснованные охранные зоны, на территориях которых поддерживается режим щадящего природопользования. Упомянутые факторы значительно усложняют само понимание процессов самоорганизации, однако, нам представляется вполне корректным использовать как методологическую базу основные положения синергетики.

Какими же свойствами должна обладать ценотическая система, что бы в те или иные интервалы времени наиболее оптимально соответствовать средовым и биотическим параметрам? По мнению И. А. Банниковой [1], лесные экосистемы отличаются высокой энергетической упорядоченностью, поскольку сохраняют наибольшее количество связанной в биомассе энергии. Вместе с тем, она наиболее далека от состояния термодинамического равновесия, поскольку ее многолетняя масса на несколько порядков превышает однолетнюю зеленую массу, накапливаемую в период активного метаболизма. Поэтому леса достигают верхнего энергетического уровня при относительно низких скоростях негэнтропийного процесса (под этим следует понимать прирост биомассы). Все это предполагает более высокие затраты энергии на поддержание гомеостаза вследствие аккумуляции огромной биомассы.

В сравнении с лесом, степная экосистема характеризуется наименьшей энергетической упорядоченностью, так как ее суммарная биомасса достаточно мала, поэтому верхний энергетический уровень достигается при самых высоких скоростях роста негэнтропии.

И леса, и степи представляют собой крупные совокупности живых макроскопических тел с очень неоднородным распределением органического вещества и разнокачественными процессами его накопления, преобразования и утилизации. Их различие четко проявляется при сравнении запаса биомасс (в ряду «леса – степи» от 500 до 20 т/га), скорости обновления запаса химической энергии в годовом цикле развития (от 5–10% для леса до 80–90% для степи), удельной скорости производства химической энергии (соответственно: от 10–20 до 90–180 мг/м<sup>2</sup> ·сут).

В последнее время предпринимаются попытки объяснить эволюцию экосистем с позиций общефизических законов, в частности второго закона термодинамики. Так, Я. П. Дидухом [2] было проведено сравнение энергетических потенциалов и потоков лесных и степных экосистем по различным блокам. Анализ полученных количественных данных свидетельствует о концентрации энергии в биомассе лесных фитосистем, характеризующихся высокой энергетической емкостью, и в подземном блоке степных экосистем (преимущественно за счет высокой концентрации гумуса). Биотический блок степей характеризуется высоким энергетическим оборотом. Он в 16 раз превышает лесные экосистемы, а также более высокими показателями энтропии (0,48) в сравнении с лесными биогеоценозами (0,035), что, в сущности, и определяет характер сукцессии.

Все выше изложенное не оставляет сомнений в том, что экологические системы вообще, а степные экосистемы в частности, представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся со средой энергией и информацией. Они способны чутко реагировать на изменение как внешних, так и внутренних факторов, особенно на изменение основных параметров системы, вызывающих трансформацию основных способов функционирования, что проявляется в изменении габитуальных характеристик заповедных степей. Поэтому мы считаем, что применение синергетического подхода при изучении динамических процессов (в сложившихся представлениях о динамике растительного покрова), происходящих в заповедных экосистемах и проявляющихся в самоорганизации ее элементов, будет способствовать выработке более корректных регуляционных мероприятий, направленных на сохранение видового и ценотического разнообразия степных заповедников.

### **Выводы**

Резюмируя упомянутые выше положения, высказанные в разное время представителями различных научных школ, не трудно прийти к выводу, что использование основных постулатов синергетики как междисциплинарной науки поможет в разрешении целого ряда теоретических проблем современного степеведения. Кроме того, синергетика показывает новые аспекты и ракурсы рассмотрения старых проблем, что дает возможность использовать ее как новую методологию исследования сложных систем, коими являются экологические системы.

Вместе с тем, мы отдаем себе отчет в том, что следует очень осторожно экстраполировать результаты исследований, полученных на крайне ограниченных территориях, коими является большинство объектов природно-заповедного фонда, на всю площадь степной зоны, однако синергетический подход позволит наиболее комплексно подойти к решению степного вопроса.

### **Список литературы**

1. Банникова И. А. Лесостепь внутренней Азии: структура и функции / И. А. Банникова. – М., 2003. – 287 с.
2. Дідух Я. П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем / Я. П. Дідух // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, № 4. – С. 455–467.
3. Дідух Я. П. Системний та синергетичний підходи в сучасній ботаніці / Я. П. Дідух // Етуди фітоєкології. – К.: Арістей, 2008. – С. 4–26.

4. Жерихин В. В. Природа и история травяных биомов / В. В. Жерихин // Степи Евразии: проблемы сохранения и восстановления. – СПб. – М.: Ин-т географии РАН, 1993. – С. 29–49.
5. Курдюмов С. П. Синергетика – теория самоорганизации. Идеи, методы, перспективы / С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – М.: Знание, сер. «Математика, кибернетика», 1983. – № 2. – 64 с.
6. Моисеев Н. Н. Универсальный эволюционизм / Н. Н. Моисеев // Вопр. философии. – 1991, № 3. – С. 3 – 28.
7. Пригожин И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
9. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. – М.–Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
10. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? пер. с англ. / Э. Шредингер. – М.: РИМИС, 2009. – 176 с.
11. Zherikhin V. V. Succession pruning: a possible mechanism of biome diversification / V. V. Zherikhin // Evolution of the Biosphere. Rec. Queen Victoria Mus. & Art Gallery. A.Yu. Rozanov e.a. (eds.). Launceston. – 1997. – N. 104. – P. 65–74.

Поступила в редакцию 29.11.2013

Принята в печать 15.12.2013

**Lysenko H. M.**

**RESERVE STEPPE ECOSYSTEMS SELF-ORGANIZATION FROM THE SYNERGETIC POINT OF VIEW**

*Gogol State University of Nizhyn, Krapyvnyanky Str., 2, Nizhyn, Chernigiv Region, 16600, Ukraine*

*e-mail: lysenko\_gena@yahoo.com*

Synergistic notions of complex systems self-organization penetrate today in a wide variety of research areas. In this paper we try to explain the transformation of steppe vegetation and protected meadow-steppe ecosystems, manifested in the inversion of herbaceous communities dominated by «typical» steppe species and wood phytocoenoses using the main provisions of synergy. Studies conducted on polygons of steppe reserves in Ukraine and Russia represents different typological variants of steppes: the northern fields and grass-fescue-feather grass steppes located in Ukraine and European part of Russia.

In consequence of protected regime prolonged exposure typical steppe dominant species (turf grasses of the genera *Stipa* L., *Festuca* L., *Koeleria* Pers., etc.) lost their value in phytocoenoses. They were replaced by dominated communities of rhizomatous grasses (species of the genera *Elytrigia* Desv., *Calamagrostis* Adans., *Bromopsis* Fourr., *Poa* L., *Dactylis* L., *Arrhenatherum* Beauv.) with corresponding species of meadow-steppe and meadow grasses *Vicia tenuifolia* Roth, *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Lactuca serriola* Torner, *Clematis integrifolia* L., *Thalictrum minus* L., *Inula germanica* L., *Galatella rossica* Novopokr., etc. In many embodiments in typological steppes significant place in vegetation began to take dominated shrub steppes *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Voloszcz.) Klaskova, *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Amygdalus nana* L. The same applies to steppe shrub and tree species (*Prunus stepposa* Kotov, *Cerasus fruticosa* Pall., *Rhamnus cathartica* L., etc.), which thus effectively eliminated from the typical steppe grass species. On the territory of the steppe reserves are areas of vegetation which includes community with a strong role of edificator wood ecobiomorphes (*Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Acer tataricum* L., *Populus tremula* L.), forming phytocoenosis, sharply contrasting with the typical steppe vegetation.

All the foregoing leaves no doubt that the ecological systems in general, and steppe ecosystems in particular, are open non-equilibrium thermodynamic systems, constantly exchanging energy and information with environment. They are able to be responsive to changes in both external and internal factors, especially to change the basic parameters of the system, causing the transformation of the main ways of functioning that appears to change the habit characteristics of protected steppes. Therefore, we believe that using of a synergistic approach to the study of dynamic processes (in the current understanding of vegetation dynamics), occurring in ecosystems and reserve manifested in self-organization of its elements will generate a more correct regulatory measures aimed to preserve species diversity and phytocoenosis of steppe reserves. Summarizing the above-mentioned provisions can conclude - that the use of the basic postulates of synergy as an interdisciplinary science will help in the resolution of a number of theoretical problems of modern steppe research. In addition, synergy reveals new aspects and perspectives to old problems considering that allows you to use it as a new methodology for the study of complex systems, such as the ecological system.

*Key words:* synergetic, self-organization, steppe ecosystems, reserves.

**References**

1. Bannikova, I.A. (2003). Forest-steppe zones of inner Asia: structure and function, 287 p.
2. Didukh, Y.P. (2005). Ecological – energetic approaches at correlation forest and steppe ecocological systems. Ukrainian botanical journal, 4(62), 455-467.
3. Didukh, Y.P. (2008). Systemic and synergistically approaches in modern botany. Essay of phytoecology, 4-26.
4. Zherikhin, V.V. (1993). Nature and history of herbal biome. Steppes of Eurasia: the conservation and restoration, 29-49.
5. Kurdiumov, S.P., & Malinetskii, G.G. (1983). Synergetics – the theory of self-organization. Ideas, methods, and perspectives, 2, 64 pp.
6. Moiseev, N.N. (1991). Universal evolutionism. Issues. philosophy, 3, 3-28.
7. Prigogine, I. (1985). From Being to Becoming, 327 p.
8. Reimers, N.F., (1990). Natura-Management: Reference Dictionary, 637 p.
9. Haken, H., (2003). Mysteries of Nature. Synergetics: the doctrine of the interaction, 320 p.
10. Schrödinger, E., (2009). What is life from the perspective of physics? 176 p.
11. Zherikhin, V.V., (1997). Succession pruning: a possible mechanism of biome diversification. Evolution of the Biosphere. Rec. Queen Victoria Mus. & Art Gallery. Launceston, 104, 65-74.

Received: 29.11.2013

Accepted: 15.12.2013

УДК 574.42

© І. Л. Михайленко, О. М. Сметана

## ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИНАМІКИ КОНСОРЦІЙНОЇ ЕКОСИСТЕМИ

*Криворізький ботанічний сад НАН України  
50089, м. Кривий Ріг, вул. Маршака, 50; e-mail: botgard@ukrpost.ua.*

**Михайленко І. Л., Сметана О. М. Використання математичних моделей при вивченні динаміки консорційної екосистеми.** – Вивчення динаміки консорційних екосистем зелених насаджень міст є основою для розробки заходів з оптимізації їх фітосанітарного стану. Використання динамічних моделей при цьому забезпечує відображення залежностей структури консорційної екосистеми від етапу онтогенезу детермінанту, а також виявлення критичних етапів у розвитку консорційних екосистем, прогнозу їх подальшого існування та розробки плану заходів боротьби з небезпечними консортами.

*Ключові слова:* консорційна екосистема, динаміка, онтогенез, морфологічні параметри, бінарна модель, матриця.

**Михайленко И. Л., Сметана А. Н. Использование математических моделей при изучении динамики консорционной экосистемы.** – Изучение динамики консорционных экосистем зеленых насаждений городов является основой для разработки мероприятий по оптимизации их фитосанитарного состояния. Использование динамических моделей при этом обеспечивает отображение зависимостей структуры консорционной экосистемы от этапа онтогенеза детерминанта, а также выявление критических этапов в развитии консорционных экосистем, прогноза их дальнейшего существования и разработки плана мероприятий по борьбе с опасными консортами.

*Ключевые слова:* консорционная экосистема, динамика, онтогенез, морфологические параметры, бинарная модель, матрица.

### Вступ

Одним із пріоритетних напрямків оптимізації рекреаційних зон міст є управління фітосанітарним станом їх зелених насаджень через регулювання щільності популяцій небезпечних фітофагів та створення оптимальних умов для розвитку їх природних регуляторів. Реалізація такого напрямку потребує інформації щодо динаміки консорційних екосистем видів, що входять до зелених насаджень міста.

Загальновідомо, що консорційна екосистема є складною динамічною системою, яка змінюється в часі і просторі під впливом динаміки детермінанту [5]. Питанню вивчення динаміки консорцій приділяли увагу багато вчених. Зокрема, Е. М. Лавренко [9] вперше звернув увагу на те, що при вивченні консорцій необхідно брати до уваги віковий склад популяцій їх центральних особин, тому що вікові зміни ядра консорції визначають розвиток її структурної та функціональної складової. Він зазначив, що на розвиток консорційної екосистеми впливають такі вікові зміни детермінанту:

- 1) зміна з віком маси підземних і надземних органів, а також щорічного приросту і опаду детермінанту;
- 2) вікові зміни хімічного складу, морфологічної та анатомічної структури органів детермінанту, що визначає можливість їх використання певними видами консортів;
- 3) збільшення при старінні детермінанту маси відмерлих органів і зміна їх хімічного складу;
- 4) лише з особинами, які мають генеративні органи, пов'язана група консортів, що використовує пилок, плоди та насіння детермінанту;
- 5) з віком детермінанту змінюється ураженість їх грибковими та іншими паразитами;
- 6) у зв'язку зі збільшенням з віком висоти ядра консорції і глибини його укорінення відбувається переміщення його органів в інші горизонти середовища, де спостерігаються інші екологічні умови для існування консортів.

Класифікацію видів динаміки консорцій запропонували О. О. Корчагін і Т. О. Работнов [14]. Вони виділяють п'ять форм динаміки консорцій: сезонну (пов'язану із сезонними

змінами компонентів консорції); флуктуаційну (різномісність змін чисельності та життєвого стану консортів); сукцесійну (пов'язану з сукцесією рослинних угруповань); онтогенетичну (пов'язану з онтогенетичним розвитком ядра консорції) та еволюційну.

Щодо моделювання динаміки консорції, то в літературі не зустрічається таких даних. Вчені більше уваги приділяли структурній організації консорційних екосистем. Так, у 1968 р. В. В. Мазингом [10] була розроблена перша схема консорції, далі подібні схеми створювались Г. А. Вороновим [4], Б. О. Биковим [3] та В. І. Мальцевим [11], а у 2000 р. В. В. Негроровим та К. Ф. Хмелевим [12] розроблена гетероконцентрована модель консорційної екосистеми. Динаміка видового складу консортів *Plantago lanceolata* L. у ході онтогенезу детермінанта консорції вивчалась М. В. Бекмансуровим [2], але в даній роботі методи моделювання не використовувались.

Тому метою нашої роботи є розробка моделі динаміки консорційної екосистеми. Вона передбачає розв'язання наступних задач: 1) збір інформації щодо морфологічних змін детермінантів консорційних екосистем у процесі їх онтогенезу; 2) визначення закономірностей розподілу консортів на різних вікових стадіях розвитку детермінанту; 3) розробка матриць розподілу консортів у процесі розвитку детермінанту; 4) розробка фундаментальної моделі динаміки консорційної екосистеми.

### Матеріали і методи досліджень

Вивчення розвитку консорційної екосистеми, в залежності від зміни морфологічних параметрів її детермінанту, що визначається певним етапом онтогенезу, проводилось на прикладі трьох видів – ялини звичайної (*Picea abies* L.), сосни кримської (*Pinus pallasiana* D. Don) та ялівцю козацького (*Juniperus sabina* L.).

Дослідження проводилися шляхом аналізу літературних даних та на основі власних досліджень різновікових консорцій сосни кримської на відвалі Першотравневого кар'єру ПАО «ПівнГЗК» м. Кривого Рогу (5-, 10-, 20- та 36-річні насадження).

Збір наземної мезофауни як компоненту різновікових консорцій сосни кримської проводився протягом всього вегетаційного періоду (квітень-жовтень) через 10-15 діб методом модифікованих пасток Барабера-Гейлера [19]. Дослідження мезофауни мероконсорцій крони (гілок, листя, стовбура) на пробних ділянках проводилось методом струшування комах зі стовбура, гілок й листя дерева на поліетиленову плівку та виявленням характерних пошкоджень. Склад орнітофауни визначався методом візуальних обліків птахів за допомогою оптичних приладів, маршрутним методом обліку птахів та методом обліку птахів за голосами [15]. Деякі хребетні консорти потрапляли до пасток Барабера-Гейлера (мишовидні гризуни та рептилії). Інші хребетні консорти були виявлені методом періодичних спостережень.

### Результати та їх обговорення

До основних морфологічних параметрів детермінанту автотрофної консорції, зміна яких в процесі розвитку прямо або опосередковано впливає на консортів, ми відносимо такі – висота, діаметр стовбура, глибина коренів, діаметр і форма крони та здатність до репродукції детермінанту.

Нами була зібрана та проаналізована інформація [1, 6-8, 13, 16-18, 20] про зміну морфологічних параметрів детермінантів досліджуваних нами консорцій – сосни кримської, ялини звичайної та ялівцю козацького на всіх вікових стадіях розвитку. Особливості морфогенезу сосни кримської, ялини звичайної та ялівцю козацького наведені в табл. 1-3. Ця інформація є основою для визначення розподілу консортів в процесі розвитку детермінанту.

Спираючись на ці дані нами розроблені бінарні моделі розподілу консортів відповідно до етапів розвитку детермінанту, в яких стовпці відображають етапи онтогенезу детермінанту консорційної екосистеми, а рядки – певну групу консортів. Значення «1» відповідає наявності певної групи консортів на відповідному етапі розвитку детермінанту, а значення «0» – відсутності.

Таблиця 1

## Особливості морфогенезу сосни кримської

ЕТАП ОНТОГЕНЕЗУ		СХОДИ	ЮВЕНІЛЬНІ	ІМАТУРНІ	ВІРГІНІЛЬНІ	ГЕНЕРАТИВНІ 1	ГЕНЕРАТИВНІ 2	ГЕНЕРАТИВНІ 3	СЕНІЛЬНІ	ВІДМЕРЛІ
Вік детермінанту (роки) $T_d$		$\leq 2$	$\leq 3$	3 – 8-10	8-12 – 15-30	15-30 – 75-85	75-85 – 150-170	$\geq 170$	$\geq 170$	$\geq 170$
МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ	Висота ( $H_d$ ), м	0,07-0,1	$\leq 0,5$	$\leq 3$	$\leq 5$	$\leq 24$	$\leq 29$	$\leq 28$	$\leq 28$	28
	Приріст висоти ( $\Delta B_d$ ), м	$\approx 0$	$\approx 0$	0,28	0,35	0,2	0,04	$\approx 0$	$\approx 0$	0
	Діаметр стовбура ( $D_c$ ), м/рік	$\approx 0$	$\leq 0,01$	$\leq 0,02$	$\leq 0,1$	$\leq 0,36$	$\leq 0,07$	$\leq 1,36$	$\leq 1,36$	1,36
	Приріст діаметру ( $\Delta D_{ct}$ ), м/рік	$\approx 0$	$\approx 0$	0,17	0,02-0,034	0,024-0,028	0,016-0,018	$\approx 0$	$\approx 0$	0
	Глибина коренів ( $G_k$ ), м	$\leq 0,6$	0,6-0,8	$\leq 1,2$	$\leq 2$	$\leq 3,5$			$\leq 4$	4
	Діаметр крон ( $D_k$ ), м	$\approx 0$	$\leq 0,5$	$\leq 1,5$	$\leq 3$	$\leq 7$	$\leq 11$	$\leq 12$	$\leq 12$	12
	Порядок гілкування ( $\Pi_r$ )	0	1-2	2-3	4-5	5-8	7-9	8-9	8-9	9
	Репродуктивність ( $P_d$ ), шишок на детермінант	0	0	0	0	10-25	100-300	500-700	$\approx 0$	0
Форма крони ( $\Phi_k$ )	-	трикутна	анізоморфна	конусовидна	неправильна конічна гостровершинна	овальна	плосковершинна	-	-	

Таблиця 2

## Особливості морфогенезу ялівцю козацького

ЕТАП ОНТОГЕНЕЗУ		СХОДИ, ЮВЕНІЛЬНІ, ІМАТУРНІ, ВІРГІНІЛЬНІ	ГЕНЕРАТИВНІ 1				ГЕНЕРАТИВНІ 2, 3	СЕНІЛЬНІ	ВІДМЕРЛІ
Вік детермінанту (роки) $T_d$		$< 5$	5	10	20	40	$\geq 50$	$\geq 100$	$\geq 100$
МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ	Висота ( $H_d$ ), м	$< 0,5$	0,5	0,8	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5
	Середній приріст висоти ( $\Delta B_d$ ), м	0,1	0,05				$\approx 0$	$\approx 0$	0
	Діаметр крон ( $D_k$ ), м	$< 0,9$	0,9	1,8	2	2,5	2,5	2,5	2,5
	Середній приріст діаметру крон ( $\Delta D_k$ ), м	0,2	0,15				$\approx 0$	$\approx 0$	0
Форма крони ( $\Phi_k$ )	Округла	Еліпсоподібна							-

Таке відображення розподілу консортів у процесі онтогенезу детермінанту допоможе отримати повну характеристику структури консорційної системи та виявити критичні етапи у її розвитку.

## Особливості морфогенезу ялини звичайної

ЕТАП ОНТОГЕНЕЗУ		СХОДИ	ЮВЕНІЛЬНІ	ІМАТУРНІ	ВІРГІНІЛЬНІ	ГЕНЕРАТИВНІ 1	ГЕНЕРАТИВНІ 2	ГЕНЕРАТИВНІ 3	СЕНІЛЬНІ	ВІДМЕРЛІ
Вік детермінанту (роки) $T_d$		до 2	3 – 5	5 – 6	5-6 – 15-20	15-20 – 80-100	80-100 – 120-150	120-150 – 180	> 180	> 180
МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ	Висота ( $H_d$ ), м	0,01-0,02	0,04-0,11	≤ 1	≤ 8	≤ 3□	≤ 35	< 50	< 50	< 50
	Приріст висоти ( $\Delta B_d$ ), м	≈ 0	0,02- 0,05	0,05-0,3	0,18-0,2	0,5-0,7	0,1-0,15	0,05-0,07	≈ 0	0
	Діаметр стовбура ( $D_c$ ), м/рік	≈ 0	0,001- 0,012	0,05	≤ 0,6	≤ 1,4	≤ 1,7	≤ 1,8	≤ 1,8	≤ 1,8
	Приріст діаметру ( $\Delta D_{ст}$ ), м/рік	≈ 0	≈ 0	0,02-0,03	□,05-0,06	0,01	0,005	≈ 0	≈ 0	0
	Глибина коренів ( $G_k$ ), м	≈ 0	0,01- 0,03	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 0,6			≤ 0,6	≤ 0,6
	Діаметр крон ( $D_k$ ), м	≈ 0	≈ 0	≤ 1	≤ 3	≤ 6	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8
	Порядок гілкування ( $P_r$ )	0	1-2	2-5	6-8	8	9	10	10	10
	Репродуктивність ( $R_d$ ), шишок на детермінант	0	0	0	0	6-30	31-198	≥ 198	≈ 0	0
	Форма крони ( $\Phi_k$ )	-	-	зонтико- подібна / широко- пірамідална	вузько- пірамідална	вузько- конічна	широко- конічна	пірамідално- циліндрична з тупою вершиною	-	-

У табл. 4 наведений розподіл консортів за таксономічною класифікацією в процесі онтогенезу детермінанту. Щодо фауністичних складових консорцій, то система є повночленною з третього по останній етап розвитку детермінанту, перші два етапи є не стабільними. Участь ліхенокомплексів взагалі є незначною.

Розподіл консортів за ценотичною класифікацією наведений в табл. 5. Ценотичний розподіл консортів показує, що стабільна консорційна екосистема, з характерними для неї сільвантами, формується лише на третьому етапі розвитку консорції і зберігає стабільність до кінця її існування.

Розподіл консортів за характером живлення наведено в табл. 6. Розподіл консортів за характером живлення найбільш рівномірний, нестабільними є лише перший та останній етапи розвитку детермінанту, що пов'язано, в першому випадку з незначною біомасою детермінанту, в другому – з відсутністю живої фітомаси детермінанту.

У табл. 7 відображена залежність розподілу консортів за морфо-екологічною класифікацією в процесі онтогенезу детермінанту. На третьому етапі розвитку детермінанту консорції формується повний комплекс консортів, що існують у різних стратоценозах. Зміна розподілу консортів на останньому етапі розвитку детермінанту, зумовлена припиненням всіх біологічних процесів та в певних умовах переміщенням детермінанту в наземний горизонт.

У табл. 8 відображений розподіл консортів за класифікацією по типам зв'язків з детермінантом в процесі онтогенезу детермінанту. Такий розподіл дозволяє нам визначити критичні моменти в розвитку консорційної екосистеми. Так, на третьому етапі розвитку детермінанту вселяються облігатні трофічні консорти. Ця група консортів включає небезпечних фітофагів, що загрожують стану зелених насаджень.

Модель розподілу консортів за їх ієрархією в системі в процесі онтогенезу детермінанту (табл. 9) відображає рівномірне збільшення консортів у процесі розвитку детермінанту за оптимальних умов. Використання даної моделі допоможе визначити розвиток консорційної екосистеми при випадінні консорту певного порядку.

Таблиця 4

**Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за таксономічною класифікацією**

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
Ентомоконсорти	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Орнітоконсорти	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Теріоконсорти	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Батрахоконсорти	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Герпетоконсорти	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Бріоконсорти	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Ліхеноконсорти	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Мікоконсорти	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Примітка. s – сходи; j – ювенільні особи; im – іматурні особи; v – віргінільні особи; g<sub>1</sub> – прегенеративні особи; g<sub>2</sub> – генеративні особи; g<sub>3</sub> – постгенеративні особи; s – сенільні особи; post d – відмерлі особини. Ентомоконсорти – консорти представники класів *Gastropoda*, *Clitellata*, *Crustacea*, *Myciropoda*, *Arachnida*, *Insecta*; Орнітоконсорти – консорти представники класу *Aves*; Теріоконсорти – консорти представники класу *Mammalia*; Батрахоконсорти – консорти представники класу *Amphibia*; Герпетоконсорти – консорти представники класу *Reptilia*; Бріоконсорти – консорти представники відділу  *Bryophyta*; Ліхеноконсорти – консорти представники відділу *Lichenes*; Мікоконсорти – консорти представники царства *Fungi*.

Таблиця 5

**Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за ценотичною класифікацією**

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
Степанти	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Сильванти	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Пратанти	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Полюданти	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пратанти-сильванти	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Примітка. Стадії онтогенезу детермінанту (див. примітку до табл. 4). Степанти – степові види тварин; Сильванти – лісові види тварин; Пратанти – лугові види тварин; Полюданти – болотні види тварин; Пратанти-сильванти – лучно-лісові види тварин.

Таблиця 6

**Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за характером живлення**

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
Фітофаги	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Зоофаги	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Поліфаги	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Сапрофаги	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Некрофаги	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Копрофаги	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Примітка. Стадії онтогенезу детермінанту (див. примітку до табл. 4). Фітофаги – рослиноїдні тварини; Зоофаги – організми, що живляться тваринною їжею; Поліфаги – організми, що живляться різноманітними кормами, але не всеїдні, а, як правило, віддають перевагу групі кормів певної категорії; Сапрофаги – тварини, які живляться органічними речовинами, що розкладаються; Некрофаги – організми, які живляться мертвими тваринами; Копрофаги – організми, що живляться екскрементами.

Таблиця 7

## Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за морфо-екологічною класифікацією

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
Атмобіонти	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Гемібіонти	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Педобіонти	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Геміпедобіонти	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Атмогемібіонти	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Атмопедобіонти	0	0	1	1	1	1	1	1	0

Примітка. Стадії онтогенезу детермінанту (див. примітку до табл. 4). Атмобіонти – види тварин, що населяють верхній шар підстилки і здатні підійматися на нижні частини рослин; Гемібіонти – види тварин, що мешкають у підстилці; Педобіонти – види тварин, що мешкають у ґрунті, беруть участь в розкладанні органічних залишків, утворенні гумусу, фіксації азоту і т.д.; Геміпедобіонти, Атмогемібіонти, Атмопедобіонти – відповідно групи тварин, які можуть існувати в двох середовищах.

Таблиця 8

## Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за класифікацією типів зв'язків з детермінантом

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
ФЗ <sub>троф</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ФЗ <sub>топ</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ФЗ <sub>фабр</sub>	0	0	1	1	1	1	1	1	1
ФЗ <sub>фор</sub>	0	0	0	0	1	1	1	1	0
ОЗ <sub>троф</sub>	0	0	1	1	1	1	1	1	1
ОЗ <sub>топ</sub>	0	0	1	1	1	1	1	1	1
ОЗ <sub>фабр</sub>	0	0	0	1	1	1	1	1	1
ОЗ <sub>фор</sub>	0	0	0	0	1	1	1	1	0

Примітка. Стадії онтогенезу детермінанту (див. примітку до табл. 4). ФЗ – факультативні зв'язки (тимчасові зв'язки консортів з детермінантом); ОЗ – облигатні зв'язки (постійні зв'язки консортів з детермінантом); З<sub>троф</sub> – трофічні зв'язки (використання консортами детермінанта в якості джерела енергії та елементів мінерального живлення); З<sub>топ</sub> – топічні зв'язки (використання консортами детермінанта як місця існування); З<sub>фабр</sub> – фабричні зв'язки (використання консортами детермінанта як матеріалу для влаштування гнізд, сховищ); З<sub>фор</sub> – форичні зв'язки (перенесення консортами пилку і діаспор детермінанту).

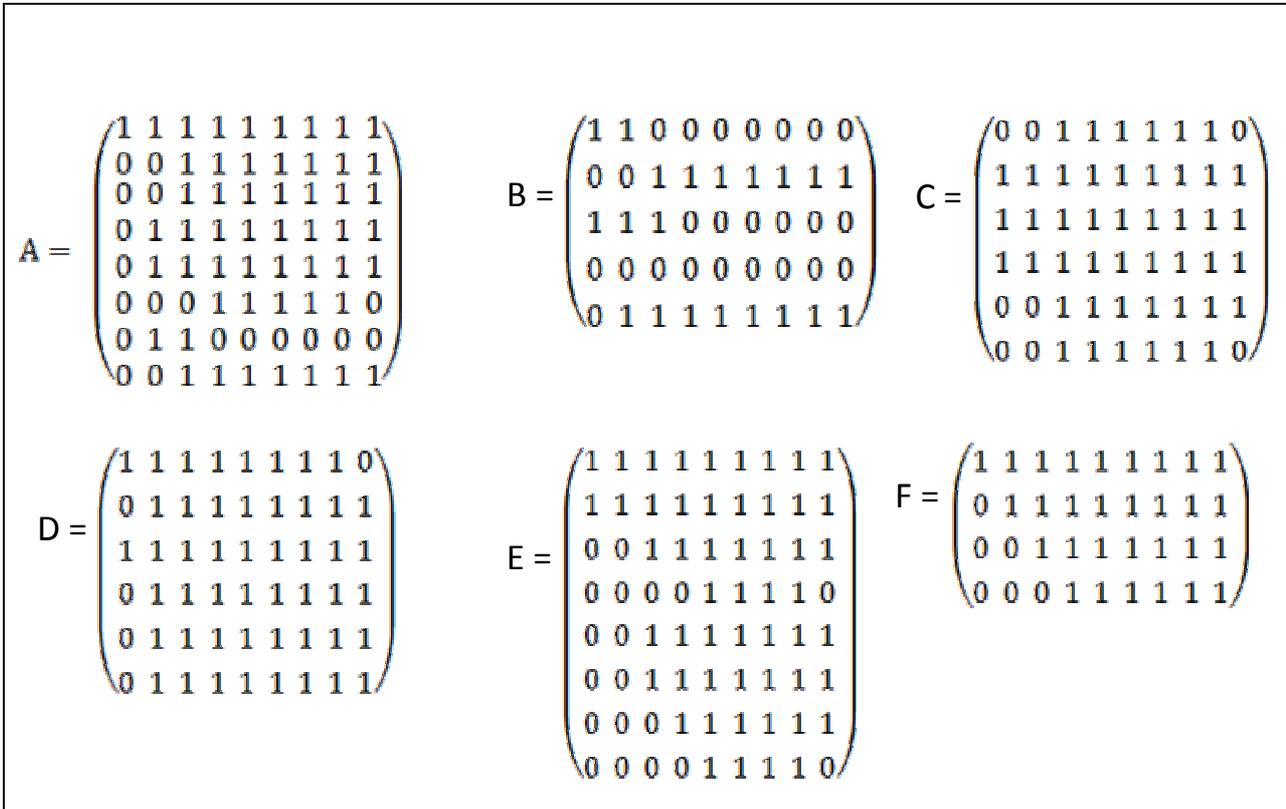
Таблиця 9

## Модель розподілу консортів у процесі онтогенезу за їх ієрархією в системі

Стадія онтогенезу детермінанту Група консортів	s	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	s	post d
Консорти 1 порядку	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Консорти 2 порядку	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Консорти 3 порядку	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Консорти 4 порядку	0	0	0	1	1	1	1	1	1

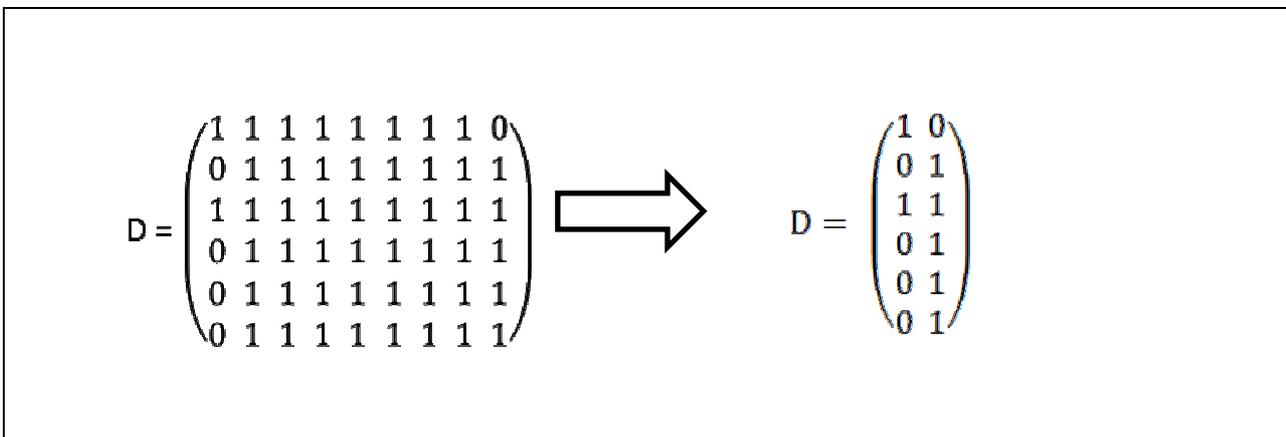
Примітка. Стадії онтогенезу детермінанту (див. примітку до табл. 4). Консорти 1 порядку – консорти, які безпосередньо пов'язані з детермінантом; Консорти 2 порядку – консорти, що пов'язані тими чи іншими зв'язками з консортами 1 порядку; Консорти 3 порядку – консорти, що пов'язані тими чи іншими зв'язками з консортами 2 порядку; Консорти 4 порядку – консорти, що пов'язані тими чи іншими зв'язками з консортами 3 порядку.

Розроблені моделі можна відобразити одиничними матрицями (рис. 1). Деякі стовпці матриць не відрізняються між собою і є однотипними, тобто груповий склад консортів не змінюється протягом декількох етапів онтогенезу, тому їх можна представити в редукованому вигляді, що дозволить зосередити увагу на відмінних елементах матриць. На рис. 2 показана редукція матриці розподілу консортів за характером живлення в процесі онтогенезу детермінанту. Як видно з рис. 2, розподіл консортів змінюється лише на першому на останньому етапі розвитку детермінанту.



**Рис. 1. Матриці розподілу консортів у процесі онтогенезу детермінанту консортивної екосистеми**

- A. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за таксономічною класифікацією;
- B. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за ценотичною класифікацією;
- C. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за морфо-екологічною класифікацією;
- D. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за характером живлення;
- E. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за класифікацією типів зв'язків з детермінантом;
- F. Матриця розподілу консортів у процесі онтогенезу за їх ієрархією в системі.



**Рис. 2. Приклад редукції матриці розподілу консортів за характером живлення в процесі онтогенезу детермінанту (D)**

Загальну модель розвитку консорційної екосистеми можна представити у вигляді безкінечної кривої. За основу побудови моделі взята модель адаптивного циклу К. С. Холлінга [21]. Модель відображає 4 етапи розвитку консорційної екосистеми: 1 – зростання, під час якого відбувається формування структури консорції; 2 – збереження, який характеризує динамічно-рівноважний стан системи; 3 – вивільнення, під час якого відбувається поступова деградація системи; 4 – реорганізація, що проявляється в переході до іншої системи. Осі X та Y відображають відповідно структурну та функціональну складову консорційної екосистеми. 1 етап (зростання) включає ювенільний та імагурний етапи онтогенезу детермінанту коонсорції, 2 (збереження) – віргінільний та молодий генеративний, 3 (вивільнення) – другий та третій генеративний етапи розвитку детермінанту, четвертий (реорганізація) – етап існування консорції після відмирання детермінанту.

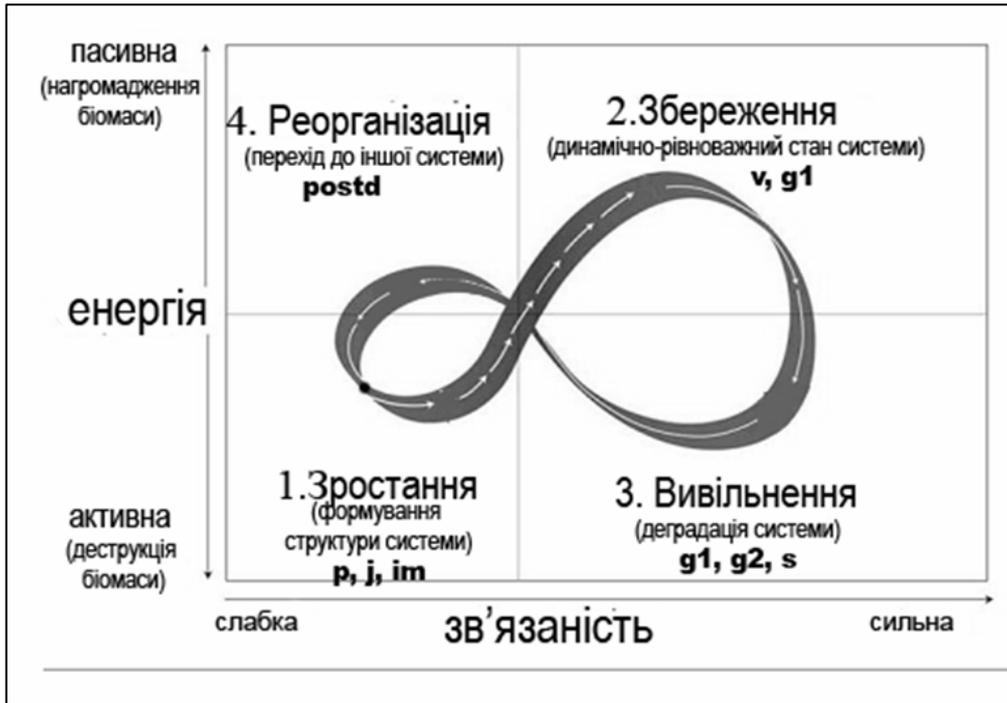


Рис. 3. Модель розвитку консорційної екосистеми

### Висновки

1. Результати моделювання динаміки консорційних екосистем видів, що входять до зелених насаджень урбоекосистем, можна використовувати для оцінки стану зелених насаджень міста, визначення критичних періодів в їхньому розвитку, прогнозу їх подальшого існування та розробки плану заходів боротьби з небезпечними консортами.

2. Вікові зміни морфологічних параметрів детермінанту визначають розподіл консортів у консорційній екосистемі.

3. Бінарні моделі розподілу консортів у процесі онтогенезу детермінанту дають повну характеристику структури консорційної екосистеми та дозволяють виявити критичні етапи в її розвитку.

4. Загальна модель розвитку консорційної екосистеми, що має вигляд безкінечної кривої, відображає 4 умовні етапи розвитку консорційної екосистеми: зростання, збереження, вивільнення й реорганізація та виражає зміни структурної та функціональної складових консорційної екосистеми.

### Список літератури

1. Андрушко Т. Р. Оценка эффективности использования можжевельника казацкого для озеленения склонов в условиях степи / Т. Р. Андрушко, А. В. Терешкин // Весник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9 (83). – С. 40–42.
2. Бекмансуров М. В. Динамика видового состава консортов *Plantago lanceolata* L. в ходе онтогенеза детерминанта консорции / М. В. Бекмансуров // Онтогенез и популяция. – 2001. – С. 59–61.
3. Быков Б. А. Фитоценоз как саморегулирующаяся система / Б. А. Быков // Весник АН КазССР. – 1967. – № 1. – С. 29–37.
4. Воронов А. Г. Роль консорций в биогеоценозе / А. Г. Воронов // Бюллетень МОИП. Отд. биологии. – 1973. – Т. 78, № 3. – С. 157–159.
5. Голубець М. А. Консорція як елементарна екологічна система / М. А. Голубець, Ю. М. Чорнобай // Укр. бот. журн. – 1983. – 40, № 6. – С. 23–28.
6. Евстигнеев О. И. Онтогенез сосны обыкновенной в разных экологических условиях Неруссо-Деснянского полесья / О. И. Евстигнеев, Н. А. Татаренкова. Деп. в ВНИИЦлесресурс. – 1995. – № 933-ЛХ. – 55 с.
7. Жукова Л. А. Онтогенетический атлас растений. Т. V / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. – 372 с.
8. Князева С. Г. Изменчивость морфологических признаков сибирских видов можжевельника / С. Г. Князева // Лесоведение. – 2007. – № 1. – С. 65–69.
9. Лавренко Е. М. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения / Е. М. Лавренко // Полевая геоботаника. – М.–Л.: АН СССР, 1959. – Т. 1. – С. 13–75.
10. Мазинг В. П. Консорции как элементы функциональной структуры биоценозов / В. П. Мазинг // Тр. МОИП. – 1966. – Т. 27. – С. 117–126.
11. Мальцев В. И. Детерминирующая роль центрального вида консорции (на примере консорции манника большого) / В. И. Мальцев // Экология. – 1988. – № 3. – С. 24–29.
12. Негроров В. В. Современные концепции консорциологии / В. В. Негроров, К. Ф. Хмелев // Вестник ВГУ. Сер. хим., биол. – 2000. – С. 118–121.
13. Николаева С. А. Рост и развитие деревьев и древостоев на юге Томской области / С. А. Николаева, Д. А. Савчук // Вестн. Томского гос. ун-та. Биол. – 2009. – № 4 (8). – С. 66–78.
14. Работнов Т. А. О консорциях / Т. А. Работнов // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1970. – Т. 74, № 4. – С. 109–116.
15. Равкин Ю. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Ю. С. Равкин, И. Г. Челинцев. – М., 1990. – 33 с.
16. Романовский А. М. Онтогенез ели европейской / А. М. Романовский // Ботан. журн. – 2001. – № 2. – С. 200–211.
17. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосемянных и хвойных / И. Г. Серебряков. – М., 1962. – 378 с.
18. Терехов Г. Г. Структура фитомассы и конкурентные отношения культуры ели и лиственничного молодняка / Г. Г. Терехов, В. А. Усольцев, А. С. Касаткин // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – XXV, № 3–4. – С. 223–228.
19. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.
20. Чистякова А. А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники / А. А. Чистякова, Л. Б. Заугольнова, И. В. Полтинкина и др. – М.: Изд-во «Прометей», 1989. – Ч. 1. – 102 с.
21. Holling C. S. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change / C. S. Holling. In: Clark W. C., Munn R. E. (Eds.), Sustainable Development of the Biosphere. – Cambridge University Press, London, 1986. – P. 292–317.

Mykhailenko I. L., Smetana O. M.

USING OF MATHEMATICAL MODELS IN THE STUDY OF CONSORTIA ECOSYSTEM DYNAMICS

Kryvyi Rih Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine  
Marshaka Str., 50, Kryvyi Rih, 50089, Ukraine; e-mail: botgard@ukrpost.ua

The ecosystems dynamics regulation is the basis for the phytosanitary state optimization actions for development of urban ecosystems recreation areas. In the article we reveal the actual problem – the consortia modeling theoretical basis. The aim was to develop a fundamental model of consortia ecosystem dynamics, which includes the following steps: information collection on morphological changes of consortia ecosystems determinants during their ontogenesis; identification of consortia distribution patterns at different age stages of the determinant; the development of consortia distribution matrix during the determinant development; and the model creation itself.

We included a list of morphological parameters (taxation parameters, root depth, diameter and shape of the crown and the determinant ability to reproduce) as main determinants of autotrophic consortia due to their abilities to change the consortia. We also built the consortia binary distribution models according to the determinant ontogeny stage. This stages required the analysis of the information about morphogenesis features of three species (*Picea abies* L., *Pinus pallasiana* D. Don, *Juniperus sabina* L.).

The models presentation in the form of single matrices and their reduction revealed the critical consortia ecosystem development stages, whose structural consortia system was not stable. Based on the known adaptive cycle model of C. S. Holling we built a general model of consortia ecosystem dynamics. It reflected the four conditional stages of consortia ecosystems: growth, conservation, release and reorganization. Consortia ecosystem dynamics models created for the green spaces species of urban ecosystems can be used to identify critical periods in their development, to forecast their future existence, and to develop an action plan of dangerous consortia population control.

*Key words:* consortia ecosystem, dynamics, ontogenesis, morphology parameters, binary model, matrix.

**References**

1. Andrushko, T.R., & Tereshkin, A.V. (2011). Evaluating the effectiveness of the use of the *Juniperus sabina* for landscaping slopes in the steppe. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 9(83), 40-42.
2. Bekmansurov, M.V. (2001). The dynamics of species composition consorts *Plantago lanceolata* L. during ontogeny determinant consortium. Developmental Biology and population, 59-61.
3. Bykov, B.A. (1967). Phytoceonosis as a self-regulating system. Bulletin of the Academy of Sciences of the KazakhSSR, 1, 29-37.
4. Voronov, A.G. (1973). The role of consortia in biogeocoenose. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Dep. biology, 78(3), 157-159.
5. Holubets, M.A., & Chornobay, Y.M. (1983). Consortia as an elementary ecological system. Ukr. Bot. Journ., 40(6), 23-28.
6. Yevstigneev, O.I., & Tatarenkova, N.A. (1995). Ontogeny of *Pinus sylvestris* in different ecological conditions Nerusso-Desnyansko woodland. Dep. in research and information center on forest resources, 933, 55 p.
7. Zhukova, L.A. (2007). Ontogenetic atlas of plants: a scientific publication. Yoshkar-Ola, 5, 372 p.
8. Knyazev, S.G. (2007). Variability of morphological features of siberian species of juniper. Forest Science, 1, 65-69.
9. Lavrenko, E.M. (1959). Basic laws of plant communities and ways of learning. Field geobotany, 1, 13-75.
10. Masing, V.P. (1966). Consortia as elements of the functional structure of biocenosis. Proceedings of the Society of Naturalists, 27, 117-126.
11. Maltsev, V.I. (1988). Determining role of the central species of consortia (for example consortium of *Glyceria maxima*). Ecology, 3, 24-29.
12. Negrobov, V.V., & Khmelev, K.F. (2000). Modern concepts consortiology. Journ. of the Voronezh State University, Ser. Chemistry, Biology, 118-121.
13. Nikolaeva, S.A., & Savchuk, D.A. (2009). The growth and development of trees and forest stand in the south of Tomsk Region. Bulletin of the Tomsk State University. Biology, 4(8), 66-78.
14. Rabotnov, T.A. (1970). About the consortia. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Dep. biol., 74(4), 109-116.
15. Ravkin, Y.S., & Chelintsev, I.G. (1990). Guidelines for integrated route registration birds. Moscow, 33 p.
16. Romanovsky, A.M. (2001). Ontogeny of *Picea abies* L. Bot. Journ., 2, 200-211.
17. Serebrjakov, I.G. (1962). Ecological morphology of plants: life forms of angiosperms and conifers. Moscow, 378 p.
18. Terekhov, G.G., Usoltsev, V.A., & Kasatkin, A.S. (2008). The structure of biomass and competitive relations culture of spruce and young deciduous trees. Coniferous of boreal zone, 25(3-4), 223-228.
19. Fasulati, K.K. (1971). A field study of terrestrial invertebrates. Moscow, 424 p.
20. Chistyakov, A.A. (1989). Diagnoses and keys age states of forest plants. Trees and shrubs. Moscow, 1, 102 p.
21. Holling, C.S. (1986). The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. Sustainable development of the biosphere. Cambridge University Press, Cambridge, 292-317.

Received: 1.09.2013

Accepted: 11.11.2013

UDC 581.5 : 574.21 : 581.15 (477.60)

© A. I. Safonov

## PHYTO-QUALIMETRY OF TOXIC PRESSURE AND THE DEGREE OF ECOTOPES TRANSFORMATION IN DONETSK REGION

*Donetsk National University*

*Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: andrey\_safonov@i.ua*

**Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region.** – The work deals with informativeness of phytoindication under different environment transformations. Implementation of the principles of phytomonitoring must be differentiated depending on the specific impacts on ecotopes: chemical pollution (toxic effects), mechanical disturbance of the surface layer of soil (edaphotope degradation) and co-transformation (complete exposure). The following phytoindicational criteria are proposed: informative species to determine types of environmental regimes, features of plants to establish local technogenic pressure and universal phytoindicators to be used for industrial ecotopes of Donbass. Phyto-qualimetry is based on the use of index scales and indices, obtained as a result of geobotanic or structural (anatomic) analyses of plant facilities.

The strategy of immediate phytoindicational research consists of the following: 1) defining for the model objects (test-species) characteristics that are characterized by the highest indicational variability; 2) studying the structural elements of plants in the dynamics, as well as ascertainment of their connection with other structures and indices of metallic pressure.

We have found that for toxicological monitoring it is informative to use indicational indices of plants (*Berteroa incana*, *Echium vulgare*, *Reseda lutea* (appearance of the structure of plants, the life form), *Capsella bursa-pastoris*, *R. lutea* (transformation in the root tip terminals), *R. lutea*, *Agrostis stolonifera* (teratological manifestations in the flower), *B. incana*, *C. bursa-pastoris* (general generative transformation subpopulations) to determine the mechanical transformation – presence of plant species (*Atriplex patens*, *Atriplex patula*, *B. incana*, *C. bursa-pastoris*, *Diploaxis muralis*, *E. vulgare*, *Tragopogon major*), and for integrated pollution – indices of universal phytoindicators (*A. patula*, *B. incana*, *C. bursa-pastoris*, *Cichorium intybus*, *Dactylis glomerata*, *D. muralis*, *E. vulgare*, *Plantago major*, *R. lutea*, *T. major*, *Tripleurospermum inodorum*) for industrial ecotopes of Donbass.

**Key words:** phyto-qualimetry, phytomonitoring, phytoindicational criteria, Donbass.

### Introduction

Today one of applied tasks of the environment monitoring is a necessity to use special indices for the quality of the environment assessment [4, 7, 20, 29]. Such an assessment becomes possible only with the use of complex data that must be adequately presented in both parametric and nonparametric expressions [2, 5, 8, 14, 17, 22, 23, 28].

If we define the norm of environmental quality, the views of scholars and practitioners often differ [3, 7, 9, 15, 20, 26, 27]. Theoretical ecology is often limited to models that are not connected with any real objects. And practical results need further forecast that can be realized by modeling stable processes. In such circumstances, the environmental task is to always be able to determine whether the state of the ecosystem complies with the standard (ecotope, biogeocenosis, landscape-territorial complex, geosystems). In dealing with such problems the standard is defined as a state, which would allow the system to preserve natural historic and productive communication, as well as flows of matter, energy and information [1, 6, 10, 11, 29]. Due to these characteristics, the system under the influence of external factors maintains its properties or the resistant ability to heal itself (self-support, self-development, self-cleaning). In such circumstances, scientists face a very serious problem. This problem is either not popularized or is not mentioned at all. This problem is generated due to multidirectional anthropogenic impacts on ecosystems. Natural systems are experiencing a tremendous amount of impacts of human activities, which we conventionally divide into two groups: mechanical transformation of the landscape and change of biogeochemical functional parameters of the studied ecosystem.

Thus, part of research is either dedicated to only toxic pressure [2, 4, 6, 7, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 28] or mechanical disturbances (transformation of environmental modes) [1, 2, 10, 11] in the structure of the system. Correlation between these two vectors of pressure is not shown.

The purpose of our work is to study long-term data on the dynamics of geochemical indicators and the degree of transformation of natural landscapes and to establish the dependence of these vectors of pressure using the approach and principles of phytoindication in environmental monitoring for industrial ecotopes of Donetsk region.

### Materials and methods

All the studied ecotopes of Donetsk region we divided into three categories: chemically polluted, mechanically transformed and complex – experiencing both types of effects on the ecosystem. For each category of the impact of anthropogenic factors we installed on a 10-point scale. Plant response to the impact of such factors we also assessed on a 10-point scale. In case of using plants both indicational indices and indicator plants were considered. In the first case we mean the signs of the structure of plants, in the second – presence of these plants on the studied ecotopes. All observations were designed so as to take account of plant reproductive strategies in industrial ecotopes.

To conduct the botanical part of the research we used the following species of plants: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Achillea nobilis* L., *Agrostis stolonifera* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Amaranthus albus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Atriplex hortensis* L., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Atriplex patens* (Litv.) Iljin, *Atriplex patula* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Brassica campestris* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bromus arvensis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Capsella orientalis* Klokov, *Centaurea diffusa* Lam., *Chelidonium majus* L., *Chenopodium album* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Coniza Canadensis* (L.) Crong, *Convolvulus arvensis* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Cynoglossum officinale* L., *Dactylis glomerata* L., *Daucus carota* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Digitalis purpurea* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Diploaxis muralis* (L.) DC., *Diploaxis tenuifolia* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.), *Eupatorium cannabinum* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Galinsoga parviflora* Cav., *Galium mollugo* L., *Gnaphalium uliginosum* L., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus niger* L., *Kochia laniflora* (S. G. Gmel.) Borb., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Otitis media* (Litv.) Klokov, *Papaver rhoeas* L., *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Sinapis alba* L., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Swida alba* Opiz, *Thlaspi arvense* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

To conduct the technical part of the research we investigated content of heavy metals in soils, the degree of transformation of the soil horizon, violation of surface soil under direct contact with the root system of plants.

The definition of stability of natural ecosystems is closely connected with phytoindication indices. We considered indices of weed plants structure as informative criteria of ecosystems resistance towards anthropogenic pressure. The research was conducted in the Donetsk region (Ukraine). The materials were being collected from 2000 till 2013. The test sites were laid in node localization of the monitoring network. To obtain stationary data we chose points where the level of industrial pollution is the highest in the region, oints that were the most affected by human influence (landscape transformation, agricultural use) and control points – the sites corresponding to the background environmental monitoring – areas of natural reserve fund of Ukraine.

Basic monitoring points corresponded to the following industrial facilities: OJSC «Ilyich Iron and Steel Works of Mariupol, OJSC «Iron and Steel Works of Mariupol Azovstal'», Starobeshevo TEPS OJSC «Donbassenergo», Kurakhovo TEPS OJSC «Skhidenergo», Vuglegirsk TEPS OJSC «The State energy generating company «Centrenergo», OJSC «The Zasiadko coal mine», Zooevka

TEPS-2 «Skhidenergo», Slovyansk TEPS OJSC «Donbassenergo», OJSC «Iron and Steel Works of Makiyivka», OJSC «Iron and Steel Works of Yenakiyevo», OJSC «Coke and Chemical Works of Avdiyivka», OJSC «Makrokhim», OJSC Coalmine «Pivdenodonbasska № 1», OJSC «Donetskstal», OJSC Iron and Steel Works of Donetsk», OJSC «Coke and Chemical Works of Yasynuvata, OJSC «Coke and Chemical Works of Yenakiyevo, OJSC «Coke and Chemical Works of Makiyivka, CJSC «Makyivkoks», OJSC «Donetskkoks».

We have studied the local monitoring points of spontaneous transformation of the surface layer of soil. This occurs as a result of industrial and domestic activities, laying or repair of underground utilities, road construction and agronomic activities in cities.

Methodological approaches to the structural analysis of plants are described in our previous publications [24, 25].

### **Results and discussion**

As the location of separate units (sources of both natural and man-caused involving of heavy metals in biogeochemical cycles) allowed us to conventionally differentiate the specificity of metallic pressure on the environment, the areas of industrial centres of the Donetsk oblast proved to be perspective for laying a homogeneous monitoring net of a big enough territory to obtain the informative conclusions. The territory we chose conforms to detailed phytoindicational analysis due to relative homogeneity of edaphic and climatic characteristics, and as a result in geobotanical as well as in orographic relation. It's important that the levels of heavy metal contamination (as the most dangerous and active components of toxicological situation of the analysed zone) were sufficient to conduct not only natural experiment but also to model further artificial situations in laboratory environment and visualize the results on plane.

A working hypothesis was an assumption that the extent of «structural variability» (mostly anatomic) of plants with wide ecological amplitude grows with the increase of geochemical contrast of the environment and (or) the level of man-caused pressure (equivalent to increased concentrations of toxic elements) on natural environments. Experimental results of the research were directed to discovering a pattern of allocation, availability or frequency of separate characteristics or indices with phytoindicational amount in structural aspect. Meanings of these indices were checked in terms of correlation to specifics of heavy metal contamination of the environment. The choice of the centres of immediate localisation of monitoring net as well as species of plants (principally herbaceous and wild-growing, equally often found in all without exception ecotopes of the investigated zone) was based purely experimentally. It was successful to have discovered such areas and phyto-objects.

The general scheme of the tasks succession is: selection of the research territory → choice of prospective phytoindicators → analysis of migration flows and localization of heavy metals → defining local standards of discrete characteristics of plants or their separate indices range → building indicators' ecological plasticity scales → elaboration and application of the method of cartographic and schematic visualization of the findings on plane → search for correlation connections in the system «factor-index» → correlation groups of joint and attendant characteristics ascertainment → possible forecast of further state of botanical and ecological indices of the territory... approbation, using and improving the methods of structural phytoindication. The criteria of self-descriptiveness of structural phytoindication method: coefficients of correlation and determination values; availability of groups and block coincidence of characteristics of plants' structural alterations correlation with components of elementary metalogeny in the system of their inner connections; data of cartographic and schematic visualization; synchronous correspondence blocks of plants' structural characteristics to the gradient of toxic pressure on soils in anthropogenically transformed environment. Certainly, these criteria will be further changed according to the specificity of the experiment.

The results of creating the base of plots in the Donetsk region are presented in Table 1.

Table 1

**The base of plots in the Donetsk region: trial plots for the experiment  
(1-2 km zone from the company)**

Company name	Number of monitoring points	Chemical pollution	Mechanical transformation	Integrated pressure
		level, 10-point scale		
OJSC «Ilyich Iron and Steel Works of Mariupol	3 (2000-2012) + 2 (2008, 2013)	9.5	6.4	15.9
OJSC «Iron and Steel Works of Mariupol Azovstal'»	2 (2000-2012) + 1 (2008, 2009)	9.3	5.2	14.5
Starobeshevo TEPS OJSC «Donbassenergo»	3 (2000-2012) + 1 (2008)	5.2	5.4	10.6
Kurakhovo TEPS OJSC «Skhidenergo»	3 (2000-2012) + 1 (2008, 2013)	6.8	4.1	10.9
Vuglegirsk TEPS OJSC «The State energy generating company «Centrenergo»	3 (2000-2012) + 1 (2008, 2009)	7.1	6.3	13.4
OJSC «The Zasiadko coal mine»	2 (2000-2012) + 1 (2008, 2013)	6.7	3.5	10.2
Zooevka TEPS-2 «Skhidenergo»	2 (2000-2012) + 1 (2008, 2013)	4.1	6.4	10.5
Slovyansk TEPS OJSC «Donbassenergo»	1 (2000-2012) + 1 (2008, 2009)	5.2	2.0	7.2
OJSC «Iron and Steel Works of Makiyivka»	2 (2000-2011) + 1 (2008, 2013)	8.7	4.6	13.3
OJSC «Iron and Steel Works of Yenakiyevo»	3 (2000-2012) + 2 (2008)	9.0	6.8	15.8
OJSC «Coke and Chemical Works of Avdiyivka	3 (2000-2012) + 1 (2008)	8.0	7.5	15.5
OJSC «Makrokhim»	3 (2000-2012) + 1 (2008)	7.6	3.1	10.7
OJSC Coalmine «Pivdenodonbaska № 1»	3 (2000-2012) + 2 (2008)	5.9	3.2	9.1
OJSC «Donetskstal»	2 (2000-2012) + 1 (2008, 2009)	6.3	6.7	13.0
OJSC Iron and Steel Works of Donetsk»	3 (2000-2012) + 2 (2008, 2013)	7.0	5.0	12.0
OJSC «Coke and Chemical Works of Yasynuvata	3 (2000-2012) + 1 (2008, 2010)	6.4	7.1	13.5
OJSC «Coke and Chemical Works of Yenakiyevo	3 (2000-2012) + 2 (2008, 2013)	9.5	9.6	19.1
OJSC «Coke and Chemical Works of Makiyivka	2 (2000-2012) + 1 (2013)	9.2	4.9	14.1
CJSC «Makiyivkoks»	3 (2000-2012) + 1 (2008, 2013)	8.5	7.7	16.2
OJSC «Donetskkoks»	2 (2000-2012) + 1 (2008, 2013)	8.4	3.0	11.4

On the results of collection of 2000–2013 we established correlation between presence of toxic active elements in the environment and plant responses to pollution (Table 2) and the degree of transformation of soil horizons (Table 3).

Table 2

**Informativeness of indicator species of plants to determine the concentrations of heavy metals**

Block of phytoindicational experiment	Species of plants	Metal (soil content in active form)	Correlation coefficient
appearance of the structure of plants, the life form	<i>Berteroa incana, Echium vulgare, Reseda lutea, Brassica campestris, Capsella orientalis, Diplotaxis muralis, D. tenuifolia, Tripleurospermum inodorum</i>	Pb	0.78
		Cd	0.94
		Cr	0.90
transformation in the root tip terminals	<i>Capsella bursa-pastoris, R. lutea, E. vulgare, Calamagrostis epigeios, Daucus carota, Elytrigia repens</i>	Zn	0.91
		Hg	0.90
variability in shoot formation, inflorescence formation	<i>B. incana, C. bursa-pastoris, R. lutea, E. vulgare, Atriplex patula, Cichorium intybus, Melilotus albus, M. officinalis, Tragopogon major, T. inodorum</i>	Hg	0.94
		Cd	0.74
		Ni	0.88
conformational variability of the internal tissues of the leaf	<i>B. incana, Euphorbia seguieriana, R. lutea, Eupatorium cannabinum, Chenopodium album, Kochia laniflora, A. artemisiifolia, Atriplex hortensis, A. micrantha, A. patens, Hyoscyamus niger, Plantago lanceolata, P. major, Sisymbrium polymorphum, Stenactis annua</i>	Co	0.90
		Cu	0.84
		Pb	0.69
		Cr	0.68
teratological manifestations in the flower	<i>E. vulgare, Convolvulus arvensis, Oberna behen, R. lutea, Agrostis stolonifera, C. intybus, Cirsium arvense, Grindelia squarrosa, T. major</i>	Mn	0.95
		Hg	0.93
variability in the male generative sphere – defective pollen	<i>Dactylis glomerata, B. incana, Digitalis purpurea, Polygonum aviculare, Bromopsis inermis, Bromus arvensis, Centaurea diffusa, Persicaria maculata, Salsola australis, Senecio vulgaris, T. inodorum</i>	Ni	0.97
		Zn	0.90
genetic heterogeneity of seeds	<i>Ambrosia artemisiifolia, Achillea nobilis, Ailanthus altissima, Amaranthus albus, A. retroflexus</i>	Cr	0.84
		Cd	0.55
morphological heterogeneity of fruit	<i>B. incana, C. bursa-pastoris, Amaranthus retroflexus, Artemisia absinthium., Anthoxanthum odoratum, Cynoglossum officinale, Diplotaxis tenuifolia, Artemisia vulgaris, Achillea collina, Arrhenaterum elatius, Galinsoga parviflora, Gnaphalium uliginosum, Lactuca tatarica, Papaver rhoeas, Rumex crispus, Sinapis alba, Sonchus arvensis, Thlaspi arvense, T. major, T. inodorum, Xanthium albinum</i>	Mn	0.94
		Pb	0.90
		Cu	0.84
general generative transformation subpopulations	<i>B. incana, Kochia laniflora, C. bursa-pastoris, Cyclachaena xanthiifolia, E. vulgare, Deschampsia caespitosa, Galium mollugo, R. lutea, Digitaria sanguinalis</i>	Cd	0.88
		Zn	0.87
		Cu	0.71

**Informativeness of indicator species of plants to determine the extent of transformation of ecotopes**

The degree of transformation (for root-zone soil layer)	Species of plants	Correlation coefficient
1–2	<i>Bromopsis in ermis, Calamagrostis epigeios</i>	0.95
	<i>Bromus arvensis, Chelidonium majus</i>	0.80
3–4	<i>Achillea collina, Artemisia vulgaris, Dactylis glomerata, Eupatorium cannabinum, Otites media, Rumex crispus</i>	0.95
5–6	<i>Artemisia absinthium, Hyoscyamus niger, Persicaria maculata, Swida alba</i>	0.90
	<i>Achillea nobilis, Cirsium arvense</i>	0.80
7	<i>Agrostis stolonifera, Chenopodium album, Cynoglossum officinale, Daucus carota, Elytrigia repens, Erucastrum armoracioides, Papaver rhoeas, Salsola australis, Tripleurospermum inodorum</i>	0.80
8	<i>Anthoxanthum odoratum, Arrhenaterum elatius, Convolvulus arvensis, Deschampsia caespitosa, Diplotaxis tenuifolia, Elytrigia repens, Euphorbia seguieriana, Fallopia convolvulus, Galium mollugo, Kochia laniflora, Lactuca tatarica, Melilotus officinalis, Polygonum patulum, Reseda lutea, Senecio vulgaris, Sinapis arvensis, Stenactis annua, Thlaspi arvense, Tragopogon major</i>	0.85
	<i>Cyclachaena xanthiifolia, Digitalis purpurea, Galinsoga parviflora, Plantago lanceolata, Polygonum aviculare, Tripleurospermum inodorum, Xanthium albinum</i>	0.75
9	<i>Amaranthus albus, Atriplex micrantha, Brassica campestris, Capsella bursa-pastoris, Capsella orientalis, Cichorium intybus, Cyclachaena xanthiifolia, Diplotaxis muralis, Echium vulgare, Elytrigia repens, Melilotus albus, Oberna behen, Plantago major, Sinapis alba, Sisymbrium polymorphum, Sonchus arvensis</i>	0.95
	<i>Ailanthus altissima, Berteroa incana, Digitaria sanguinalis, Polygonum aviculare, Reseda lutea</i>	0.80
	<i>Atriplex hortensis, Coniza canadensis, Gnaphalium uliginosum, Grindelia squarrosa, Thlaspi arvense, Tragopogon major, Tripleurospermum inodorum</i>	0.70
10	<i>Atriplex patens, Atriplex patula, Berteroa incana, Capsella bursa-pastoris, Diplotaxis muralis, Echium vulgare, Tragopogon major</i>	0.90
	<i>Amaranthus retroflexus, Ambrosia artemisiifolia, Centaurea diffusa, Polygonum aviculare, Reseda lutea</i>	0.75

Thus, we have found that for toxicological monitoring it is informative to use indicational indices of plants (*Berteroa incana, Echium vulgare, Reseda lutea, Brassica campestris, Capsella orientalis, Diplotaxis muralis, D. tenuifolia, Tripleurospermum inodorum* (appearance of the structure of plants, the life form), *Capsella bursa-pastoris, R. lutea, E. vulgare, Calamagrostis epigeios, Daucus carota, Elytrigia repens* (transformation in the root tip terminals), *B. incana, C. bursa-pastoris, R. lutea, E. vulgare, Atriplex patula, Cichorium intybus, Melilotus albus, M. officinalis, Tragopogon major, T. inodorum* (variability in shoot formation, inflorescence

formation), *E. vulgare*, *Convolvulus arvensis*, *Oberna behen*, *R. lutea*, *Agrostis stolonifera*, *C. intybus*, *Cirsium arvense*, *Grindelia squarrosa*, *T. major* (teratological manifestations in the flower), *Ambrosia artemisiifolia*, *Achillea nobilis*, *Ailanthus altissima*, *Amaranthus albus*, *A. Retroflexus* (genetic heterogeneity of seeds), *B. incana*, *Kochia laniflora.*, *C. bursa-pastoris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *E. vulgare*, *Deschampsia caespitosa*, *Galium mollugo*, *R. lutea*, *Digitaria sanguinalis* (general generative transformation subpopulations) to determine the mechanical transformation – presence of plant species: *Bromopsis in ermis*, *Calamagrostis epigeios* (1), *Achillea collina*, *Artemisia vulgaris*, *Dactylis glomerata*, *Eupatorium cannabinum*, *Otites media*, *Rumex crispus* (3–4), *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenaterum elatius*, *Convolvulus arvensis*, *Deschampsia caespitosa*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Elytrigia repens*, *Euphorbia seguieriana*, *Fallopia convolvulus*, *Galium mollugo*, *Kochia laniflora*, *Lactuca tatarica*, *Melilotus officinalis*, *Polygonum patulum*, *Reseda lutea*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis*, *Stenactis annua*, *Thlaspi arvense*, *Tragopogon major* (8), *Amaranthus albus*, *Atriplex micrantha*, *Brassica campestris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Capsella orientalis*, *Cichorium intybus*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Diplotaxis muralis*, *Echium vulgare*, *Elytrigia repens*, *Melilotus albus*, *Oberna behen*, *Plantago major*, *Sinapis alba*, *Sisymbrium polymorphum*, *Sonchus arvensis* (9), *Atriplex patens*, *Atriplex patula*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Diplotaxis muralis*, *Echium vulgare*, *Tragopogon major* (10), and for integrated pollution – indices of universal phytoindicators (*Atriplex patula*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cichorium intybus*, *Dactylis glomerata*, *Diplotaxis muralis*, *Echium vulgare*, *Plantago major*, *Reseda lutea*, *Tragopogon major*, *Tripleurospermum inodorum*) for industrial ecotopes of Donbass.

#### References

1. Al-Wabel, M.A., Heil, D.M., Westfall, D.G., & Barbarick, K.A. (2002). Solution chemistry influence on metal mobility in biosolids-amended soils. *Journal Environmental Quality*, 31, 1157-1165.
2. Amini, M., Afyuni, M., Fathianpour, N., Khademi, H., & Fluhler, H. (2004). Continuous soil pollution mapping using fuzzy logic and spatial interpolation. *Geoderma*, 124 (3-4), 223-233.
3. Blaha, L., & Hnilička, F. (2004). Influence of abiotic stresses on the basic traits of the root system. *Biologia (Bratislava)*, 59, 145-162.
4. Bross, M.J., Aarts, L., van Tooren, C.F., & Stein, A. (1999). Quantification of the effects of spatially varying environmental contaminants into a cost model for soil remediation. *Journal of Environmental Management*, 56 (2), 133-145.
5. Butler, C.D., & Hanna, L. (2013). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from *Climate Vulnerability. Ecosystems, Biodiversity, Climate, and Health*, 1, 69-78.
6. Chaignon, V., & Hinsinger, P. (2003). Heavy Metals in the Environment: A Biotest for Evaluating Copper Bioavailability to Plants in a Contaminated Soil. *Journal Environmental Quality*, 32, 824-833.
7. Czarnowska, A., & Milewska, A. (2000). The content of heavy metals in an indicator plant (*Taraxacum officinale*) in Warsaw. *Polish Journal of Environmental Studies*, 9, 125-140.
8. Franzle, O. (2006). Complex bioindication and environmental stress assessment. *Ecological Indicators*, 6, 114-136.
9. Frerot, H., Lefebvre, C., Gruber, W., Collin, C., Santos, A., & Escarre, J. (2006). Specific interactions between local metallicolous plants improve the phytostabilization of mine soils. *Plant Soil*, 282, 53-65.
10. Jessel, B. (2006). Elements, characteristics and character – Information functions of landscapes in terms of indicators. *Ecological Indicators*, 6, 153-167.
11. Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., & Stein, A. (2004). A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma*, 122(1-2), 75-93.
12. Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements – an environmental issue. *Geoderma*, 122, 143-158.
13. Kozanecka, T., Chojnicki, J., & Kwasowski, W. (2002). Content of heavy metals in plant from pollution-free regions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11, 371-395.
14. Krueger, T. (2012). The role of expert opinion in environmental modeling. *Environmental Modelling & Software*, 36, 4-18.
15. Macaskie, L.E., Mikheenko, I.P., Yong, P., Deplanche, K., Murray, A.J., Paterson-Beedle, M., Coker, V.S., Pearce, C.I., Cutting, R., Patrick, R.A.D., Vaughan, D., Laan, G., & Lloyd, J.R. (2013). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from *Comprehensive Biotechnology (Second Edition). Today's Wastes, Tomorrow's Materials for Environmental Protection*, 6, 719-725.
16. Manouchehri, N., Besancon, S., & Bermond, A. (2006). Major and trace metal extraction from soil by EDTA: Equilibrium and kinetic studies. *Analytica Chimica Acta*, 559, 105-112.

17. Markert, B. (1993). Plant as a biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment, VCH Weinheim. New York: Basel, Cambridge, 427 p.
18. Minkina, T.M., Motuzova, G.V., Mandzhieva, S.S., & Nazarenko, O.G. (2012). Ecological resistance of the soil – plant system to contamination by heavy metals. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 33-40.
19. Nicholson, F.A., Smith, Sr., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C., & Chambers, B.J. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the total environment*, 311 (1-3), 205-219.
20. Peijnenburg, W.J.G.M., & Jager, T. (2003). Monitoring approaches to assess bioaccessibility and bioavailability of metals: Matrix issues. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 63-77.
21. Pis, V., & Novakova, K. (2002). Influence of soil properties on the heavy metals mobility. *Phytopedon (Bratislava)*, 1, 180-201.
22. Reichman, S.M. (2002). The responses of Plants to Metal Toxicity: A review on Copper, Manganese and Zinc. Australian Minerals & Energy Environment Foundation. Retrieved from [www.ameef.com.au](http://www.ameef.com.au)
23. Romić, M., Hengel, T., Romić, D., & Husnjak, S. (2007). Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores. *Computers & Geosciences*, 33(10), 1316-1326.
24. Safonov, A.I. (2008). New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass. *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*, 8, 91-96.
25. Safonov, A.I. (2012). Approbation of ecosystem standardization criteria according to phytoindication component. *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*, 1(12), 108-114.
26. Tilman, D. (1988). Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton: Princeton Univ. Press, 360 p.
27. Yoccoz, N.G., Nichols, J.D., & Boulinier, T.U. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends Ecology Evolution*, 16(8), 446-453.
28. Zhang, C., & Selinus, O. (1998). Statistics and GIS in environmental geochemistry, some problems and solutions. *Journal of Geochemical Exploration*, 64, 339-354.
29. Zurlini, G. (2006). Indicating retrospective resilience of multi-scale patterns of real habitats in a landscape. *Ecological Indicators*, 6, 184-204.

Received: 7.10.2013

Accepted: 24.10.2013

**Сафонов А. И. Фитоквалиметрия токсической нагрузки и степени трансформации экотопов в Донецкой области.** – В работе рассмотрены вопросы информативности метода фитоиндикации в условиях различной трансформации среды. Осуществление принципов фитомониторинга должно быть дифференцированным в зависимости от специфики воздействий на экотопы: химическое загрязнение (токсические эффекты), механическое нарушение поверхностного слоя почв (деградация эдафотоп) и совместная трансформация (комплексное воздействие). Предложены фитоиндикационные критерии: информативные виды для определения экологических режимов, признаки растений для установления локальных техногенных нагрузок и универсальные фитоиндикаторы для использования в промышленных экотопах Донбасса. Фитоквалиметрия основана на использовании индикационных шкал и индексов, полученных в результате геоботанического или структурного (анатомического) анализов растительных объектов.

*Ключевые слова:* фитоквалиметрия, фитомониторинг, фитоиндикационный критерий, Донбасс.

**Сафонов А. І. Фітокваліметрія токсичного навантаження та ступеню трансформації екотопів у Донецькій області.** – У роботі розглянуто питання інформативності методу фітоіндикації в умовах різної трансформації середовища. Здійснення принципів фітомоніторингу повинно бути диференційованим залежно від специфіки впливів на екотопи: хімічне забруднення (токсичні ефекти), механічне порушення поверхневого шару ґрунтів (деградація едафотопу) і сумісна трансформація (комплексний вплив). Запропоновано фітоіндикаційні критерії: інформативні види для визначення екологічних режимів, ознаки рослин для встановлення локальних техногенних навантажень та універсальні фітоіндикатори для використання у промислових екотопах Донбасу. Фітокваліметрія базується на використанні індикаційних шкал та індексів, які отримано в результаті геоботанічного або структурного (анатомічного) аналізів рослинних об'єктів.

*Ключові слова:* фітокваліметрія, фітомоніторинг, фітоіндикаційний критерій, Донбас.

Надійшла до редакції 7.10.2013

Прийнята до друку 24.10.2013

УДК 581.55 : 574.5/.6(477.63)

© О. В. Федоненко, Є. В. Поздній

## ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИЩОЇ ВОДНОЇ ТА ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНОЇ РОСЛИННОСТІ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ВОДОЙМ КРИВОРІЖЖЯ

*Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара  
49000, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72; e-mail: sharamok@i.ua,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет», Криворізький педагогічний інститут  
50056, м. Кривий Ріг, пр. Гагаріна, 54; e-mail: van\_der\_pou@mail.ru*

**Федоненко О. В., Поздній Є. В.** Екологічний аналіз вищої водної та прибережно-водної рослинності природно-техногенних водойм Криворіжжя. – Наведено результати аналізу таксономічної структури вищої водної та прибережно-водної рослинності природно-техногенних водойм Криворіжжя. Виявлено особливості екологічної структури вищої водної та прибережно-водної рослинності природно-техногенних водойм Криворіжжя.

*Ключові слова:* екологічна структура, макрофіти, кар'єрні водойми.

**Федоненко Е. В., Поздний Е. В.** Экологический анализ высшей водной и прибрежно-водной растительности природно-техногенных водоемов Криворожья. – Приведены результаты анализа таксономической структуры высшей водной и прибрежно-водной растительности природно-техногенных водоемов Криворожья. Выявлены особенности экологической структуры высшей водной и прибрежно-водной растительности природно-техногенных водоемов Криворожья.

*Ключевые слова:* экологическая структура, макрофиты, карьерные водоемы.

### Вступ

В результаті діяльності людини на території Кривого Рогу виник цілий ряд нових ландшафтних елементів, зокрема, водойми природно-техногенного походження, що сформувались спонтанно у результаті затоплення відпрацьованих кар'єрів.

Дослідження процесів трансформації рослинних угруповань як природних, так і штучних водойм мають давню історію. З'ясовано особливості різних стадій сингенезу та напрямків сукцесійних процесів, особливості формування рослинних угруповань різних за походженням водойм у залежності від екологічних умов, розроблено заходи оптимізації стану водних об'єктів [1, 2, 4, 5, 7, 9, 17, 19].

Разом з тим, дослідження особливостей формування та розвитку специфічних для промислових регіонів водойм природно-техногенного походження мають не системний характер. Видовий та екологічний склад рослинних угруповань природно-техногенних (кар'єрних) водойм описано при формуванні списку видів рослин урбанofлори Кривого Рогу, розробці обґрунтування при створенні ландшафтного заказнику місцевого значення «Візира» тощо [11, 12, 14].

Таким чином, дослідження особливостей складу рослинних угруповань вищої водної та прибережно-водної рослинності (далі – макрофітів) кар'єрних водойм потребують деталізації, що і визначає актуальність нашого дослідження.

### Матеріали та методи досліджень

Об'єктом гідробіологічних досліджень слугували угруповання макрофітів природно-техногенних водойм Криворіжжя.

Впродовж польових сезонів 2008–2012 років було обстежено 21 водойму. Здійснено опис рослинності на 47 ділянках.

Досліджені кар'єрні водойми представляють собою ланцюг озер, який простягнувся від м. Інгулець до центральної частини м. Кривий Ріг. Район досліджень розташований на території Вознесенсько-Новобузького геоботанічного району Бузько-Дніпровського геоботанічного округу та Апостолівського геоботанічного району Дністровсько-Дніпровського геоботанічного округу.

Сформовані у западинах відпрацьованих кар'єрів озера є унікальними за цілим комплексом показників, а саме: генезисом, морфологією, фізичними та хімічними показниками вод [8, 13].

Метою даної роботи є встановлення особливостей формування рослинних угруповань макрофітів природно-техногенних водойм Криворіжжя.

Відбір, аналіз та визначення рослин проводився за стандартними методиками. Опис рослинності, чисельність окремих видів, здійснювався на окремих ділянках площею від 10 м<sup>2</sup> до 100 м<sup>2</sup> [3, 10, 15]. Аналіз екологічної структури рослинних угруповань макрофітів проводився за В. В. Тарасовим [18].

### Результати та обговорення

При дослідженні кар'єрних водойм Криворіжжя було зареєстровано 16 видів вищих рослин – макрофітів. Описані види відносяться до 13 родів, 12 родин, 2 класів та 1 відділу (Magnoliophyta) (табл. 1).

Таблиця 1

#### Видовий склад рослинних угруповань макрофітів природно-техногенних водойм Криворіжжя

Родина	Вид
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.
Ranunculaceae	<i>Batrachium trichophyllum</i> (Chaix) Bosch.
Polygonaceae	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre var. <i>natans</i> Leys.
Haloragaceae	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.
Nymphaeaceae	<i>Nyphar lutea</i> (L.) Smith
Hydrocharitaceae	<i>Vallisneria spiralis</i> L.
Alismataceae	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.
	<i>Potamogeton crispus</i> L.
	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.
	<i>Potamogeton lucens</i> L.
Najadaceae	<i>Najas marina</i> L.
Poaceae	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex Steud.
Araceae	<i>Acorus calamus</i> L.
	<i>Pistia stratiotes</i> L.
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i> L.

Аналіз співвідношення таксонів виявив, що середня насиченість родини видами складає 1,33. За співвідношенням родин до родів для рослинних угруповань природно-техногенних водойм 1,08. Середня насиченість родів видами становить відповідно 1,23.

До класу Liliopsida належить 11 видів (68,75% від загальної кількості видів), об'єднаних у 8 родів (61,54% родів від їх загальної кількості) та 7 родин (58,33% від загальної кількості) макрофітів природно-техногенних водойм; до класу Magnoliopsida – відповідно 5 видів (31,25%), 5 родів (38,46%) та 5 (41,67%) родин.

За кількістю видів провідною родиною для рослинних угруповань макрофітів водойм є Potamogetonaceae.

У природно-техногенних водоймах родина Araceae налічує 2 види (12,5% від загальної кількості видів). Усі інші родини є монотипними і містять 62,5% усіх видів макрофітів природно-техногенних водойм. Монотипні родини становлять 83,33% від загальної кількості родин (рис 1).

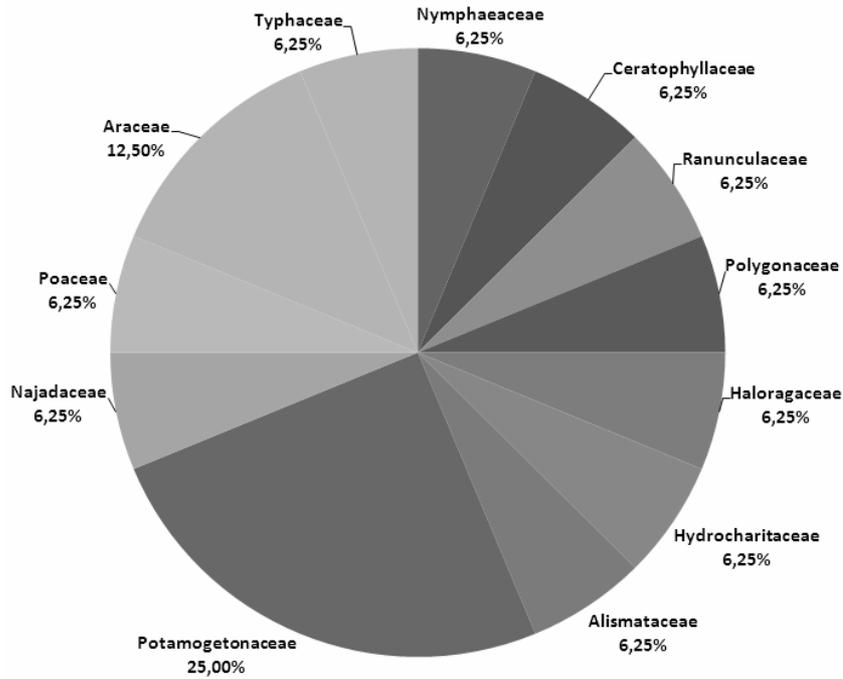


Рис. 1. Таксономічний спектр рослинних угруповань макрофітів природно-техногенних водойм Криворіжжя

Серед зареєстрованих видів макрофітів за приуроченістю до типу ценозів 13 є аквантами (82,25% від загальної кількості видів), 3 види (*P. amphibia*, *A. plantago-aquatica* та *P. australis*) – палюдантами (18,75%), які за адаптацією до водного середовища є гелофітами. Серед аквантів лише два види (*N. lutea* та *P. stratiotes*) є плейстофітами (12,5% від загальної кількості видів), в той час, як група гідатофітів є найбільшою за біорізноманіттям (11 видів, або 68,75% від загальної кількості видів).

Реофіли представлені лише видом *B. trichophyllum* (6,25% від загальної кількості видів), а 11 видів (68,75%) є типовими лімнофілами. Види *V. spiralis*, *P. crispus*, *P. pectinatus* та *P. lucens* є індиферентами по відношенню до течії та становлять 25% від загальної кількості видів.

За участю в ценозах усі зареєстровані види є домінантами, що свідчить про незавершеність процесів формування сталих за видовим складом рослинних угруповань у досліджених природно-техногенних водоймах.

Важливою ценотичною характеристикою, яка відображає динамічний аспект, є місце виду в сукцесійному ланцюзі розвитку рослинного угруповання [6]. Видовий склад макрофітів досліджених природно-техногенних водойм свідчить про проходження їх рослинними угрупованнями піонерної стадії сукцесії. На поступове формування ценозів зі сталою структурою (вторинна або умовно-корінна стадії сукцесії) вказує наявність таких видів, як *V. spiralis* та *B. trichophyllum*.

Хімічний склад води є важливою характеристикою, що визначає адаптацію рослинних організмів до кислотного режиму, загального сольового режиму, зокрема вмісту карбонатів, азоту, розчинених органічних речовин тощо.

За кислотним режимом 14 видів макрофітів досліджених водойм (87,5% від загальної кількості видів) є нейтрофілами. Види *C. demersum* та *P. crispus* відносяться до екологічної групи базофілів.

По відношенню до карбонатів 15 видів (93,75% від загальної кількості видів) є акарбонатофілами, тобто витримують незначний вміст карбонатів у воді. Вид *N. lutea* відноситься до групи гемікарбонатофобів та уникає наявності карбонатів в оточуючому середовищі.

За відношенням до трофності зареєстровані види розподіляються на дві нерівноцінні за біорізноманіттям екологічні групи. Евтрофи представлені видами *C. demersum*, *B. trichophyllum* та *M. verticillatum* (18,75% від загальної кількості видів). Усі інші види (81,25%) є мезотрофами.

Формування угруповань вищої водної та прибережно-водної рослинності новоутворених водойм відбувається за рахунок макрофітів поряд розташованих водних об'єктів [16]. Для природно-техногенних водойм Криворіжжя джерелом формування рослинного компоненту є, в першу чергу, флора Кривого Рогу. Досліджені водойми за типом водообміну є в основному нестічними, ізольованими від водної мережі району водоймами. Три з досліджених водойм є стічними озерами. Таким чином, тип десиментації діаспор рослин буде впливати на видовий склад рослинних угруповань природно-техногенних водойм Криворіжжя. Серед зареєстрованих видів 68,75% є типовими гідрохорами. Анемохори представлені лише видом *P. australis* (6,25% від загальної кількості видів). Один вид (*A. calamus*) відноситься до групи антропохорів. Вид *P. stratiotes* є адвентивним і розмножується лише вегетативно.

Однією зі сторін антропогенного впливу на еволюцію рослинності є наявність в рослинних угрупованнях адвентивних видів. У певній мірі співвідношення заносних та аборигенних видів можна розглядати як показник ступеня антропогенної трансформації природних екосистем.

За походженням аборигенні види рослинних угруповань природно-техногенних водойм Криворіжжя складають 81,25% від їх загальної кількості. Представниками адвентивних видів є *V. spiralis*, *P. stratiotes* та *A. calamus*.

### Висновки

Рослинні угруповання макрофітів природно-техногенних водойм Криворіжжя містять 16 видів, які відносяться до 13 родів, 12 родин, 2 класів, 1 відділу. В рослинних угрупованнях макрофітів природно-техногенних водойм переважають родини класу Liliopsida. Основу рослинних угруповань природно-техногенних водойм складають види, що відносяться до монотипних родин.

За приуроченістю до типу ценозів основу рослинних угруповань макрофітів природно-техногенних водойм складають акванти. Серед останніх за адаптацією до водного середовища група гідатофітів є найбільшою за біорізноманіттям. Реофільність є виключенням серед зареєстрованих видів. Основу рослинних угруповань досліджених водойм складають види, що є нейтрофілами, акарбонатофілами, мезотрофами.

Особливості розташування досліджених водойм відносно гідрографічної мережі регіону та біологія розповсюдження діаспор макрофітів визначають особливості видового складу рослинних угруповань природно-техногенних водойм. Особливості таксономічного складу, відсутність або наявність певних екологічних груп у складі рослинних угруповань досліджених водойм свідчить про специфічність умов та незавершеність процесу формування рослинних угруповань природно-техногенних водойм Криворіжжя. Рослинні угруповання досліджених природно-техногенних водойм проходять в даний час піонерну стадію сукцесії.

Отримані результати можуть бути використані при дослідженні швидкості, характеру сукцесії та напрямку розвитку водних фітоценозів та водних екосистем в цілому, для наукового обґрунтування експлуатації природно-техногенних водойм Криворіжжя з урахуванням особливостей формування таксономічного та екологічного складу гідробіонтів.

### Список літератури

1. Барановский Б. А. Долгопериодные изменения высшей водной и прибрежной растительности порожистого Днепра / Б. А. Барановский, Ю. А. Лавриненко // IV Всерос. конф. по водным растениям. – Борок, 1995. – С. 10–11.

2. Барановський Б. А. Растительность руслового равнинного водохранилища (на примере Запорожского (Днепровского) водохранилища) / Б. А. Барановський. – Днепропетровск: ДГУ, 2000. – 172 с.
3. Гидробиотика: прибрежно-водная растительность: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.
4. Данилик Р. М. Аспекти оптимізації автохтонного блоку водних екосистем урбанізованих територій / Р. М. Данилик, І. М. Данилик // Проблеми та перспективи розвитку лісового господарства. Науковий вісник УкрДЛТУ. – 1998. – Вип. 9.1. – С. 29–31.
5. Дубина Д. В. Географічна структура флори водойм України / Д. В. Дубина, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Укр. бот. журн. – 1984. – Т. 41, № 6. – С. 1–7.
6. Екофлора України / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта, В. В. Протопопова та ін. – К., 2000. – Т. 1. – 284 с.
7. Инешина М. Е. Сравнительный анализ флоры некоторых карьерных озер Черемховского угольного бассейна / М. Е. Инешина, В. В. Чепинога // Проблемы сохранения разнообразия растительного покрова Внутренней Азии: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. уч. (Улан-Удэ, 7–10 сентября 2004 г.). – Улан-Удэ, 2004. – Ч. 1. – С. 140–142.
8. Казаков В. Л. Унікальні техногенні явища в гідрологічній структурі Кривбасу / В. Л. Казаков // Проблеми екології та екологічної освіти: матер. V міжнар. наук.-практ. конф. (Кривий Ріг, жовтень 2006 р.). – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2006. – С. 19–22.
9. Карпова Г. А. Ретроспективный анализ высшей водной флоры днепровских водохранилищ / Г. А. Карпова, Л. Н. Зуб // Гидробиотика-2005: матер. VI Всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (Рыбинск, 11–16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 269–271.
10. Кокин К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин. – МГУ, 1982. – 158 с.
11. Кучеревський В. В. Конспект флори Правобережного степового Придніпров'я / В. В. Кучеревський. – Д.: Проспект, 2004. – 292 с.
12. Кучеревський В. В. Анотований список урбанofлори Кривого Рогу / В. В. Кучеревський, Г. Н. Шоль. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2009. – 70 с.
13. Поздній Є. В. Природно-техногенні озера у відпрацьованих кар'єрах Кривбасу / Є. В. Поздній, В. Л. Казаков // Теоретичні, регіональні, прикладні напрями розвитку антропогенної географії та геології: матер. III міжнар. наук. конф. – Кривий Ріг, 2011. – С. 95–102.
14. Положення про ландшафтний заказник місцевого значення «Візерка». – Дніпропетровськ, 2002. – 56 с.
15. Распопов И. М. Методы изучения водной растительности / И. М. Распопов, О. Н. Доценко // Гидробиол. журн. – 1983. – Т. 19, № 6. – С. 86–87.
16. Рогозин А. Г. Об измерении скорости сукцессии водных экосистем / А. Г. Рогозин // Изв. Челябинского науч. центра. – 2001. – Вып. 4 (13). – С. 73–76.
17. Саксонов С. В. Динамика флоры и растительности искусственных водоемов жигулевского заповедника / С. В. Саксонов, Н. В. Конева // Гидробиотика–2000: V Всерос. конф. по водным растениям (Борок, 11–13 октября 2000 г.). – Борок, 2000. – С. 211–212.
18. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей / В. В. Тарасов. – Дніпропетровськ, 2005. – 276 с.
19. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Стан та перспективи вивчення вищої водної флори і рослинності України / Ю. Р. Шеляг-Сосонко, Д. В. Дубина // Укр. бот. журн. – 1984. – Т. 41, № 2. – С. 1–11.

Надійшла до редакції 17.11.2013

Прийнята до друку 15.12.2013

Fedonenko O. V.<sup>1</sup>, Pozdnyy E. V.<sup>2</sup>

**ECOLOGICAL ANALYSIS OF HIGHER AQUATIC AND SHORELINE AQUATIC VEGETATION OF KRYVBAS QUARRY PONDS**

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnepropetrovsk National University; Gagarina Av., 72, Dnepropetrovsk, 49000; e-mail: sharamok@i.ua*

<sup>2</sup>*National University of Kryvyi Rig, Pedagogical Institute  
Gagarina Av., 54, Kryvyi Rig, 50056; e-mail: van\_der\_pou@mail.ru*

As result of human activities on the territory of Kryvbas quarry ponds have been formed. Study of taxonomic and ecological structure of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation of quarry ponds require disaggregation and determines the relevance of our research. The purpose of the research was studying of the structure of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation community of Kryvbas quarry ponds.

Studies conducted during 2008-2012 years. The 21 quarry ponds of Kryvbas have been researched. The studies were guided by generally accepted terminology in hydrobiology.

In the Kryvbas quarry ponds 16 species of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation community have been registered. Species belongs to 13 genres of 12 families, 2 grades and 1 division (Magnoliophyta).

Family Potamogetonaceae is the dominant for community of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation by the number of species.

82.25% of total species are aquatic plants and 18.75% are shoreline aquatic plants.

The species of the group of the shoreline aquatic plants are amphiphytes. In the group of aquatic plants 2 species are nymphaeids and 11 species are elodeids.

In Kryvbas quarry ponds only *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch. is rheophile.

87.5% of total species of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation are the neutrophils. *Ceratophyllum demersum* L. and *Potamogeton crispus* L. are thebasophils.

68.75% of total species of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation are hydrochory. *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud. is anemochory and *Acorus calamus* L. is anthropochory. For *Pistia stratiotes* L. is typical only vegetative reproduction.

The native species of higher aquatic and shoreline aquatic vegetation of Kryvbas quarry ponds constitute an 81.25% of total species.

*Key words:* ecological structure, higher aquatic vegetation, quarry ponds.

**References**

1. Baranovsky, B.A. (1995). Long-term changes of higher aquatic and shoreline vegetation of the Dnieper. IV all-Russian conference for aquatic vegetation, 10-11.
2. Baranovsky, B.A. (2000). The vegetation of the channel plain reservoir (on the example of the Zaporozhye (Dnieper) reservoirs), 172 p.
3. Hydrobotany. Shoreline aquatic vegetation (2005), 240 p.
4. Danilik, R.M. (1998). Aspects of optimization of the autochthonous block water ecosystems urbanized territories. Problems and prospects of development of forestry. News of UkrSFTU, 29-31.
5. Dubina, D.V. (1984). Geographical structure of flora of water bodies of Ukraine. Ukrainian Botanical journal, 41, 6, 1-7.
6. Ecological flora of Ukraine (2000), 1, 284 p.
7. Ineshina, M.E. (2004). A comparative analysis of the flora of some of the quarry lakes Cheremkhovo coal basin. All-Russian conference, 1, 140-142.
8. Kazakov, V.L. (2006). Unique technological phenomena in hydrological patterns of Kryvbas. V International conference, 19-22.
9. Karpova, G.A. (2006). Retrospective analysis of the aquatic flora of the Dnepr reservoirs. VI all-Russian conference for aquatic vegetation, 269-271.
10. Kokin, K.A. (1982). Ecology of higher aquatic vegetation, 158 p.
11. Kycherevsky, V.V. (2004). Synopsis of flora of the Right-Bank steppe of Dnepr, 292 p.
12. Kycherevsky, V.V., & Shol, G.N. (2004). Annotated list of Urbanoflora of Krivoy Rog, 70 p.
13. Pozdnyy, E.V., & Kazakov, V.L. (2011). Quarry ponds of Kryvbas. Theoretical, regional, applied directions of development of geography and geology. III international scientific conference, 95-102.
14. Regulation on the landscape reserve of the local value «Vizirka» (2002), 56 p.
15. Raspopov, I.M. (1983). Methods of study of aquatic vegetation. Hydrobiological journal, 19, 6, 86-87.
16. Rogozin, A.G. (2001). On measurement of the speed of the succession of the water ecosystems. News of Chelyabinsk scientific center, 4(13), 73-76.
17. Saxonov, S.V. (2000). Dynamics of flora and vegetation of artificial reservoirs Zhigulevsky nature reserve. V all-Russian conference for aquatic vegetation, 211-212.
18. Tarasov, V.V. (2005). Flora of the Dnipropetrovsk and Zaporizhzhia regions, 276 p.
19. Sheliag-Sosonko, U.R. (1984). Status and prospects of studying of higher aquatic flora and vegetation of Ukraine. Ukrainian Botanical journal, 41, 2, 1-11.

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

---

УДК 631.4:634.9

© **Е. В. Андрусевич**

**ЭКОМОРФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЗОФАУНЫ ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННЫХ ПОЧВ НА КРАСНО-БУРЫХ ГЛИНАХ УЧАСТКА РЕКУЛЬТИВАЦИИ НИКОПОЛЬСКОГО МАРГАНЦЕВО-РУДНОГО БАССЕЙНА**

*Днепропетровский государственный аграрный университет  
49000, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: eandrusevich@mail.ru*

*Андрусевич Е. В.* Экоморфическая характеристика почвенной мезофауны дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна. – В работе приведена экоморфическая характеристика почвенной мезофауны. Экоморфическая структура сообщества почвенной мезофауны с точки зрения видового богатства характеризует данный биотоп как совокупность экологических условий потенциальной экологической ниши сообщества. Представленность широкого спектра экоморф показывает весь комплекс сложившихся экологических режимов. Экоморфическая структура животного населения, в которой учитывается численность, показывает реализованную экологическую нишу сообщества.

*Ключевые слова:* почвенная мезофауна, рекультивация, экоморфы.

*Андрусевич К. В.* Екоморфічна характеристика ґрунтової мезофауни дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах ділянки рекультивції Нікопольського марганцево-рудного басейну. – У роботі наведена екоморфічна характеристика ґрунтової мезофауни. Екоморфічна структура угруповання ґрунтової мезофауни з точки зору видового багатства характеризує даний біотоп як сукупність екологічних умов потенційної екологічної ніши угруповання. Представленість широкого спектра екоморф показує весь комплекс сформованих екологічних режимів. Екоморфічна структура тваринного населення, в якій враховується чисельність, показує реалізовану екологічну нішу угруповання.

*Ключові слова:* ґрунтова мезофауна, рекультивация, екоморфи.

### **Введение**

В настоящее время в Украине актуальным вопросом является рекультивация почв после добычи полезных ископаемых открытым, карьерным способом. Почвы, образованные в техногенных ландшафтах, где с помощью техники нарушается почвенный покров, а потом восстанавливается другой, называются техноземами (техногенными почвами). Их профиль представлен не генетическими горизонтами, а почвенно-техногенными [11, 14].

Анализ техногенных трансформаций элементов экосистем – основа для разработки системы экологической диагностики антропогенных нарушений [7]. Почвенные беспозвоночные, интегрирующие воздействие целого комплекса абиотических и биотических факторов, выполняют активную роль в трансформации и перераспределении органического вещества, в деструкционных и почвообразовательных процессах [6]. Мезопедобионты в силу высокой зависимости от динамики почвенных процессов, являются удобной моделью, отражающей изменения условий и состояния биоты [17].

Диагностика почв – процесс описания почвы в соответствии с определенными правилами в целях ее систематического определения. Зоологический метод диагностики почв, разработанный М. С. Гиляровым, основан на том, что в каждом типе почв формируется специфический комплекс почвообитающих организмов. Почвенно-зоологические исследования дают возможность использовать почвенных животных для характеристики почвенных условий [8].

Идея экологического разнообразия лежит в основе метода зоологической диагностики почв. Разнообразие играет существенную роль в функциональной устойчивости и эволюции биогеоценозов [8, 16].

Экоморфы растений и животных как экологическая классификация также являются контекстно-зависимой генерализацией сведений об их взаимоотношении с окружающей средой. Ландшафтно-биогеоценотический уровень является базовым при рассмотрении экологических явлений в традиции степного лесоведения [5]. Именно это обстоятельство определяет масштабный уровень экоморф растений [4] и животных [1, 2, 13]. Соотношение экоморф в сообществе характеризует его экоморфическую структуру. Экоморфы между собой находятся в определенных взаимоотношениях, что создает экоморфическую организацию. Экоморфические матрицы являются формой представления экоморфической организации [12, 13].

Для почвенных животных можно выделить следующие экоморфы: ценоморфы, трофоморфы, трофоценоморфы, топоморфы, гигроморфы [13]. В условиях конкретного сообщества вариабельность экоморфической структуры сопряжена с согласованной изменчивостью тех или иных экоморф. Корреляционные композиции экоморф раскрывают природу механизмов адаптации сообщества к динамике факторов окружающей среды.

### **Материал и методы исследования**

Материал отобран на участке рекультивации Днепропетровского государственного аграрного университета Никопольского марганцево-рудного бассейна (Днепропетровская обл., г. Орджоникидзе) в апреле–мае 2012 г. Пробы отобраны в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах.

Материал отобран по регулярной сетке – 7 трансект по 15 проб в каждой, в сумме 105 проб. Лаг между трансектами и пробами 3 м. Учет почвенных беспозвоночных провели методом почвенных прикопок и ручной разборки почвенных образцов. Размер пробы по стандартным методикам почвенно-зоологических исследований составлял 0,25×0,25 м.

Видовой состав растений дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах составляет 33 вида высших сосудистых растений, среди которых доминируют *Consolida regalis*, *Lactuca tatarica*, *Medicago sativa*, *Seseli campestre*, *Bromus squarrosus*. Субдоминантами являются *Tragopogon major*, *Falcaria vulgaris*, *Onobrychis vicifolia*. Общее проективное покрытие растительности составляет 12,45%.

В аспекте экоморфического анализа для локальной флоры пробного полигона дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах характерны такие особенности – среди трофоморф преобладают мезотрофы, что позволяет оценить почвы полигонов как среднебогатые (среднеплодородные). Из гелиоморф преобладают гелиофиты, отражающие приуроченность изучаемого фиторазнообразия к местообитаниям с осветленным и световым режимом. В спектре гигроморф растительности пробного полигона преобладают мезофиты, т.е. растения умеренно влажных обитаний, что демонстрирует преобладание свежих гигротопов. Ведущую часть фиторазнообразия полигона формируют рудеральные виды растений, которые являются индикаторами повышенной антропогенной и техногенной нагрузки.

### **Результаты и обсуждение**

Характеристика таксономического и экологического разнообразия сообщества мезопедобионтов изучаемого полигона представлена в табл. 1.

В результате исследований животного населения в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах установлено, что мезофауна представлена 45 видами беспозвоночных животных. Плотность почвенной мезофауны изученного полигона составляет 224,6 экз./м<sup>2</sup>.

Установлено, что в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах доминантом является кивсяк *R. kessleri*. Плотность популяции составляет 120,38 экз./м<sup>2</sup>. Данный вид является представителем подстилочного комплекса, сапрофагом, который играет значительную роль в почвообразовательном процессе как активный разрушитель подстилки и древесины [3]. Типичный обитатель степных биогеоценозов, способен выживать в условиях очень низкой влажности.

**Видовой состав и обилие почвенной мезофауны пробного полигона дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах**

Класс	Отряд	Семейство	Вид	Цено-морфы	Гигро-морфы	Цено-трофо-морфы	Топо-морфы	Трофо-морфы	Плотность, экз./м <sup>2</sup>
Тип Arthropoda									
Arachnida	Aranei	Aranei	Aranea sp.	St	Ms	MsTr	Ep	ZF	4,57
Chilopoda	Scolopendromorpha	Cryptopidae	<i>Cryptops anomalans</i> Newport, 1844	St	Ks	MgTr	End	ZF	0,15
			<i>Cryptops parisi</i> Brolemann, 1920	St	Ks	MgTr	End	FF	0,15
	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Diphyonyx sukacevi</i> Folkmanová, 1956	Pr	Ms	MgTr	Anec	ZF	0,46
	Lithobiomorpha	Lithobiidae	<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	St	Ms	MgTr	Ep	ZF	0,15
Diplopoda	Diplopoda	Julidae	<i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927)	St	Ks	MsTr	Ep	SF	120,38
Insecta	Coleoptera	Meloidae	<i>Meloe sp.</i>	St	Ms	MgTr	End	ZF	0,46
		Melolonthidae	<i>Anoxia pilosa</i> (Fabricius, 1792)	St	Ks	MsTr	End	FF	1,37
		Carabidae	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	Sil	Ks	UMgTr	Ep	FF	0,76
			<i>Amara sp.</i>	St	Ms	MgTr	Ep	FF	0,15
			<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	Pr	Ms	UMgTr	Ep	ZF	0,15
			<i>Harpalus griseus</i> (Panzer, 1796)	St	Ks	MsTr	Ep	FF	1,22
			<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	St	Ms	MsTr	Ep	FF	0,15
			<i>Harpalus rufipes</i> (Deg., 1774)	St	Ms	MsTr	Ep	FF	0,15
			<i>Harpalus serripes</i> (Quensel in Schonherr, 1806)	Sil	Ms	MsTr	Ep	FF	0,30
			<i>Harpalus signaticornis</i> (Duftschmid, 1812)	Sil	Ms	MsTr	Ep	FF	0,91
			<i>Harpalus sp.</i>	Pr	Ms	MsTr	Ep	FF	1,22
			<i>Notiophilus laticollis</i> Chaudoir, 1850	Sil	Ks	MgTr	Ep	ZF	0,46
			<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull, 1798)	St	Ks	MgTr	Ep	FF	0,76
			<i>Ophonus rufibarbis</i> (Fabricius, 1792)	St	Ks	MgTr	Ep	FF	0,46
			<i>Poecilus sericeus</i> Fischer von Waldheim, 1824	St	Ms	UMgTr	Ep	ZF	0,15
			<i>Pterostichus sp.</i>	St	Ks	UMgTr	Ep	ZF	0,61
			<i>Stenolophus sp.</i>	St	Ks	UMgTr	End	ZF	1,52
		Cerambycidae	<i>Dorcadion carinatum carinatum</i> (Pallas, 1771)	St	Ks	MsTr	End	FF	0,15
		Curculionidae	Curculionidae sp.	St	Ks	MgTr	End	FF	0,46
			<i>Otiorrhynchus sp.</i>	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,15
		Dynastidae	<i>Pentodon idiota</i> (Herbst, 1789)	St	Ks	MsTr	End	FF	1,52
		Meloidae	<i>Meloe sp.</i>	St	Ks	MgTr	End	ZF	0,15
Staphilinidae	<i>Philontus laminatus</i> Greutz.	St	Ks	UMgTr	End	ZF	0,15		

Класс	Отряд	Семейство	Вид	Цено-морфы	Гигро-морфы	Цено-трофо-морфы	Топо-морфы	Трофо-морфы	Плот-ность, экз./м <sup>2</sup>
		Tenebrionidae	<i>Crypticus quisquilius</i> L.	St	Ks	UMgTr	End	FF	1,07
			<i>Gnaptor spinimanus</i> (Pallas, 1781)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,15
			<i>Gonocephalum pusillum</i> F.	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,15
			<i>Oodescelis melas</i> (Fischer-Waldheim, 1823)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,15
			<i>Oodescelis polita</i> (Sturm, 1807)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,61
			<i>Opatrum sabulosum</i> (Linnaeus, 1761)	St	Ks	UMgTr	End	FF	23,01
			<i>Podonta daghestanica</i> Reitter, 1885	St	Ks	UMgTr	End	FF	1,22
			Tenebrionidae sp.	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,30
			<i>Tentyria nomas</i> (Pallas, 1781)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,15
			Diptera	Tabanidae	Tabanidae sp.	St	Ms	MgTr	End
Lepidoptera	Noctuidae	Lepidoptera sp.	St	Ks	MsTr	End	FF	0,91	
	Orthoptera	Gryllidea	Gryllidea sp.	Pr	Ms	UMgTr	End	FF	0,76
Malacostraca	Isopoda	Trachelipodidae	<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	Sil	Ms	MgTr	Ep	SF	5,03
Тип Mollusca									
Gastropoda	Stylommato-phora	Enidae	<i>Brephulopsis cylindrica</i> (Menke, 1828)	St	Ms	UMgTr	Ep	FF	19,96
			<i>Chondrula tridens</i> (O.F. Muller, 1774)	St	Ks	MgTr	Ep	FF	23,01
		Hygromiidae	<i>Monacha (Monacha) cartusiana</i> (O.F. Muller, 1774)	St	Ms	MsTr	Ep	FF	30,17

Примечание. Ценоморфы: St – степанты, Pr – пратанты, Pal – паллюданты, Sil – сильванты; гигроморфы: Ks – ксерофилы, Ms – мезофиллы, Hg – гигрофилы, UHg – ультрагигрофилы; ценотрофоморфы: MsTr – мезотрофы; MgTr – мегатрофы; UMgTr – ультрамегатрофы; топоморфы: End – эндогейные. Ep – эпигейные, Anec – норники; трофоморфы: SF – сапрофаги; FF – фитофаги; ZF – зоофаги.

Второе место по плотности занимает класс Gastropoda, с общим обилием 73,1 экз./м<sup>2</sup>. Наземные моллюски – относительно немногочисленная, но достаточно широко распространенная группа беспозвоночных [18]. Роль моллюсков в экосистемах разнообразна. Наземные брюхоногие преимущественно питаются растительной пищей – зелеными частями растений или растительными остатками [15].

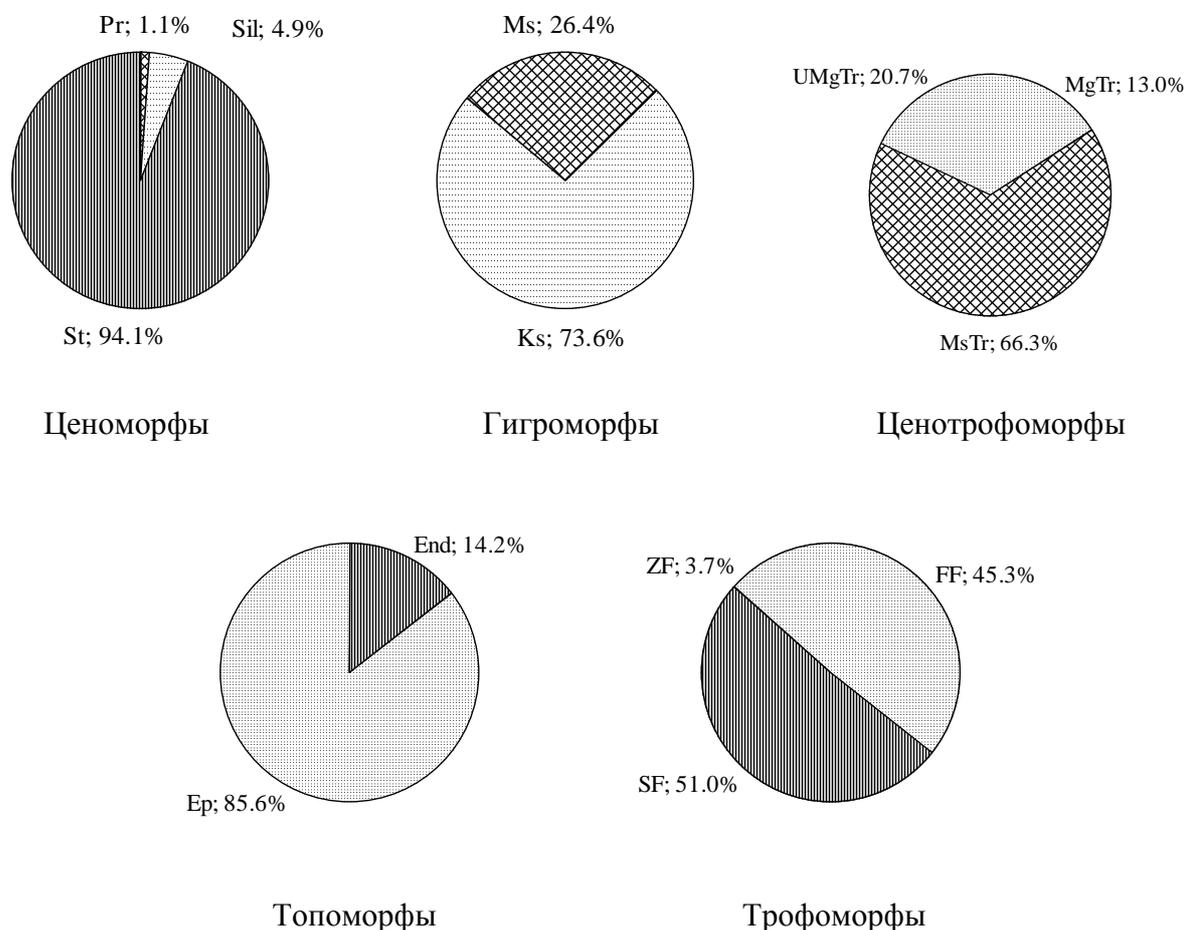
На пробном полигоне дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах обнаружено 3 вида наземных моллюсков из двух семейств Enidae (*B. cylindrica*, *Ch. tridens*) и Hygromiidae (*M. cartusiana*).

*M. cartusiana* – степной вид, обитает преимущественно в открытых и относительно сухих биотопах, часто встречается в антропогенно измененных биотопах [9]. Плотность популяции данного вида на изученном полигоне составляет 30,2 экз./м<sup>2</sup>. *Ch. tridens* обитает в ксерофильных биотопах, на почве и травостое, вид приурочен к степным участкам [9]. Численность особей *Ch. tridens* на пробном полигоне в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах составляет 23,0 экз./м<sup>2</sup>. *B. cylindrica* – ксерофильный вид, образует плотные скопления на открытых степных участках и вдоль дорог [9]. Общее обилие данного вида на пробном полигоне составляет 19,9 экз./м<sup>2</sup>.

Также среди доминирующих видов можно выделить типичного обитателя степей жука-чернотелку *O. sabulosum*, с плотностью популяции 23,0 экз/м<sup>2</sup>.

С точки зрения видового богатства животного населения изученного полигона экоморфическая структура выглядит следующим образом: среди ценоморф доминируют степанты (80,0%), в подчиненном положении находятся сивланты (11,1%) и пратанты (8,9%). В спектре гигроморф в подавляющем большинстве представлены ксерофилы, с долей участия 62,2%, сравнительно меньше мезофиллов – 37,8%. В составе ценотрофоморф доминируют ценоультрамегатрофы (40,0%), несколько меньше ценомега- (28,9%) и ценомезотрофов (28,9%). Топоморфы представлены эпигейными видами (46,7%), энтогейными (51,1%) и норниками (2,2%). Спектр трофоморф представлен таким распределением: фитофаги – 66,7%, зоофаги – 28,9% и сапрофаги – 4,4%.

На пробном полигоне дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах зафиксирована следующая структура экоморф по обилию почвенной мезофауны, представленная на рис. 1.



**Рис. 1. Экологическая структура почвенной мезофауны (по обилию).**

Условные обозначения: см. табл. 1.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет составить представление о данном местообитании с точки зрения фауны и животного населения. Животное население, в отличие от понятия фауна, характеризуется не только видовым составом, но и численностью особей [22]. Применение системы экоморф-биоморф Бельгарда-Акимова дает возможность охарактеризовать каждый вид со стороны основного свойственного ему местообитания,

состава пищи, условий увлажнения. Принадлежность организма к экоморфе определяется не только характером исторического развития вида, таксона на определенной территории, но и текущей экологической обстановкой и является результатом напряженных экологических взаимодействий. Экоморфы и спектры экоморф имеют существенное информационное наполнение для описания экологических процессов в экосистеме [10].

Экоморфическая структура сообщества почвенной мезофауны с точки зрения видового богатства характеризует данный биотоп как совокупность экологических условий потенциальной экологической ниши сообщества. Представленность широкого спектра экоморф показывает весь комплекс сложившихся экологических режимов. Экоморфическая структура животного населения, в которой учитывается численность, показывает реализованную экологическую нишу сообщества.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований установлено, что в ценоморфическом аспекте 94,1% животного населения пробного полигона относятся к степантам, 4,9% – к сивлантам и 1,1% – к пратантам. Зафиксировано, что среди гироморф ведущую роль играют ксерофильные виды (76,6%). Подчиненное положение занимают мезофиллы, с долей участия 26,4%. Трофоценоморфическая структура животного населения изученного полигона состоит из мезоценоотрофов – 66,3%, ультрамегаценоотрофов – 20,7%, и мегаценоотрофов – 13,0%. Спектр топоморф представлен эпигейными и эндогейными видами, с долей участия 85,6% и 14,2% соответственно. Трофоморфы представлены на 51,0% сапрофагами, на 45,3% – фитофагами и на 3,7% – зоофагами.

### **Список литературы**

1. *Акимов М. П.* Биоморфический метод изучения биоценозов / М. П. Акимов // Бюллетень МОИП. – 1954. – Т. LIX (3). – С. 27–36.
2. *Апостолов Л. Г.* Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов юго-востока Украины: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Л. Г. Апостолов. – Харьков, 1970. – 45 с.
3. *Бабенко А. С.* Фауна и динамика населения двупарноногих многоножек (Diplopoda) черневой тайги Салаира / А. С. Бабенко, П. С. Нефедьев, Ю. С. Нефедьева // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – Т. 3 (19). – С. 182–185.
4. *Бельгард А. Л.* Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
5. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
6. *Бессолицына Е. П.* Ландшафтно-экологический анализ структуры зооценозов почв юга Сибири / Е. П. Бессолицына. – Иркутск, 2001. – 166 с.
7. *Воробейчик Е. Л.* О влиянии техногенных эмиссий фтора на животное население почвы / Е. Л. Воробейчик. – Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – С. 75–80.
8. *Гиляров М. С.* Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М.: Наука, 1965. – 275 с.
9. *Гураль-Сверлова Н. В.* Визначник наземних молюсків України / Н. В. Гураль-Сверлова, Р. І. Гураль. – Львів, 2012. – 126 с.
10. *Демидов А. А.* Пространственная агроэкология и рекультивация земель: моногр. / А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. – Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А. Л.», 2013. – 560 с.
11. *Єстеревська Л. В.* Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації і систематики / Л. В. Єстеревська, Г. Ф. Момот, Л. В. Лехцієр // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3–4. – С. 147–150.
12. *Жуков О. В.* Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae): моногр. / О. В. Жуков, О. Є. Пахомов, О. М. Кунах. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 371 с.

13. Жуков О. В. Екоморфичний аналіз консорцій ґрунтових тварин / О. В. Жуков. – Д.: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2009. – 239 с.
14. Класифікація рекультивованих ґрунтів, систематика та генетико-виробнича діагностика: наук.-метод. реком. – Харків: Міськдук, 2012. – 68 с.
15. Крамаренко С. С. Пространственно-временная изменчивость фенетической структуры метапопуляций наземного моллюска *Helix albescens* Rossmassler, 1839 (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) / С. С. Крамаренко, А. С. Крамаренко // Науч. ведомости Белгор. ун-та. – 2009. – Т. 11 (66). – С. 55–61.
16. Кривоуцкій Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Кривоуцкій. – М.: Наука, 1994. – 269 с.
17. Нагуманова Н. Г. Пространственное разнообразие мезофауны Степного Зауралья / Н. Г. Нагуманова, Г. В. Ни // Вестник ОГУ. – 2005. – Т. 2. – С. 33–38.
18. Сачкова Ю. В. Исследование наземных моллюсков на Самарской Луке / Ю. В. Сачкова // Проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18 (3). – С. 138–145.
19. Сумароков А. М. Видовой состав и трофическая структура фауны жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) агробиоценозов Степи Украины / А. М. Сумароков // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2003 (2004). – Т. XI (1–2). – С. 188–193.
20. Сумароков А. М. К изучению фауны жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) агробиоценозов кукурузы в Степной Зоне Украины / Сумароков А. М. // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2005 (2006). – Т. XIII (1–2). – С. 137–143.
21. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів / В. В. Тарасов. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
22. Чернов Ю. И. Природная зональность и животный мир суши / Ю. И. Чернов. – М.: Мысль, 1975. – 222 с.

Поступила в редакцию 13.01.2013

Принята в печать 20.02.2013

**Andrusevych E. V.**

**ECOMORPHICAL CHARACTERISTIC OF MESOFAUNA OF THE SOD-LITHOGENIC SOIL ON RED-BROWN CLAY AT THE RECLAMATION LAND OF THE NIKOPOL MANGANESE ORE BASIN**

*Dnipropetrovs'k State Agrarian University*

*Voroshilov Str., 25, Dnipropetrovs'k, 49000, Ukraine; e-mail: eandrusevich@mail.ru*

Analysis of technological transformations of ecosystem elements is the basis for development of environmental diagnosis of anthropogenic disturbances. Due to the high dependence of soil processes dynamics soil animals are convenient model, reflecting changes in terms and condition of ecosystem. The paper contains ecomorphical characteristic of soil macrofauna. Correlation of ecomorphs compositions reveals nature of the mechanisms of adaptation to dynamics of community environmental factors. As the result of our research of animal population in the sod-lithogenic soils on red-brown clays it was found that mesofauna represented by 45 species of invertebrates. Density of soil animals on studied polygon is 224.6 ind./m<sup>2</sup>. Ecomorphical community structure of soil mesofauna in terms of species richness characterizes this habitat as a set of environmental conditions, potential ecological niche community. Representation of a wide range of shows ecomorphs entire complex existing environmental regimes. Ecomorphical structure of the animal population, which takes into account the number, shows the realized ecological niche community.

*Key words:* soil mesofauna, restoration, ecomorphs.

**References**

1. Akimov, M.P. (1954). Biomorphical method of biogeocenosis research. Bull. Soc. Imp. Nat. Mosc., 3, 27-36.
2. Apostolov, L.G. (1970). Harmful entomofauna of forest biogeocenoses of the South-East of Ukraine, 45 p.
3. Babenko, A.S., Nephed'ev, P.S., & Nephed'eva, Yu.S. (2009). Fauna and population dynamics of centipedes millipedes (Diplopoda) of Salaira black taiga. Bull. of the Tomsk State University, 3(19), 182-185.
4. Bel'gard, A.L. (1950). Forest vegetation of southeastern USSR, 263 p.
5. Bel'gard, A.L. (1971). Steppe forestry, 336 p.
6. Bessolicyna, E.P. (2001). Landscape-ecological analysis of zoocenoses structure in soils of southern Siberia, 166 p.

7. Vorobejchik, E.L. (1991). On the influence of anthropogenic emissions of fluorine on the animal population of the soil. Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, 75-80.
8. Giljarov, M.S. (1965). Zoological method of the soil diagnostic, 275 p.
9. Gural'-Sverlova, N.V. (2012). Determinant of Ukraine terrestrial molluscs, 126 p.
10. Demidov, A.A., Kobets A. S., Gritsan, Yu. I., & Zhukov, A.V. (2013). Spatial agroecology and reclamation. 560 p.
11. Eterevs'ka, L.V., Momot, G.F., & Lechtsier, L.V. (2008). Reclaimed soils: approaches to classification and taxonomy. Soil Science, 3-4, 147-150.
12. Zhukov, O.V., Pachomov, O.E., & Kunach, O.M. (2007). Biodiversity of Ukraine. Dnipropetrovsk region. Earthworms (Lumbricidae), 371 p.
13. Zhukov, O.V. (2009). Ecomorphical analysis of consortia soil animals, 239 p.
14. Classification of reclaimed soil, taxonomy and genetically-industrial diagnostics. Scientific guidelines (2012), 68 p.
15. Kramarenko, S.S., & Kramarenko, A.S. (2009). Spatio-temporal variability of the polymorph structure of land snail *Helix albescens* Rossmassler, 1839 (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) metapopulation. Teach statements Belgorod University, 11(66), 55-61.
16. Krivolutsky, D.A. (1994). Soil fauna in environmental control, 269 p.
17. Nagumanova, N.G., & Ni G.V. (2005). Spatial diversity of Zauralye steppe mesofauna. Herald OSU, 2, 33-38.
18. Sachkova, Ju.V. (2009). The study of terrestrial molluscs on the Samara Bend. Problems of regional and global environment, 8, 138-145.
19. Sumarokov, A.M. (2003). Species composition and trophic structure of beetles (Insecta, Coleoptera) from steppe agrobiocenoses of Ukraine. The Kharkov Entomological Society, 1-2, 188-193.
20. Sumarokov, A.M. (2005). To the knowledge of beetles (Insecta, Coleoptera) of corn agrobiocenoses in the steppe zone of Ukraine. The Kharkov Entomological Society, 1-2, 137-143.
21. Tarasov, V.V. (2005). Flora of Dnipropetrovsk and Zaporizhzhya regions. Vascular plants. Bio-ecological characteristic of species, 276 p.
22. Chernov, Yu.I. (1975). Natural zoning and land wildlife, 222 p.

Received: 13.01.2013

Accepted: 20.02.2013

УДК 598.2 (210.5-17::262.54)

© М. А. Бронскова

**К ФАУНЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЕ НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ  
СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ В ПОСЛЕГНЕЗДОВОЙ ПЕРИОД**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46  
e-mail: maribronskova@gmail.com*

**Бронскова М. А. К фауне и пространственной структуре населения птиц Северного Приазовья в послегнездовой период.** – Проведен анализ результатов учетов птиц в августе 2011 г. в Северном Приазовье. Приводится характеристика видового состава, численности и особенностей размещения птиц на учетных участках. Определена значимость для околководных птиц территорий в обследованном регионе, установлены закономерности распределения птиц по типам мест обитания, а также перечислены основные факторы, вызывающие неравномерность пространственной структуры населения птиц в послегнездовой период.

*Ключевые слова:* орнитофауна, Северное Приазовье, послегнездовой период, пространственное распределение птиц.

**Бронскова М. А. До фауни та просторової структури населення птахів Північного Приазов'я в післягніздовий період.** – Проведено аналіз результатів обліків птахів у серпні 2011 р. у Північному Приазов'ї. Наводиться характеристика видового складу, чисельності та особливостей розміщення птахів на облікових ділянках. Визначено значущість для навколводних птахів територій в обстеженому регіоні, встановлено закономірності розподілу птахів за типами місць мешкання, а також перераховані основні фактори, що викликають нерівномірність просторової структури населення птахів у післягніздовий період.

*Ключові слова:* орнитофауна, Північне Приазов'я, післягніздовий період, просторовий розподіл птахів.

**Введение**

В последние десятилетия широкое распространение получают программы по мониторингу состояния как популяций отдельных видов, так и населения птиц определенных территорий в целом. На Украине одной из них является Региональный Орнитологический Мониторинг (РОМ). Целью этой программы является мониторинг численности околководных птиц побережий Азовского и Черного морей разными учетчиками по стандартизированным методикам. На данный момент наибольшее развитие получили единовременные учеты один раз в три года в первой декаде августа (августовские учеты) и ежегодно во второй декаде января (среднезимние учеты). Первые направлены на определение численности птиц непосредственно по окончании сезона размножения, а вторые – на зимовках, когда держатся стабильные морозы и снежный покров. Результаты августовских учетов в указанном регионе за 2004, 2006 и 2009 гг. опубликованы в Бюллетенях РОМ [2–4].

Исходя из анализа Р. Н. Черничко [10], наиболее значимыми для водоплавающих птиц являются Восточный Сиваш, Центральный Сиваш, Каркинитский и Джарылгачский заливы, Килийское гирло, Молочный и Тилигульский лиманы, Кинбурнский полуостров, Озеро Сивашик, Утлюкский лиман с Федотовой косой и островом Бирючий, на которых в указанные годы во время августовских учетов держалось более 20000 птиц, что является одним из критериев отнесения водно-болотного угодья к категории Рамсарских. На учетных территориях в рамках Северного Приазовья (залив и коса Кривая, залив и коса Белосарайская, залив и коса Бердянская) численность птиц в разные годы сильно варьирует и, периодически не достигает 20000 особей, хотя им и присужден статус «Рамсарские угодья». В задачи данного исследования входило выявление видового и количественного состава птиц в Северном Приазовье, установление закономерностей их распределения по типам мест обитания, определение значимости указанных учетных территорий в пределах района исследований. Отмечены факторы, влияющие на географическое распределение птиц в регионе. Частично данные по пространственно-географическому распределению были опубликованы в работе [1].

### **Матеріал і методика дослідження**

Учети проходили на базі НПП «Меотида» з 5 по 9 августа 2011 г. в Северном Приазов'є. В даному регіоні виділяють 3 водно-болотних угіддя міжнародного значення, 2 із яких розташовані на території НПП «Меотида» – «Залив і коса Крива» і «Залив і коса Белосарайська», а третє – «Залив і коса Бердянська» – на території НПП «Приазовський». Крім того, як окрема учетна одиниця обстежувалося відділення НПП «Меотида» – «Половецька степь». Схема розташування і названія (коди) учетних територій приведені на рис. 1. Крім вказаних ділянок також відмічалися птахи вздовж маршрутів передвиження, включаючи сільськогосподарські поля, невеликі степні площадки і населені пункти, а також обстежувалися великі балки Новоазовського району (Безименна і Харцизька) – долини невеликих висохлих річок зі степними схилами з різною інтенсивністю пасбищної навантаження. Результати учетів на цих територіях приводяться далі спільно під загальною назвою «Маршрути».

Основне уваження в час августовських учетів віддавалося дослідженню водно-болотних угідь. В основу використаної методики легли рекомендації С. Делані [5]. Автомобільний або піший маршрут пролягав вздовж бережів великих водойм, між ними і в їх найближчих околицях, регулярно здійснювалися зупинки на добре прослідковуваних ділянках акваторії для підрахунку птахів. Загальна протяженість маршруту (див. рис. 1) склала близько 450 км, із них 40 км – піший маршрут, а площа обстежених територій – 26120,5 га. Пройдений маршрут і місця розташування скоплень відмічалися GPS-навігатором Lowrance iFinder H2O. Контури обстеженої території з маршрутами, типи місць обитання, а також місця розміщення скоплень птахів виносилися на картографічну основу в Quantum GIS. Систематичне положення птахів і латинські названія таксонів приведені за Г. В. Фесенко і А. А. Бокотею [9], російські названія – за Л. С. Степаняну [8], класифікація типів місць обитання – за рекомендаціями міжвідомчої Азово-Чорноморської орнітологічної станції. На обстеженої території виділені наступні типи місць обитання: «Солоне болото, переувлаженнене солончак» (код – А7), «Тростникові зарості» (А7.1), «Солена відкрита акваторія, глибше 40 см» (А8), «Солена відкрита акваторія, мельче 40 см» (А9), «Морські мелководдя (до глибини 6 м)» (А12), «Солончаки і солонці» (Т1), «Мелкі острови і коси» (Т2), «Степні ділянки (в т. ч. пасбища і сенокоси)» (Т5), «Мозаїчна деревно-кустарникова рослинність» (L1), «Лесополоси» (L2).

#### ***Специфіка погодних умов і обводненість водойм.***

Іюль 2011 г. в обстежуваному регіоні не був дощливим (випало близько чверті місячної норми опадів), а початок августа характеризувався повним відсутством опадів, хоча іноді спостерігалася сильна хмарність. Середня температура іюля склала близько +27°C, днем підвищуючись до +32°C; в час учетів вона поступово піднімалася від +20 до +28°C. В засушливий період (в іюлі і августі) відмічено висихання більшості малих лиманів, що сприяло концентрації водно-болотних птахів на найбільш великих водоймах. Мінімальною обводненістю характеризувалися «Бакаї Кривої коси» (NA33) – вологий ділянка залишився лише в найближчій до моря лимані, її площа склала близько 16 га (13% від максимальної весняної); а також «Еланчанські бакаї» (NA34) – площа водойми склала близько 14 га (15% від максимальної). На «Кривокосському лимані» (NA31) малих лиманчиків висохли повністю, а основне дзеркало відійшло від берега на відстань до 2 м. На Белосарайській косі вода залишилася приблизно на 20% лиманів. Найбільшою обводненістю характеризувався «Устя р. Берда» (NA12.1 і NA12.2) – близько 70% від максимальної. Слід також відзначити зниження рівня моря на «Стрелці Кривої коси» (NA32), що привело до утворення великої кількості мелковод'їв в її заливах, а, відповідно, і концентрації птахів не тільки на малих островах і косах.

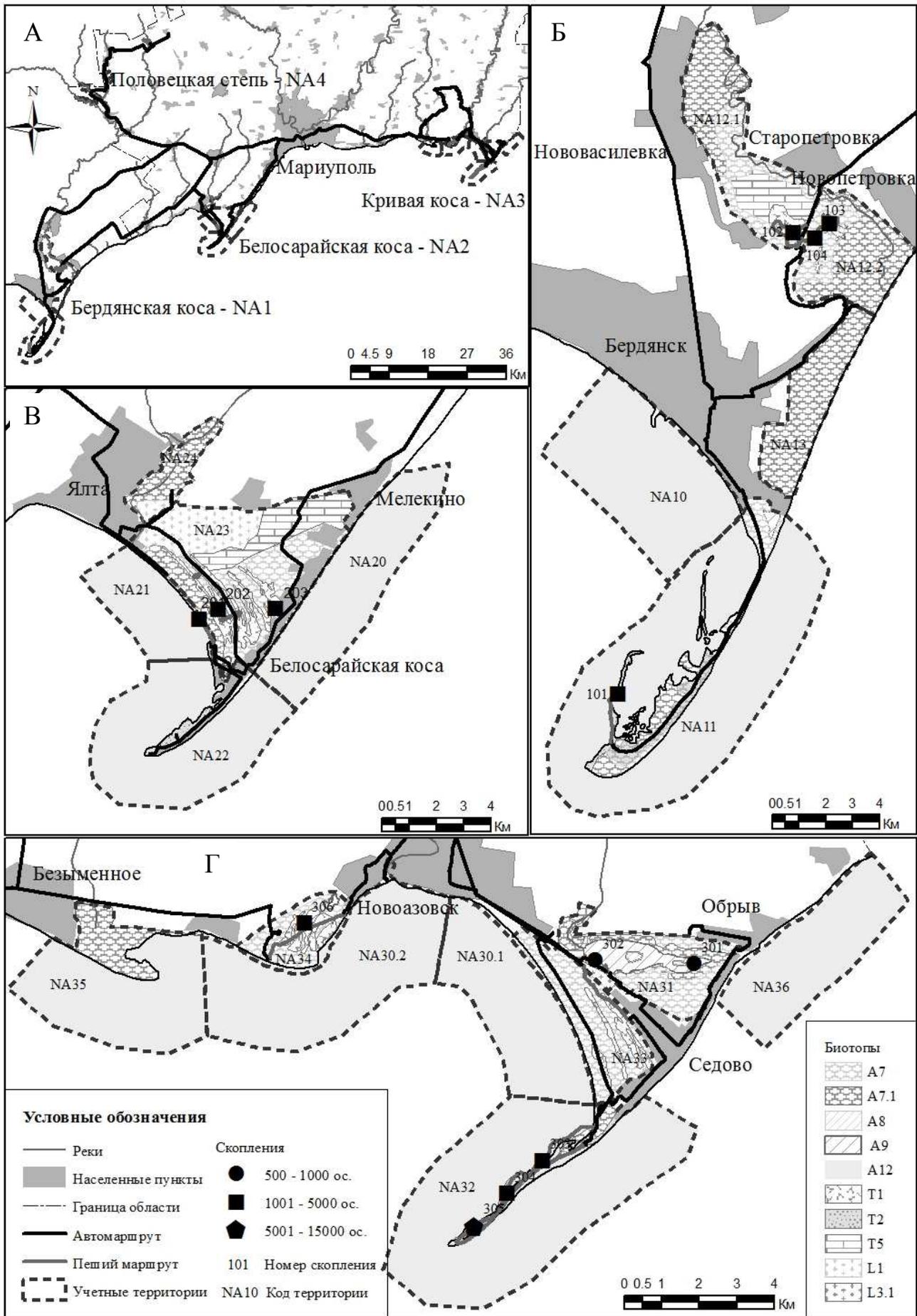


Рис. 1. Карта-схема обследованных территорий:  
 А – Северное Приазовье; Б – Бердянская коса; В – Белосарайская коса; Г – Кривая коса.

**Результаты и обсуждение****Видовой и количественный состав птиц**

Всего учтено 50701 особь 103 видов (табл. 1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) из 13 отрядов: поганкообразные (Podicipediformes) – 1 вид, пеликанообразные (Pelecaniformes) – 3, аистообразные (Ciconiiformes) – 8, гусеобразные (Anseriformes) – 5, соколообразные (Falconiformes) – 6, курообразные (Galliiformes) – 3, журавлеобразные (Gruiformes) – 3, ржанкообразные (Charadriiformes) – 36, голубеобразные (Columbiformes) – 2, кукушкообразные (Cuculiformes) – 1, удообразные (Upuriformes) – 1, ракшеобразные (Coraciiformes) – 3, воробьинообразные (Passeriformes) – 31 вид. Наиболее многочисленными отрядами были: ржанкообразные – 27238 особей, пеликанообразные – 15009, гусеобразные – 5838, воробьинообразные – 1086, в остальных отрядах насчитывалось менее 1000 особей. Наиболее многочисленным видом являлся большой баклан – 14962 особи. Большую численность также имели (в порядке уменьшения численности): хохотунья (6224 особи), озерная чайка (6600 особей), крякva (5117 особей), турухтан (2206 особей), малая чайка (2071 особь), пестроногая крачка (1100 особей).

Таблица 1

**Численность птиц на учетных территориях и отдельных маршрутах**

Латинское название	NA1	NA2	NA3	NA4	Маршруты	Итого
<i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)	5				4	9
<i>Pelecanus onocrotalus</i> (Linnaeus, 1758)*			1			1
<i>Pelecanus crispus</i> (Bruch, 1832)*			46			46
<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)	774	277	13911			14962
<i>Egretta alba</i> (Linnaeus, 1758)	154	1	1			156
<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)	23	12	10			45
<i>Ardea cinerea</i> (Linnaeus, 1758)	136	40	28		3	207
<i>Ardea purpurea</i> (Linnaeus, 1766)	3		3			6
<i>Platalea leucorodia</i> (Linnaeus, 1758)*	2					2
<i>Plegadis falcinellus</i> (Linnaeus, 1766)*	14					14
<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus, 1758)	3					3
<i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus, 1758)*	2					2
<i>Cygnus olor</i> (Gmelin, 1789)	4	2	2			8
<i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764)*	4					4
<i>Tadorna tadorna</i> (Linnaeus, 1758)	5	15	5			25
<i>Anas platyrhynchos</i> (Linnaeus, 1758)	2859	1213	1045			5117
<i>Anas querquedula</i> (Linnaeus, 1758)	380	13	273			666
Нырки	15	3				18
<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)*			3			3
<i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)	4	2	5			11
<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)				2	1	3
<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)*	1					1
<i>Falco vespertinus</i> (Linnaeus, 1766)	13	29	6	2	3	53
<i>Falco tinnunculus</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	6		6	16
<i>Perdix perdix</i> (Linnaeus, 1758)					15	15
<i>Coturnix coturnix</i> (Linnaeus, 1758)			1			1
<i>Phasianus colchicus</i> (Linnaeus, 1758)			1			1
<i>Grus grus</i> (Linnaeus, 1758)	33					33
<i>Gallinula chloropus</i> (Linnaeus, 1758)			1			1
<i>Fulica atra</i> (Linnaeus, 1758)	175	550	100			825
<i>Pluvialis squatarola</i> (Linnaeus, 1758)		39	13			52
<i>Charadrius hiaticula</i> (Linnaeus, 1758)*	1	6	20			27
<i>Charadrius dubius</i> (Scopoli, 1786)	11	3	15			29
<i>Charadrius alexandrinus</i> (Linnaeus, 1758)*	8	1				9
<i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus, 1758)	52	45	67			164

Латинское название	NA1	NA2	NA3	NA4	Маршруты	Итого
<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)	1		13			14
<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)*	74	8	1			83
<i>Recurvirostra avosetta</i> (Linnaeus, 1758)*	6	1	120			127
<i>Haematopus ostralegus</i> (Linnaeus, 1758)*	4	77	103			184
<i>Tringa ochropus</i> (Linnaeus, 1758)	1		1			2
<i>Tringa glareola</i> (Linnaeus, 1758)	209	6	22			237
<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	106	6	14			126
<i>Tringa totanus</i> (Linnaeus, 1758)			13			13
<i>Tringa erythropus</i> (Pallas, 1764)	15					15
<i>Tringa stagnatilis</i> (Bechstein, 1803)*	1	2	2			5
Улиты			2			2
<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	3	10	8			21
<i>Xenus cinereus</i> (Guldenstadt, 1775)			1			1
<i>Phalaropus lobatus</i> (Linnaeus, 1758)			5			5
<i>Philomachus pugnax</i> (Linnaeus, 1758)	1390	392	424			2206
<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)	90		29			119
<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763)	120					120
<i>Calidris alpina</i> (Linnaeus, 1758)	135	5	60			200
<i>Gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 1758)	3					3
<i>Numenius arquata</i> (Linnaeus, 1758)*	13	5	1			19
<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)*			1			1
<i>Limosa limosa</i> (Linnaeus, 1758)	908	63	2			973
Кулики	3810	270	15			4095
<i>Larus ichthyæetus</i> (Pallas, 1773)*		1	15			16
<i>Larus minutus</i> (Pallas, 1776)	16	2000	55			2071
<i>Larus ridibundus</i> (Linnaeus, 1766)	1365	2480	2755			6600
<i>Larus genei</i> (Breme, 1840)	6					6
<i>Larus cachinnans</i> (Pallas, 1811)	295	1295	4634			6224
Чайки			600			600
<i>Chlidonias niger</i> (Linnaeus, 1758)		18				18
<i>Chlidonias leucoptera</i> (Temminck, 1815)	510	297				807
<i>Thalasseus sandvicensis</i> (Latham, 1787)	600	200	300			1100
<i>Sterna hirundo</i> (Linnaeus, 1758)		81	753			834
<i>Sterna albifrons</i> (Pallas, 1764)*	10		100			110
<i>Streptopelia decaocto</i> (Fridvaldszky, 1838)					11	11
<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)					3	3
<i>Cuculus canorus</i> (Linnaeus, 1758)		2	1	1		4
<i>Coracias garrulus</i> (Linnaeus, 1758)*		1			5	6
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)			1			1
<i>Merops apiaster</i> (Linnaeus, 1758)	2			30	62	94
<i>Upupa epops</i> (Linnaeus, 1758)	1		1	1	1	4
<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	5		13			18
<i>Hirundo rustica</i> (Linnaeus, 1758)	70	30	121	5	304	530
<i>Delichon urbica</i> (Linnaeus, 1758)	5				1	6
<i>Galerida cristata</i> (Linnaeus, 1758)		1			1	2
<i>Calandrella cinerea</i> (Gmelin, 1789)					1	1
<i>Alauda arvensis</i> (Linnaeus, 1758)			5		3	8
<i>Anthus campestris</i> (Linnaeus, 1758)				1		1
<i>Motacilla flava</i> (Linnaeus, 1758)			123			123
<i>Motacilla alba</i> (Linnaeus, 1758)			2			2
<i>Lanius collurio</i> (Linnaeus, 1758)			1	4	2	7
<i>Lanius minor</i> (Gmelin, 1788)	1	6	1		12	20
<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)					4	4

Латинское название	NA1	NA2	NA3	NA4	Маршруты	Итого
<i>Sturnus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)					65	65
<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)		3	1		1	5
<i>Corvus frugilegus</i> (Linnaeus, 1758)		4			13	17
<i>Corvus cornix</i> (Linnaeus, 1758)	10	3	69		23	105
<i>Corvus corax</i> (Linnaeus, 1758)				1	19	20
<i>Saxicola rubetra</i> (Linnaeus, 1758)					5	5
<i>Saxicola torquata</i> (Linnaeus, 1766)				2		2
<i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)	1			4	20	25
<i>Oenanthe isabellina</i> (Temminck, 1829)				1		1
<i>Turdus merula</i> (Linnaeus, 1758)				1	13	14
<i>Panurus biarmicus</i> (Linnaeus, 1758)	1		2			3
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)			20			20
<i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)					41	41
<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)					1	1
<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)			1	30	2	33
<i>Acanthis cannabina</i> (Linnaeus, 1758)					3	3
<i>Emberiza calandra</i> (Linnaeus, 1758)					2	2
<i>Emberiza citrinella</i> (Linnaeus, 1758)					1	1
<i>Emberiza schoeniclus</i> (Linnaeus, 1758)			1			1
<b>Общая численность</b>	<b>14469</b>	<b>9521</b>	<b>25975</b>	<b>85</b>	<b>651</b>	<b>50701</b>

Примечание. \* – птицы, занесенные в Красную книгу Украины.

Среди встреченных птиц в следующие Красные списки занесено видов: Красная книга Украины (2009 г.) – 19 [10]; регионально редкие – 15 [7]; Красная книга Международного Союза Охраны Природы – 1; Европейский красный список – 1; Бернская конвенция (приложение II) – 63; Боннская конвенция (приложения I и/или II) – 61; Вашингтонская конвенция (приложения I и/или II) – 10 [6]. Это еще раз доказывает важность обследованного региона для сохранения редких видов птиц, хотя общее количество птиц сравнительно с другими территориями Азово-Черноморского побережья невелико. Далее приведена характеристика встреч наиболее интересных видов в Северном Приазовье.

Кудрявый пеликан – в 2011 г. на стрелке Кривой косы (NA32) гнезилось 16 пар, в августе на крыло поднялось 30 молодых птиц, которые и были нами отмечены в сопровождении одной взрослой птицы из каждой пары.

Розовый пеликан – одна молодая особь держалась на стрелке Кривой косы, отдельно от остальных пеликанов.

Колпица и каравайка – на данной территории не гнездятся, но регулярно в небольших количествах встречаются во время летних кочевков.

Черный аист – 2 птицы 6 августа 2011 г. отдыхали на небольшом лимане в устье р. Берда.

Огарь – 6 августа 2011 г. 4 птицы кормились в устье Берды.

Средний кроншнеп – 8 августа 2011 г. одна птица кормилась на мелководьях Кривой косы.

#### ***Пространственное распределение птиц***

Наиболее важной для летующих водоплавающих и околоводных видов птиц в августе 2011 г. имела Кривая коса, на которой учтено более половины птиц (25975 особей) от их общей численности в Северном Приазовье. Значимым местом остановок была также Бердянская коса, на которой учтено 14469 особей. Учетная территория среди водно-болотных угодий с наименьшей концентрацией птиц – Белосарайская коса (9521 особей).

Далее приводится более подробная характеристика качественного и количественного состава птиц для каждой учетной территории, а также некоторые особенности их распределения по участкам.

Наиболее многочисленными видами на Бердянской косе (здесь и далее приведены виды с численностью более 1000 птиц в порядке убывания количества особей) были кряква, турухтан и озерная чайка. Ласточки (особенно деревенские) активно использовали участки NA12.1 и NA12.2 в качестве кормовых станций благодаря обилию мелких насекомых. Наблюдались также благоприятные условия для цапель (большой белой – 154, малой белой – 23, серой – 136 особей): глубина лиманов – от 10 до 60 см, а также обилие рыбы различных размеров (примерно до 30 см длиной). Среди немногочисленных, но регулярно отмечающихся на данной территории, видов следует отметить колпиц, караваек, белых и черных аистов, серых журавлей. Самым многочисленным видом гусеобразных во время проведения августовских учетов традиционно является кряква, 2000 особей которой отдыхало на высохшем солончаке на участке NA12.2. Остальные виды гусеобразных были очень малочисленны. На Бердянской косе отмечено четыре скопления (см. рис. 1) водно-болотных видов птиц общей численностью 8815 особей, из них три – на участках NA12.1 и NA12.2, и одно – на участке NA11. Основные виды, образовавшие скопления (по убыванию количества особей): большой баклан (в скоплении № 101), кряква (№ 104), турухтан (№ 102, 103), озерная чайка (№ 101), белокрылая крачка (№ 101), пестроносая крачка (№ 101).

Наиболее многочисленный вид на Белосарайской косе – озерная чайка. Наибольшее количество птиц отмечено на участках NA21 – на морском побережье и мелких островках, и NA23 – на мелких лиманах. На участке NA22 наблюдалось сравнительно небольшое количество птиц, что связано с постоянным беспокойством со стороны отдыхающих, даже на оконечности косы. Следует отметить предночевочное скопление кобчика (29 птиц) на ЛЭП между поселками Белосарайская коса и Мелекино. На Белосарайской косе отмечено три скопления водно-болотных видов птиц общей численностью 7497 особей. Их основу составляли кряква (№ 202), лысуха (№ 201), малая чайка (№ 203), озерная чайка (№ 201), хохотунья (№ 201).

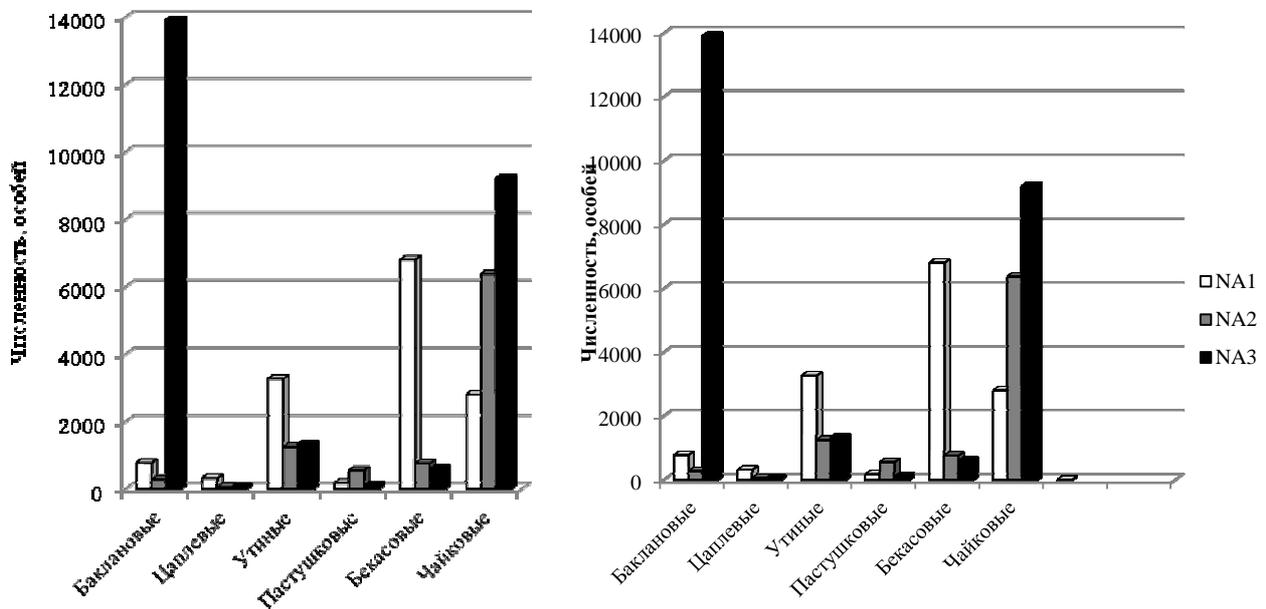
Наиболее многочисленный вид на Кривой косе – большой баклан (около 14 тыс. особей), основную массу составляли молодые и взрослые птицы, большинство из которых размножались не на Кривой косе. Только в одной небольшой колонии оставались птенцы с пуховым оперением. Многочисленными также были кряква, озерная чайка, хохотунья. Представители отряда соколообразных отмечены на участках NA31 и NA33. Скопления кулика-сороки численностью в 30-40 особей каждое отмечены на участках NA31, NA33 и NA34. На участке NA34 встречена стайка галстучника (20 особей) и кулика-воробья (29 особей). Отмечены скопления шилоклювки (120 особей) и турухтана (350 особей) на NA31. Большинство гнездящихся видов чайковых к моменту учетов уже разлетелось, например, черноголовый хохотун, пестроносая крачка, речная крачка; в то же время некоторое количество птенцов хохотуньи и большого баклана еще не стали на крыло. С мест гнездования откочевали также ходулочник и шилоклювка. Очень многочисленной была серая ворона: 20 особей встречено на участке NA31 и 43 – на NA33. На Кривой косе отмечено шесть скоплений водно-болотных видов птиц общей численностью 23816 особей, три из них – на участке NA32, два – на NA31, и одно – на NA34. Виды, которые составляли основу скоплений: большой баклан (№ 303, 304, 305), кряква (№ 303, 305), шилоклювка (№ 302), турухтан (№ 302), озерная чайка (№ 304, 306), хохотунья (№ 303, 304, 305), речная крачка (№ 306).

Наиболее многочисленными видами в Половецкой степи были золотистая шурка и черноголовый щегол (по 30 особей). Водно-болотные виды птиц не были отмечены, что в первую очередь связано с преобладанием степных участков на учетной территории, и, хотя вдоль них протекают реки, специального обследования водных биотопов не проводилось. Некоторую погрешность в видовом составе может давать проведение учетов на данной территории на автомобиле, что не позволяет заметить мелких или скрытных птиц, и в вечернее время, что обуславливает низкую активность большинства видов и, соответственно, их плохую обнаруживаемость.

Наиболее многочисленны виды на маршрутах: золотистая щурка, деревенская ласточка, обыкновенный скворец, полевой воробей. Крупная колония деревенской ласточки (около 100 пар) расположена в с. Гусельщиково Новоазовского района.

Помимо описанных особенностей пространственного размещения видов наблюдается неоднородность в количественном распределении водоплавающих птиц по семействам и семейств – по учетным территориям. Наиболее многочисленные семейства: чайковые (18386 особей), баклановые (14962), бекасовые (8163), утиные (5838). Остальные семейства насчитывали менее 1000 особей. Основная масса представителей семейства баклановые учтена на Кривой косе, бекасовые, утиные и цаплевые – на Бердянской косе, пастушковые – на Белосарайской косе; семейства поганковые, журавлиные, аистовые, ибисовые – только на Бердянской косе, а пеликановые – только на Кривой косе. У чайковых и ржанковых наблюдается постепенное уменьшение численности в ряду Кривая – Белосарайская – Бердянская коса, у куликов-сорок – в ряду Кривая – Белосарайская коса, у шилоклювковых – в ряду Кривая – Бердянская коса (рис. 2).

Мы предполагаем, что такое распределение птиц по обследованной территории обусловлено физико-географическими особенностями региона, наличием или отсутствием подходящих мест для отдыха, пищевых объектов или кормовых станций.



**Рис. 2. Распределение семейств водоплавающих птиц по учетным территориям.**  
Коды учетных территорий: NA1 – Бердянская коса; NA2 – Белосарайская коса; NA3 – Кривая коса.

### **Биотопическое распределение птиц**

На трех учетных территориях (Бердянская коса, Белосарайская коса, Кривая коса) общая площадь биотопов (табл. 2), для которых прослеживалось распределение птиц, составляет 30955,2 га, численность птиц – 49965 особей, а средняя плотность населения – 1,61 особей/га.

Как видно из рис. 1, представленность биотопов на учетных территориях различна. Несколько участков расположены на морских мелководьях с узкой прибрежной полосой (NA10, NA20, NA21, NA30.1, NA30.2, NA36), при этом на некоторых из них пляжи полностью (NA10 и NA20) или частично (NA30.2) расположены в населенных пунктах, что обуславливает их занятость отдыхающими в летние месяцы. На трех участках (NA11, NA22, NA32) представлены песчано-ракушечниковые оконечности кос (стрелки) с различным уровнем антропогенного изменения и окружающие их морские мелководья.

**Распределение птиц по типам мест обитания**

Код биотопа	Учетная территория	Площадь, га	Доля от общей площади, %	Численность птиц, особей	Доля от общей численности, %	Плотность, ос./га
A7	NA1	1507,4	4,87	103	0,21	0,07
	NA2	1139,3	3,68	43	0,09	0,04
	NA3	425,7	1,38	199	0,40	0,47
	<b>Всего</b>	<b>3072,4</b>	<b>9,93</b>	<b>345</b>	<b>0,69</b>	<b>0,11</b>
A7.1	NA1	2997,5	9,68	2	0,00	0,00
	NA2	419,7	1,36	11	0,02	0,03
	NA3	651,8	2,11	82	0,16	0,13
	<b>Всего</b>	<b>4069</b>	<b>13,14</b>	<b>95</b>	<b>0,19</b>	<b>0,02</b>
A8	NA3	10,9	0,04	0	0,00	0,00
A9	NA1	117,2	0,38	9493	19,00	81,00
	NA2	279,2	0,90	4178	8,36	14,96
	NA3	230,9	0,75	1166	2,33	5,05
	<b>Всего</b>	<b>627,3</b>	<b>2,03</b>	<b>14837</b>	<b>29,69</b>	<b>23,65</b>
A12	NA1	8644,9	27,93	2583	5,17	0,30
	NA2	5964,7	19,27	4441	8,89	0,74
	NA3	5568,1	17,99	1813	3,63	0,33
	<b>Всего</b>	<b>20177,7</b>	<b>65,18</b>	<b>8837</b>	<b>17,69</b>	<b>0,44</b>
L1	NA2	<b>734,7</b>	<b>2,37</b>	<b>19</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>
L2	NA3	<b>30</b>	<b>0,10</b>	<b>50</b>	<b>0,10</b>	<b>1,67</b>
T1	NA1	89,7	0,29	1490	2,98	16,61
	NA2	316,3	1,02	142	0,28	0,45
	NA3	211,5	0,68	2733	5,47	12,92
	<b>Всего</b>	<b>617,5</b>	<b>1,99</b>	<b>4365</b>	<b>8,74</b>	<b>7,07</b>
T2	NA1	151,4	0,49	782	1,57	5,17
	NA2	132,4	0,43	686	1,37	5,18
	NA3	81,5	0,26	19924	39,88	244,47
	<b>Всего</b>	<b>365,3</b>	<b>1,18</b>	<b>21392</b>	<b>42,81</b>	<b>58,56</b>
T5	NA1	382,4	1,24	16	0,03	0,04
	NA2	569,3	1,84	1	0,00	0,00
	NA3	298,7	0,96	8	0,02	0,03
	<b>Всего</b>	<b>1250,4</b>	<b>4,04</b>	<b>25</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>
<b>Всего</b>	<b>30955,2</b>	<b>100,00</b>	<b>49965</b>	<b>100,00</b>	<b>1,61</b>	

Примечания:

1 – взаимное расположение биотопов приведено на рис. 1;

2 – коды биотопов: A7 – «Соленое болото, переувлажненный солончак», A7.1 – «Тростниковые заросли», A8 – «Соленая открытая акватория, глубже 40 см», A9 – «Соленая открытая акватория, мельче 40 см», A12 – «Морские мелководья (до глубин 6м)», T1 – «Солончаки и солонцы», T2 – «Мелкие острова и косы», T5 – «Степные участки (в т.ч. пастбища и сенокосы)», L1 – «Мозаичная древесно-кустарниковая растительность», L2 – «Лесополосы»;

3 – коды учетных территорий: NA1 – Бердянская коса, NA2 – Белосарайская коса, NA3 – Кривая коса.

На стрелках Бердянської і Белосарайської кос значительную часть території займають населені пункти, но і на незастроєних місцях в курортний сезон постійно є відпочиваючі. Інша ситуація спостерігається на стрелці Кривої коси, яка в силу своєї нестабільності є непридатною для будівництва місцем, а з 2000 г., завдяки створенню РЛП «Меотида», на ній введений абсолютно заповідний режим. Ще однією територією з морськими мелковод'ями є НА35, біотопи на суші представлені тільки тростниковими заростями. Значительную часть цілого ряду учетних територій (НА12.1, НА12.2, НА13, НА23, НА31, НА33, НА34) займають різні по глибині і водному режиму лиманні комплекси. Основними джерелами їх наповнення є опадки і талі води, заброси води з моря в час сильних штормів і, в меншій ступені, підпитка ґрунтовими водами. В формуванні умов на трьох ділянках (НА12.1, НА12.2, НА31) суттєву роль грають річки, в устьях яких і розташовані ці лимани. Біотопічна представленість на всіх територіях з лиманами сильно залежить від умов конкретного року. Так, якщо в весняні місяці значительную часть площі займають водойми, солоні болота і тростникові зарості, то в початку серпня більшість лиманів і боліт висихає і замінюється на солончаки. Частина ж лиманів зберігається до серпня, або залишаючись досить глибокими, або стаючи мелководними. Учетна територія НА24 розташована на разливі р. Мокрая Белосарайка; тут зарості тростника перемежуються невеликими ділянками відкритої прісної акваторії. На ділянці НА23 крім солоних лиманів широко представлені псаммофітні степи з рідкими островками кустарникової і деревної рослинності.

Найбільша площа біотопу «Морські мелковод'я (до глибини 6 м)» (А12; 20177,7 га), найменша – «Лесополоси» (L2, 30 га) і «Солоняча відкрита акваторія, глибше 40 см» (А8, 10,9 га). Більше тисячі гектарів в біотопах «Солоняче болото» (А7, 3072,4 га), «Тростникові зарості» (А7.1, 4069 га) і «Степні ділянки» (Т5, 1250,4 га). Решта біотопи мають площу від 300 до 1000 га.

Найбільша чисельність (42,81%) птахів і їх густина (58,56 ос./га) спостерігається на «Мелких островах і косах» (Т2), хоча площа його складає лише 365,3 га. Особливо це стосується Кривої коси (81,5 га), на стрелці якої густина досягає 244,47 ос./га, що пов'язано з низьким впливом фактора тривожності, порівняно великою площею цільного ділянки біотопу, сприятливими умовами для відпочинку і годівлі, а також з великою кількістю гніздячихся тут навесні і літом птахів. На Бердянській і Белосарайській косах густина в цьому біотопі значно нижче і складає близько 5,17 ос./га.

Висока чисельність (29,69%) і густина (23,65 ос./га) птахів спостерігається в біотопі «Солоняча відкрита акваторія, глибше 40 см» (А9), площею 627,3 га. При цьому на Бердянській косі густина досягає майже 81 ос./га.

Середня чисельність (8,74%) і густина (7,07 ос./га) відзначена в біотопі «Солончаки і солонці» (Т1), площею 617,5 га. На Бердянській косі при невеликій частці птахів (2,98%) густина населення склала 16,61 ос./га, трохи нижче цей показник на Кривій косі (12,92 ос./га), в той час як на Белосарайській косі – менше 0,5 ос./га.

Велика кількість птахів (17,69%) зустрічено в біотопі «Морські мелковод'я (до глибини 6 м)» (А12), але в зв'язі з величезними площами (більше 20 тис. га) густина птахів низька (від 0,3 до 0,74 ос./га). І навпаки, при густині 1,67 ос./га в «Лесополосах» (L2) відзначається невелика кількість птахів (0,1%). В інших біотопах чисельність птахів складає менше 1% від загальної їх кількості, а густина – менше 0,5 ос./га. Найменше населені виявилися «Степні ділянки» (Т5), «Солоняча відкрита акваторія, глибше 40 см» (А8) – менше 0,02 ос./га.

Таким чином, вирізанна берегова лінія Азовського моря, численні коси з затоками, устьєві зони малих річок, мелководні лимани створюють сприятливі умови для відпочинку багатьох видів гідрофільних птахів в час кочовок і міграцій. Але, крім цього, це регіон з підвищеною антропогенною (рекреаційною) навантаженням, особливо в

летние месяцы года. Уникальным в этом отношении является учетная территория «Стрелка Кривой косы» (NA32), на которой поддерживается режим абсолютной заповедности, в связи с чем весной и летом здесь постоянно наблюдается высокая численность (тысячи особей) гидрофильных птиц. В противоположность этому участку, на Белосарайской и Бердянской косах рекреационная нагрузка постоянна, т.е. отдыхающие, несмотря на заповедный режим, проникают на оконечности кос, которые являются удобными для отдыха птиц участками, поскольку они еще не застроены пансионатами. Для поддержания стабильной численности птиц и ее повышения необходимо, прежде всего, соблюдение заповедного режима на оконечностях Бердянской и Белосарайской кос.

В таких условиях наиболее подходящими для птиц остаются лиманные комплексы, мелкие илистые и ракушечные острова, неудобные для людей участки берега (часто без пляжа и в стороне от населенных пунктов). На распределение птиц по лиманам большое влияние оказывает уровень воды и состояние кормовой базы в них. Так, кулики предпочитают мелководья до нескольких сантиметров глубиной и сильно увлажненные илистые берега, иногда песчано-ракушечные; цапли – мелководья с глубиной воды до нескольких десятков сантиметров; чайки – илистые и песчано-ракушечные берега и мелкие острова; пеликаны и бакланы – песчано-ракушечные берега и острова.

### **Выводы**

За период исследований с 5 по 9 августа 2011 г. в Северном Приазовье были зарегистрированы 103 вида птиц из 13 отрядов. Наиболее многочисленными – большой баклан, хохотунья, озерная чайка, кряква, турухтан, малая чайка, пестроногая крачка. Значимость учетных территорий по количеству птиц уменьшается в ряду Кривая коса – Бердянская коса – Белосарайская коса – Половецкая степь. Эти территории для разных систематических категорий птиц неравнозначны, например, наибольшее количество представителей отряда пеликанообразных учтено на Кривой косе, в то время как на других косах они представлены в незначительных количествах. Высокая плотность населения птиц наблюдалась в биотопах «Мелкие острова и косы» и «Соленая открытая акватория, мельче 40 см» – 58,56 и 23,65 ос./га соответственно, тогда как в биотопах «Степные участки» и «Соленая открытая акватория, глубже 40 см» плотность составляла менее 0,02 ос./га. Такое распределение птиц по обследованной территории, вероятно, обусловлено физико-географическими особенностями региона, наличием или отсутствием подходящих мест для отдыха, пищевых объектов или кормовых станций, интенсивностью беспокойства со стороны человека.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность директору НПП «Меотида» Г. Н. Молодану за предоставленную возможность проведения исследований, а также научным сотрудникам парка А. И. Бронскову и Г. А. Бую за помощь в сборе материала.

### **Список литературы**

1. *Бронскова М. А.* Пространственно-биотопическое распределение птиц во время послегнездовых кочевок в Северном Приазовье / М. А. Бронскова // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: Зб. доп. XXIII Всеукр. наук. конф. аспірантів і студентів (Донецьк, 16–18 квітня 2013 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2013. – Т. 2. – С. 56–57.
2. Бюллетень РОМ: Итоги регионального орнитологического мониторинга. Август 2004 г. Азово-Черноморское побережье Украины / [Под ред. И. И. Черничко]. – 2005. – Вып. 2. – 28 с.
3. Бюллетень РОМ: Итоги регионального орнитологического мониторинга. Август 2006 г. Восточная Европа / [Под ред. И. И. Черничко]. – 2008. – Вып. 3. – 64 с.

4. Бюллетень РОМ: Итоги регионального орнитологического мониторинга (юг Восточной Европы). Август 2009 / [Под ред. И. И. Черничко]. – 2010. – Вып. 5. – 56 с.
5. Делани С. Руководство по методологии мониторинга водоплавающих птиц: общие подходы к организации и проведению учетов / С. Делани. – Wetlands International Black Sea programme, 2011. – 64 с.
6. Парникоза И. Ю. Охранные категории фауны Украины / И. Ю. Парникоза, Е. Н. Годлевская, М. С. Шевченко, Д. Н. Иноземцева; под ред. И. В. Загороднюка. – К.: Киевский эколого-культурный центр, 2005. – 60 с.
7. Перелік видів тварин, що підлягають особливій охороні на території Київської та Донецької областей. – Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 17.09.2012 № 467.
8. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны СССР / Л. С. Степанян. – М.: Наука, 1990. – 728 с.
9. Фесенко Г. В. Анотований список українських наукових назв птахів фауни України (з характеристикою статусу видів) / Г. В. Фесенко, А. А. Бокотей. – К.-Львів, 2007. – 111 с.
10. Червона книга України. Тваринний світ / [За ред. І. А. Акімова]. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 600 с.
11. Черничко Р. М. Динаміка чисельності та структури населення навколководних птахів Азово-Чорноморського узбережжя України в міграційний період / Р. М. Черничко // *Troglodytes*. Праці Західноукр. орнітол. тов-ва. – 2012. – Вип. 3.– С. 9–22.

Поступила в редакцію 1.03.2013

Принята в печать 4.04.2013

**Bronskova M. A.**

**ON THE FAUNA AND SPATIAL STRUCTURE OF BIRD POPULATION IN NORTHERN AZOV  
IN POST-BREEDING PERIOD**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: maribronskova@gmail.com*

Bird population status monitoring in different areas is becoming widespread. Bird censuses are held regularly last ten years in the south of Ukraine in the post-breeding period. The article presents the analysis of these results on August 2011 in Northern Azov. The material was collected in road or hiking routes along the large reservoirs coasts and their surroundings according to Delaney C. recommendations. Borders of the surveyed area with trails, habitat types, and bird flocks placements were plotted on cartographic base in Quantum GIS. 103 species of 13 orders identified. Cormorant, Yellow-legged Gull, Black-headed Gull, Mallard, Ruff, Little Gull, Sandwich Tern species were the most numerous. By the number of birds recorded significance for them count units decreases in the series Krivaya Spit – Berdyanskaya Spit – Belosarayskaya Spit – Polovtsian Steppe. These areas are not equivalent for different taxonomic categories of birds. For example, the greatest number of the Pelecaniformes order accounted on Krivaya Spit, while on other spits they are represented in small quantities. High density of birds observed in habitats «Small islands and spits» and «Salty open waters, shallower 40 cm» – 58.56 and 23.65 ind./ha respectively. While in biotopes «Steppe areas» and «Salty open waters, deeper 40 cm» density of birds was less than 0.02 ind./ha. Such bird distribution on the surveyed area may be caused by the physical and geographical features of the region, the presence or absence of suitable places for rest, food objects or feed habitats, and the intensity of human disturbance.

*Key words:* avifauna, Northern Azov, post-breeding period, spatial distribution of birds.

**References**

1. Bronskova, M.A. (2013). Spatial-habitat distribution of birds during post-breeding migrations in the Northern Azov. Environmental protection and rational use of natural resources: collection of reports XXIII Ukrainian scientific conference postgraduates and students (16-18 April 2013), Donetsk: Donetsk National Technical University, Donetsk National University, 2, 56-57.
2. ROM Bulletin: Results of regional ornithological monitoring. August 2004 the Azov-Black Sea coast of Ukraine (2005). Ed. I.I. Chernichko, 2, 28.
3. ROM Bulletin: Results of regional ornithological monitoring. August 2006. Western Europe (2008). Ed. I.I. Chernichko, 3, 64.
4. ROM Bulletin: Results of regional ornithological monitoring (South Eastern Europe). August 2009 (2010) Ed. I.I. Chernichko, 5, 56.
5. Delaney, C. (2011). Manual methodology for monitoring waterfowl general approaches to organizing and conducting surveys. Wetlands International Black Sea programme, 64.
6. Parnikoza, I.Y., Godlevskaya, E.N., Shevchenko, M.S., & Inozemtseva, D.N. (2005). Protection categories of the Ukrainian fauna. Ed. I.V. Zagorodniuk. Kyiv: Kyiv Ecological and Cultural Center, 60.

7. The list of species subject to special protection in Kiev and Donetsk regions (2012). Decree of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine of 17.09.2012 № 467.
8. Stepanian, L.S. (1990). Synopsis of the USSR ornithological fauna. Moscow: Nauka, 728 p.
9. Fesenko, H.V., & Bokotej, A.A. (2007). The Annotated List of the Ukrainian Scientific Names of the Bird Species Belonging to the Fauna of Ukraine (with Characteristics of status of the Species). Kyiv-Lviv, 111.
10. Red Book of Ukraine. Animals (2009). Ed. I.A. Akimov. Kyiv: Hlobalkonsal'tynh, 600.
11. Chernychko, R.M. (2012). Population dynamics and structure of waterbirds on Azov-Black Sea coast of Ukraine in the migration period. Troglodytes. Proceedings of the West Ukrainian Ornithological Society, 3, 9-22.

Received: 1.03.2013

Accepted: 4.04.2013

УДК 595.423 : 574.34

© А. В. Жуков<sup>1</sup>, А. Д. Штирц<sup>2</sup>, Г. А. Задорожная<sup>3</sup>, О. Н. Кунах<sup>3</sup>

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАЦИИ СООБЩЕСТВА ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARI: ORIBATIDA) В ПОЧВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ**

<sup>1</sup>Днепропетровский государственный аграрный университет

49000, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: Zhukov\_dnepr@rambler.ru

<sup>2</sup>Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: shtirts@i.ua

<sup>3</sup>Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара

49000, г. Днепропетровск, ул. Научная, 10, корп. № 17

**Жуков А. В., Штирц А. Д., Задорожная Г. А., Кунах О. Н. Фракционирование пространственной вариации сообщества панцирных клещей (Acari: Oribatida) в почве сельскохозяйственного поля в условиях степной зоны Украины.** – В работе исследованы пространственные структуры сообщества панцирных клещей агрозема и установлена роль маркеров механической обработки почвы (твердость и агрегатная структура) как факторов, определяющих экологическое пространство этой группы почвенных животных. Отбор проб проведен в пределах полигона, состоящего из 7 трансект, каждая трансекта составлена из 15 пробных точек. В каждой точке были отобраны пробы для выгонки орибатид, пробы для определения плотности сложения, агрегатного состава, влажности, твердости, температуры и электропроводности почвы. Сообщество орибатид представлено 21 видом, среди которых доминируют *Protoribates capucinus* (Berlese, 1908) и *Epilohmannia c. cylindrica* (Berlese, 1904). Применение канонического и детрендного анализов соответствий, а также многомерного шкалирования позволило провести ординацию сообщества орибатид и установить связь его структуры с факторами среды. Установлено, что значительная часть вариации сообщества не может быть объяснена влиянием факторами среды и имеет нейтральный характер. PCNM-анализ выявил соотношение ролей ниша-структурированных и нейтральных факторов в пространственной организации сообщества орибатид: на широкомасштабном уровне ключевое значение имеют факторы среды, а на детальном масштабе приоритет переходит к факторам нейтральной природы.

*Ключевые слова:* панцирные клещи, орибатиды, экологическая ниша, структура сообщества, физические свойства почвы.

**Жуков О. В., Штирц А. Д., Задорожна Г. О., Кунах О. М. Фракціонування просторової варіації угруповань панцирних кліщів (Acari: Oribatida) у ґрунті сільськогосподарського поля в умовах степової зони України.** – У роботі досліджено просторові структури угруповання панцирних кліщів агрозема та установлена роль маркерів механічної обробки ґрунту (твердість й агрегатна структура) як факторів, що визначають екологічний простір цієї групи ґрунтових тварин. Відбір проб проведений у межах полігону, що складається з 7 трансект, кожна трансекта складена з 15 пробних точок. У кожній точці були відібрані проби для обліку орибатид, проби для визначення щільності, агрегатного складу, вологості, твердості, температури та електропровідності ґрунту. Встановлено, що угруповання орибатид представлено 21 видом, серед яких домінують *Protoribates capucinus* (Berlese, 1908) і *Epilohmannia c. cylindrica* (Berlese, 1904). Застосування канонічного й детрендного аналізів відповідностей, а також багатомірного скейлінга дозволило провести ординацію угруповання орибатид і встановити зв'язок його структури з факторами середовища. Установлено, що значна частина варіації угруповання не може бути пояснена впливом факторів середовища та має нейтральний характер. PCNM-аналіз виявив співвідношення ролей ниша-структурованих і нейтральних факторів у просторовій організації угруповання орибатид: на широкомасштабному рівні ключові значення мають фактори середовища, а на детальному масштабі пріоритет переходить до факторів нейтральної природи.

*Ключові слова:* панцирні кліщі, орибатиди, екологічна ніша, структура угруповання, фізичні властивості ґрунту.

## Введение

Пространственная структура рассматривается как ключевое понятие для объяснения процессов, влияющих на биотические сообщества [6]. Пространство выступает либо в качестве фактора, влияющего на экологическую структуру, либо в качестве переменной, искажающей интересующий процесс [19]. Пространственные паттерны сообществ возникают в результате действия факторов окружающей среды, или в результате биотических взаимодействий [15]. Поэтому для адекватного понимания экологических сообществ важным является идентифицировать пространственные структуры и сопоставить

с лежащими в их основе процессами [25]. Различные экологические процессы могут проявляться на различных масштабных уровнях [14].

Разнообразие видов в сообществе связано с абиотическими факторами среды [27, 28]. Этот эффект является следствием воздействия изменчивости свойств среды на интенсивность демографических процессов [21, 34] или конкурентного взаимодействия [18, 32]. Однако с помощью теории нейтрального разнообразия было показано, что многие паттерны, которые ранее считались следствием контроля окружающей среды, могут быть вызваны ограничениями распространения экологически идентичных видов [9–11, 22]. Как следствие, представление о дифференциации экологических ниш видов может не применяться для объяснения множества явлений сообществ живых организмов [32].

Процессы дифференциации ниши и нейтральные процессы приводят к подобным пространственным паттернам [32]. Распространение между соседними участками формирует автокорреляцию в нейтральных сообществах [22]. В ниша-структурированных сообществах сходство сообществ уменьшается с увеличением географического расстояния, так как свойства среды оказываются пространственно автокоррелированными [24]. Данные о сообществах как действительно нейтральных, так и ниша-структурированных могут иметь пространственную структуру, так как данные о сообществах и факторах среды могут быть пространственно автокоррелированными [32]. Одним из методов для различия между контролем факторов окружающей среды структуры сообщества и пространственной автокорреляцией, вызванной нейтральным расселением, является фракционирование вариации [16, 27, 31].

Географические координаты используются как предсказательные переменные в методах прямой ординации в виде полиномиальных членов ( $x$ ,  $x^2$ ,  $x^3$ ). Такой подход называется анализом трендовых поверхностей [23]. Недостатком этого метода является то, что он моделирует широкомасштабные паттерны, а детальные паттерны не могут быть учтены с его помощью. Метод главных координат матрицы соседства (PCNM – *principal coordinates of neighbor matrices*) способен идентифицировать пространственные паттерны в значительном диапазоне масштабных уровней [14]. При выполнении метода PCNM генерируется большое число ортогональных переменных (PCNM-функций), которые моделируют пространственные взаимоотношения точек отбора проб [12]. Для этой цели строится матрица евклидовых расстояний между точками отбора проб. Далее устанавливается граница, ниже которой оценивается расстояние, а выше расстояние принимается как «очень большое» и оценивается как четырехкратное превышение порогового значения. На основании модифицированной усеченной матрицы расстояний проводится анализ главных координат. Для дальнейшего анализа используются только главные координаты (они же PCNM-функции или PCNM-переменные), соответствующие положительным собственным числам усеченной матрицы расстояний [14]. Далее по принципу парсимонии производится отбор PCNM-переменных, которые наилучшим образом описывают наблюдаемые свойства биологических сообществ. Для этой цели наиболее часто используется процедура прямого выбора (*forward selection*) [15].

Целью нашего исследования является выделение ниша-структурированных и нейтральных составляющих, которые определяют пространственную вариабельность сообщества орибатид сельскохозяйственного поля.

### **Материал и методы исследования**

Исследования проведены 22 октября 2012 г. на поле, расположенном на расстоянии 5 км на север от г. Синельниково Днепропетровской области (48°21'43.69" N, 35°31'10.17" E). В 2012 г. на поле возделывался семенной подсолнечник. 2 октября подсолнечник был убран, проведена механическая обработка.

Исследуемый полигон находится на южной стороне поля и примыкает к искусственной лесной полосе, состоящей преимущественно из дуба черешчатого, робинии псевдоакции и бузины черной в подросте. Ширина лесной полосы составляет 25 м. Южная часть полигона

расположена в 10 м от лесной полосы. Полигон состоит из 7 трансект, направленных с юга на север. Каждая трансекта состоит из 15 пробных точек. Расстояние между рядами в полигоне составляет 3 м. Левая нижняя точка принята как имеющая координаты (0; 0).

В каждой точке были отобраны пробы для выгонки почвенных орибатид, пробы для определения плотности сложения, агрегатного состава, влажности, твердости, температуры и электропроводности почвы. Для учета орибатид пробы отбирались из верхнего почвенного горизонта цилиндрическим пробоотборником объемом 250 см<sup>3</sup>. Сбор почвенных проб и выгонка клещей проводились по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [1]. Видовая принадлежность панцирных клещей устанавливалась при микроскопировании с помощью микроскопа Zeiss Primo Star (Германия), при этом использовались определители [3, 4, 7, 33], а также статьи с первоописаниями видов. Градации доминирования приведены по шкале Г. Энгельманна [20]. Жизненные формы панцирных клещей приведены по работам Д. А. Криволицкого [2, 5].

Измерение твердости почв производилось в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет ±8%. Измерения производились конусом с размером поперечного сечения 2 см<sup>2</sup>. В пределах каждой точки измерения твердости почвы производились в однократной повторности.

Для проведения измерения электропроводности почвы *in situ* использовался сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R. I.). Этот сенсор работает совместно с портативным прибором HI 993310. Тестер оценивает общую электропроводность почвы, т. е. объединенную проводимость почвенного воздуха, воды и частиц. Результаты измерений прибора представлены в единицах насыщенности почвенного раствора солями – г/л. Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м = 155 мг/л [30].

Почвенную температуру измеряли в период с 13 до 14 часов цифровыми термометрами WT-1 (ПАО «Стеклоприбор», точность – 0,1°C) на глубине 5–7 см.

Влажность почвы определялась весовым методом, агрегатная структура – методом сухого просеивания через систему сит. Коэффициент структуры почвы (КС) определен как:

$$КС = \frac{\sum Agr_{0,25-10}}{Agr_{<0,25} + Agr_{>10}},$$

где  $Agr_{0,25-10}$  – агрегаты размером от 0,25 до 10 мм (мезоагрегаты);  $Agr_{<0,25}$  – агрегаты размером менее 0,25 мм (микроагрегаты);  $Agr_{>10}$  – агрегаты размером более 10 мм (макроагрегаты) [8].

Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Statistica 7.0, обработка пространственных данных проведена с помощью программы ArcMap 10.0, процедуры экологической ординации выполнены в среде R 2.15.3 с помощью пакетов *adehabitat*, *maptools*, *lattice*. Построение карт выполнено с помощью системы картографирования поверхностей Surfer 11.4.958.

## Результаты и обсуждение

Видовой состав, численность, жизненные формы, индексы доминирования и экологического разнообразия исследуемого сообщества панцирных клещей сельскохозяйственного поля представлены в табл. 1.

Орибатиды являются типично почвенными обитателями, поэтому эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества орибатид (табл. 2).

**Видовой состав, численность, жизненные формы, индексы доминирования и экологического разнообразия панцирных клещей сельськохозяйственного поля в окр. г. Синельниково Днепропетровской области (октябрь 2012 г.)**

№ п/п	Жизненная форма	Вид	Численность – индекс доминирования, %
1	ГФ	<i>Papilacarus akimovi</i> Sergienko, 1992	2–0,36 SR
2	НФ (п)	<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudemans, 1917	3–0,55 SR
3	НФ (п)	<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Sergienko, 1991	1–0,18 SR
4	ОТП	<i>Rhysotritia ardua affinis</i> Sergienko, 1989	21–3,083% R
5	ГФ	<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese, 1904)	128–23,36% D
6	НФ (в)	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	1–0,18 SR
7	ОМПС	<i>Anomaloppia chitinofincta</i> (Kulijew, 1962)	77–14,05 SD
8	ОМПС	<i>Lauroppia neerlandica</i> (Oudemans, 1900)	1–0,18 SR
9	ГФ	<i>Micropopia minus</i> (Paoli, 1908)	27–4,93 SD
10	ОМПС	<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli, 1908)	56–10,22 SD
11	ОМПС	<i>Oppia krivolutskyi</i> Kulijew, 1966	3–0,55 SR
12	ОМПС	<i>Ramusella clavipectinata</i> (Mihelcic, 1885)	9–1,64 R
13	ОМПС	<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez–Inigo, 1965)	8–1,46 R
14	ОМПС	<i>Subiasella quadrimaculata</i> (Evans, 1952)	2–0,36 SR
15	НФ (в)	<i>Zygoribatula exarata</i> Berlese, 1917	8–1,46R
16	НФ (в)	<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudemans, 1900)	6–1,09 SR
17	НФ (в)	<i>Zygoribatula terricola ucrainica</i> Iordansky, 1990	16–2,92% R
18	НФ (в)	<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	177–32,3% D
19	НФ (в)	<i>Ceratozetes minutissimus</i> Willmann, 1951	4–0,73% SR
20	НФ (в)	<i>Chamobates cuspidatus</i> (Michael, 1884)	2–0,36 SR
21	НФ (в)	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster, 1958)	2–0,36 SR
Число проб			105
Общая численность (экз.)			548
Средняя плотность (экз./м <sup>2</sup> )			2088
Индекс Шеннона			1,97
Индекс Пиелу			0,68
Индекс Симпсона			5,17
Индекс Маргалефа			2,69
Индекс Менхиника			0,76
Индекс Бергера–Паркера			3,09

## Примечания:

1. E – эудоминант (>40%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецедент (1,3–3,9%), SR – субрецедент (<1,3%) [20].

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

**Детерминанты экологического пространства орибатид**

Параметры среды	Среднее	Доверительный интервал		CV, %
		- 95 %	+ 95 %	
Твердость почвы на глубине, МПа				
0–5 см	0,47	0,44	0,50	29,55
5–10 см	0,49	0,47	0,52	25,50
10–15 см	0,59	0,55	0,63	32,04
15–20 см	0,86	0,79	0,94	43,39
20–25 см	1,30	1,21	1,40	36,92
25–30 см	1,92	1,80	2,03	31,26
30–35 см	2,40	2,30	2,50	20,78
35–40 см	2,59	2,51	2,66	15,43
40–45 см	2,82	2,75	2,89	13,41
45–50 см	2,62	2,56	2,67	10,76
Глубина (см), с которой начинается твердость почвы				
2 МПа	31,17	30,17	32,17	16,61
3 МПа	48,11	46,32	49,90	19,25
Агрегатная структура слоя почвы 0–10 см (%)				
Агрегаты > 10 мм	38,59	36,04	41,13	34,13
Агрегаты 7–10 мм	10,59	10,09	11,10	24,53
Агрегаты 5–7 мм	8,66	8,34	8,98	19,21
Агрегаты 3–5 мм	12,16	11,69	12,62	19,69
Агрегаты 1–3 мм	21,90	20,56	23,24	31,70
Агрегаты 0,5–1 мм	3,57	3,18	3,97	57,00
Агрегаты 0,25–0,5 мм	3,00	2,62	3,38	64,77
Агрегаты < 0,25 мм	1,53	1,31	1,74	72,54
КС	1,75	1,58	1,92	50,52
Физические свойства				
Электропроводность, дСм/см	0,68	0,65	0,72	26,99
Температура слоя почвы 5–7 см, °С	12,15	11,87	12,44	12,02

Для изученного участка поля характерно монотонное увеличение твердости с ростом глубины вплоть до слоя 40–45 см. Твердость изменяется от 0,47 (слой 0–5 см) до 2,82 МПа (слой 40–45 см). Орибатиды отобраны только из слоя 0–10 см, однако нельзя исключать влияние свойств более глубоких слоев на сообщество панцирных клещей. Панцирные клещи совершают вертикальные миграции, а твердость почвы зависит от структуры порового пространства, по которому совершаются миграции. Влияние может быть косвенным, так как твердость почвы может оказывать влияние на перераспределение влаги. При наличии плужной подошвы (слоя с резким возрастанием твердости) сильно изменяется скорость инфильтрации воды, что может приводить к резкому росту содержания влаги в верхнем почвенном слое до состояния полной влагоемкости при интенсивных осадках. При полной влагоемкости в почве содержится только заземленный воздух, а условия в целом в почве являются анаэробными, что неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности почвенных обитателей.

Коэффициент вариации твердости имеет сложную динамику по профилю почвы. В слое 0–5 см этот показатель равен 29,55%, в следующем слое коэффициент вариации снижается до 25,50%, после чего наблюдается возрастание вариабельности твердости почвы до локального максимума в слое 15–20 см, который составляет 43,39%. После локального

максимума наблюдается монотонное снижение коэффициента вариации твердости почвы с глубиной вплоть до значения 10,76% на глубине 45–50 см.

Твердость также регулирует глубину проникновения корней растений в почву. Для многих видов растений граничной является твердость почвы 3 МПа. Глубина проникновения корней является глубиной попадания растительной органики в почву. Очевидно, что пространственное размещение сапротрофных орибатид также будет регулироваться твердостью почвы. В этом смысле особое значение имеет такой показатель, как глубина возникновения граничной твердости почвы (в нашем случае это 2 и 3 МПа). Твердость 2 МПа в среднем возникает с глубины 31,17 см, а твердость 3 МПа – с 48,11 см.

Агрегатная структура имеет безусловное значение в формировании экологического пространства орибатид. Микроагрегаты соразмерны с размерами панцирных клещей. Межагрегатная порозность формирует пространство, в пределах которого эти почвенные животные могут перемещаться. Внутриагрегатное пространство является вместилищем влаги и является фактором стабильности микросреды орибатид. Проведенный анализ позволил установить, что преобладающей фракцией в агрегатной структуре почвы полигона являются макроагрегаты (агрегаты размером более 10 мм). Их доля в среднем составляет 38,59%, что определяет относительно низкий уровень структурности почвы – коэффициент структуры составляет 1,75. Второй по значимости фракцией являются агрегаты размером 1–3 мм (относятся к категории мезоагрегатов, являются агрономически ценными). Они составляют 21,90% от общей суммы. Наименьшей вариабельностью характеризуются агрегаты размером 3–5 и 5–7 мм (19,69 и 19,21% соответственно). Наибольший коэффициент вариации характерен для микроагрегатов и составляет 72,54%. Следует отметить, что микроагрегаты являются весьма динамичной фракцией, способной существенно изменять свойства почвы как среды обитания микрофауны. Прежде всего, это закупорка относительно крупных пор микроагрегатами (пылеватой фракцией), поэтому вариабельность микроагрегатов маркирует значительную изменчивость экологических свойств почвы для существования сообщества орибатид.

Электропроводность и температура почвы тесным образом зависят от условий влажности почвы. Температура является очевидным экологическим фактором, который определяют скорость протекания химических процессов в почве и интенсивность метаболизма в живых организмах. Электропроводность в исследуемом участке составила 0,68 дСм/см, что свидетельствует об отсутствии явлений засоления. Температура почвы в момент отбора проб в среднем составила 12,15°C.

Дисперсионный анализ свидетельствует о достоверном характере влияния факторов среды на структуру сообщества, определяемую с помощью канонического анализа соответствий ( $F = 2,28$ ,  $p = 0,005$ ) (рис. 1). Структура и твердость почвы являются важнейшими аспектами среды, структурирующими сообщество орибатид. Сайты с наиболее оструктуренной почвой предпочитают такие виды, как *Ceratozetes minutissimus* и *Ramusella clavipectinata*. Напротив, в локалитеты, где доля глыбистой фракции наибольшая, маркируют *Zygoribatula terricola ucrainica* и *Ramusella mihelcici*. Из показателей твердости наибольшее значение для сообществ орибатид на изучаемом участке имеет твердость на глубинах 15–20, 20–25 и 25–30 см. Участки с повышенной твердостью на указанных глубинах маркируются такими панцирными клещами, как *Papilacarus akimovi* и *Tectocepheus velatus*.

Канонический анализ соответствий хорошо проявляет себя при наличии четко выделенного градиента. В ситуации с наличием зоны оптимума, что предполагает нелинейность отклика сообщества на действие факторов, этот подход дает некорректные результаты, что проявляется в эффекте «подковы». Детрендовый анализ лишен этого недостатка. Он позволил выявить роль электропроводности в структурировании сообщества орибатид. Такие виды, как *Subiasella quadrimaculata* и *Ceratozetes minutissimus* характеризуются наличием зоны оптимума в пределах изучаемого полигона. Детрендовый анализ соответствий также свидетельствует о важной роли структуры и твердости почвы в формировании сообщества орибатид.



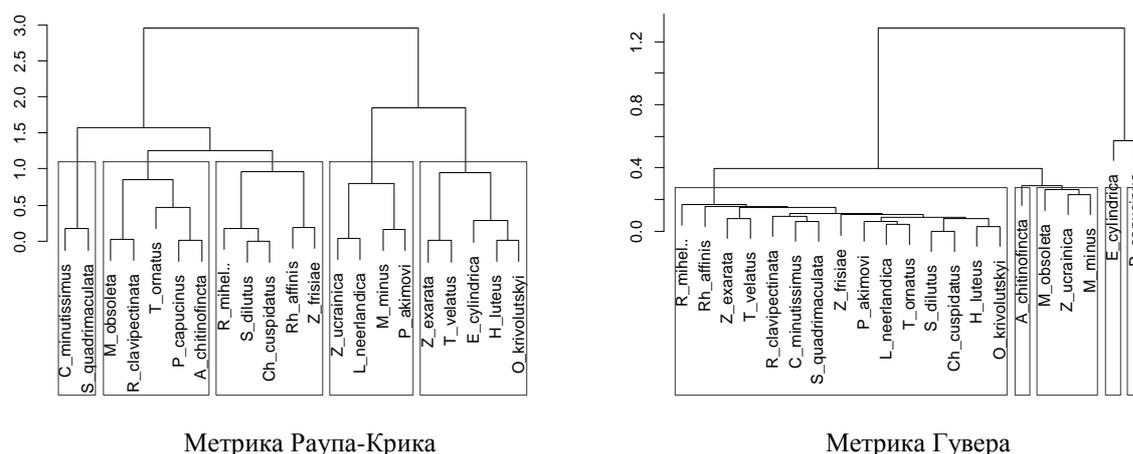
**Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена матриц мер различия-подобия и переменных окружающей среды (нормированы к 1)**

Метрика	1	2	3	4	5	6
Евклидова	0,05	0,03	0,05	0,02	0,06	0,04
Манхеттеновская	0,05	0,06	0,07	0,05	0,08	0,05
Гувера	<b>0,14</b>	0,04	<b>0,13</b>	0,09	0,07	<b>0,12</b>
Брея-Куртиса	0,04	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05
Кульчинского	0,03	0,06	0,06	0,04	0,07	0,04
Горна-Морисита	-0,01	0,08	0,02	0,02	0,07	0,00
Биномиальная	0,10	<b>0,10</b>	0,10	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	0,10
Као	0,04	-0,03	0,05	0,00	0,05	0,04
Жаккара	0,04	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05
Маунфорда	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Раупа-Крика	0,09	0,09	0,09	<b>0,10</b>	0,09	0,09
Канберра	0,07	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08
Чао	0,02	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03

Примечания:

- 1 – данные обилия видов не трансформированы; 2 – после висконсианской трансформации; 3 – извлечен корень квадратный; 4 – преобразование Хеллинджера; 5 – хи-квадрат; 6 – логарифмирование;
2. Полу жирным выделены максимальные значения по столбцу.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наибольшей корреляцией с факторами среды характеризуется матрица на основе метрики Гувера без предварительной трансформации данных. Однако иерархический кластерный анализ данных на основе этой метрики дает очень несбалансированное решение: для пяти кластеров подавляющее число видов принадлежит к одному кластеру, а три кластера представлены по одному виду. Аналогичные решения получены и для других метрик (Евклидовой, Брея-Куртиса и некоторых других) (рис. 2).

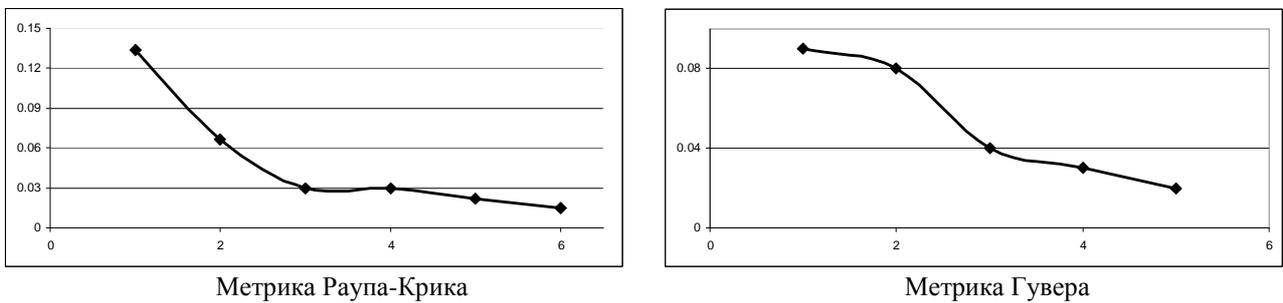


**Рис. 2. Кластерный анализ на основе метрик Раупа-Крика и Гувера (метод Варда).**  
 Прямоугольниками отмечены решения, состоящие из 5 кластеров.

Для метрики Раупа-Крика кластерное решение можно признать наиболее сбалансированным: распределение числа видов по пяти выделенным кластерам является наиболее выровненным из всех кластерных решений, полученных для различных метрик. Корреляция с факторами среды матрицы, полученной на основе метрики Раупа-Крика ниже, чем наилучшее значение для метрики Гувера, но в отличие от последней, корреляция является более стабильной, так как практически со всеми вариантами предварительного

преобразования данных эта метрика показывает высокие значения корреляции. Таким образом, для проведения процедуры многомерного шкалирования были выбраны метрика Гувера, как дающая наибольшую корреляцию с факторами среды и метрика Раупа-Крика с предварительным преобразованием Хеллинджера исходных данных, как дающая сбалансированное кластерное решение.

Многомерное шкалирование позволяет в пространстве меньшей размерности отобразить исходный многомерный массив данных. Вопрос о числе измерений может быть решен путем оценки скорости изменения стресса при увеличении числа измерений. Стресс является мерой точности отображения исходных данных в пространстве меньшей размерности. Если при увеличении числа измерений уменьшение стресса происходит медленно, то такой прирост числа не дает существенного улучшения качества отображения. Таким образом, резкий перегиб кривой стресс-число измерений может указывать на оптимальное число измерений. Четкость перегиба усиливается, если использовать дифференциальный стресс – разницу значений стресса между соседними числами измерений (рис. 3).

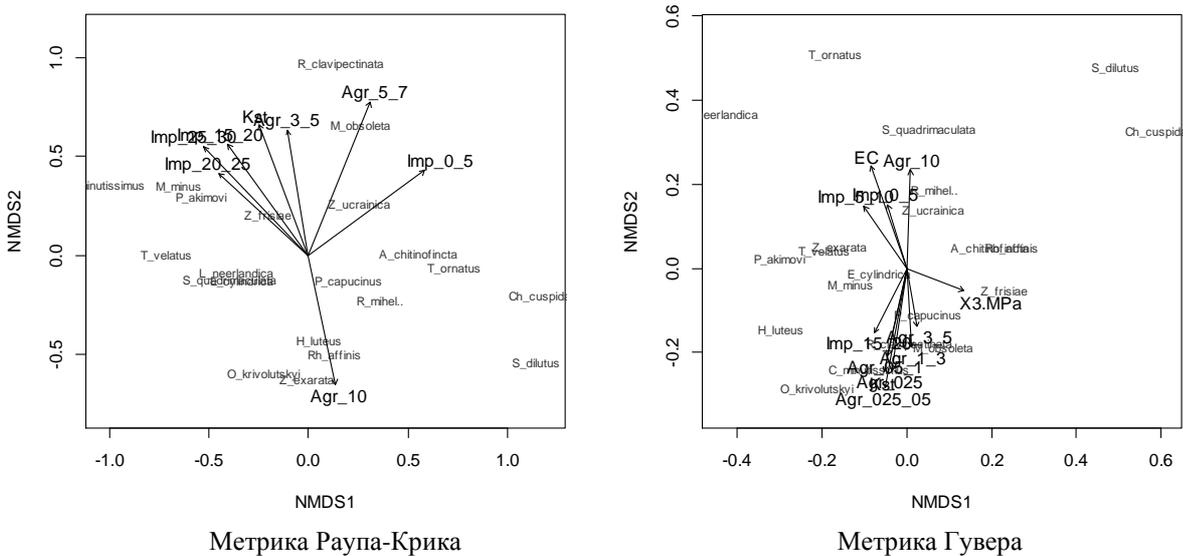


**Рис. 3. Зависимость дифференциального стресса от числа измерений.**

Условные обозначения: ось абсцисс – число измерений; ось ординат – дифференциальный стресс.

Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что двухмерный вариант многомерного шкалирования достаточен для точного отображения исходного массива данных о структуре сообщества ориватид как для метрики Гувера, так и Раупа-Крика, так как увеличение числа измерений выше указанного не приводит к существенному приросту точности отображения.

Результаты отображения исходного массива данных в измерениях, полученных с помощью многомерного шкалирования, представлены на рис. 4.



**Рис. 4. Ординация сообщества ориватид методом многомерного шкалирования и факторы среды, корреляция которых с осями многомерного шкалирования достоверна ( $p < 0,05$ )**

При детальном рассмотрении полученных диаграмм можно найти некоторые черты сходства и различия в размещении видов в пространстве полученных измерений. Общий результат сводится к следующему. Структура почвы и связанная с этим показателем твердость верхних почвенных горизонтов является существенным фактором, который определяет пространственную организацию сообщества орибатид. Однако на обеих диаграммах эдафические переменные сильно коррелированы со вторым измерением, а первое измерение отражает изменчивость сообщества орибатид, которая не связана с измеренными почвенными свойствами. Это позволяет предположить наличие других экзогенных факторов, которые влияют на сообщество, либо наличие нейтральной динамики (динамика, которая не определяется факторами среды). В качестве модели закономерных компонент пространственной динамики могут выступать PCNM-переменные.

Данные перед применением процедуры PCNM-анализа предварительно были подвергнуты трансформации Хелинджера [26], так они содержат большое количество проб с отсутствующими некоторыми видами. Было выделено 55 PCNM-переменных, которые отвечали собственным числам, превышающим 1. Эти PCNM-переменные могут описать 26,86% изменчивости структуры сообщества орибатид (найдено с помощью функции `RsquareAdj` пакета `vegan`). Этот критерий с помощью процедуры прямого выбора позволил выделить 21 наиболее информативных для объяснения пространственной структуры сообщества PCNM-переменных (рис. 5).

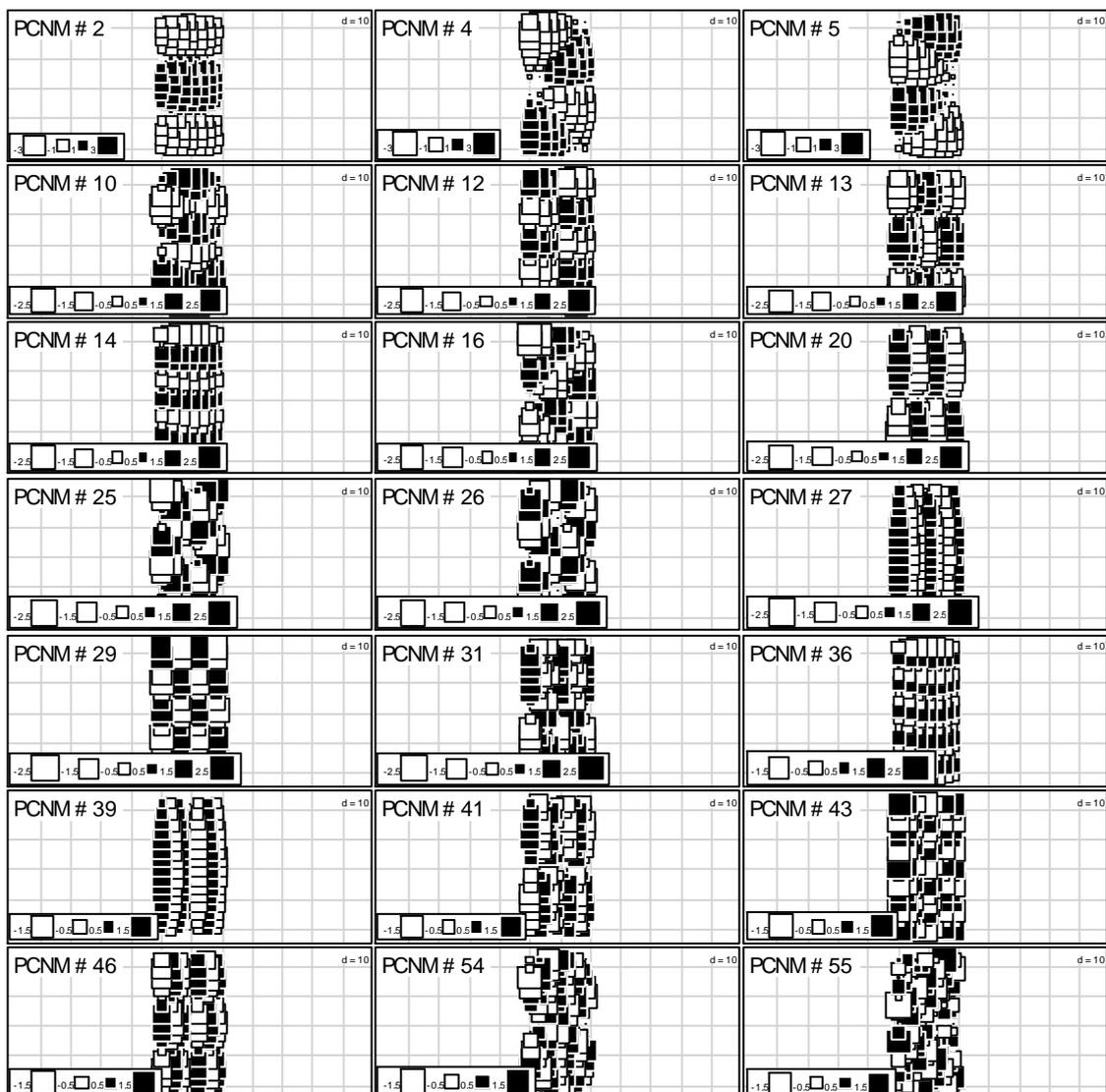
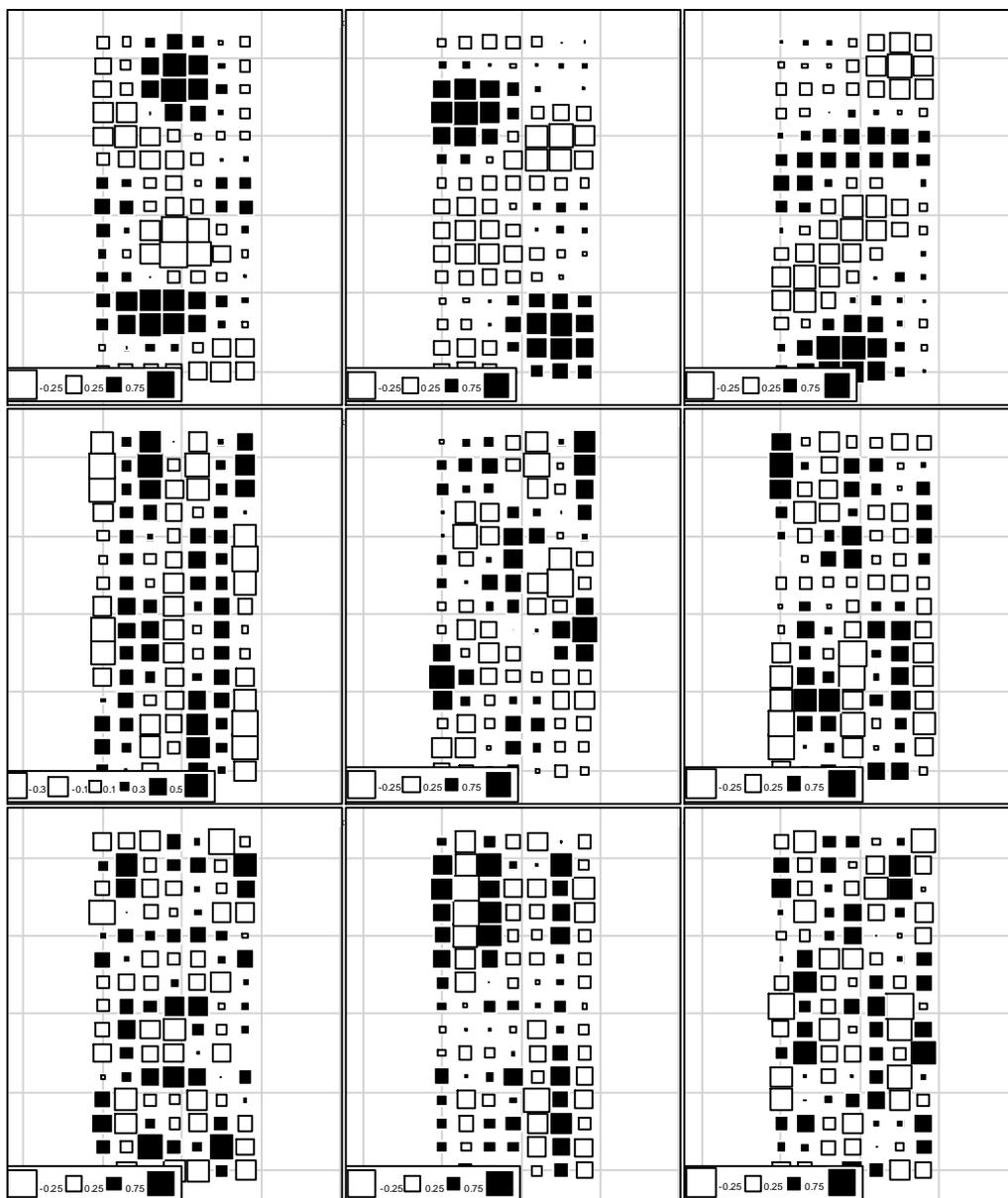


Рис. 5. Пространственное размещение значений PCNM-переменных.

Переменные, оставленные после прямого выбора, описывают 21,38% изменчивости структуры сообщества орибатид.

Одной из целей создания PCNM-анализа является выявление пространственных паттернов на различных пространственных уровнях. С увеличением порядка PCNM-переменных увеличивается детальность отображения пространственных паттернов от глобального тренда, которые отражают первые переменные, до детальных особенностей, которые отражаются последующими переменными. Нет общего правила, с помощью которого можно определить, где именно проходит граница между широким, средним и детальным масштабом отображения пространственных паттернов. Основываясь на данных, представленных на рис. 6, можно визуально выделить три группы масштабных уровней. Основываясь на этом приеме, мы отнесли к категории широкомасштабных 2, 4, 5, 10, 12, 13, 14 PCNM-переменные, к категории среднимасштабных – 16, 20, 25, 26, 27, 29, 31 и к категории детальномасштабных – 36, 39, 41, 43, 46, 54, 55. Для каждого подмножества PCNM-переменных была проведена процедура RDA и выделены канонические оси, пространственная изменчивость которых представлена на рис. 6.



**Рис. 6. Пространственное размещение канонических осей 1–3.**

Верхний ряд – широкомасштабная компонента, средний ряд – среднимасштабная компонента;  
нижний ряд – детальномасштабная компонента

Для выяснения характера связи канонических осей, отображающих паттерны пространственной изменчивости сообщества орибатид на различных пространственных уровнях, с факторами среды, был проведен регрессионный анализ (табл. 4).

Таблица 4

**Регрессионный анализ влияния эдафических характеристик на значения канонических осей 1–3 PCNM-анализа**  
(показаны достоверные регрессионные коэффициенты при  $p < 0,05$ )

Переменная	Широкий масштаб			Средний масштаб			Детальный масштаб		
	Ось 1 ( $R^2 = 0,15$ )	Ось 2 ( $R^2 = 0,22$ )	Ось 3 ( $R^2 = 0,30$ )	Ось 1 ( $R^2 = 0,28$ )	Ось 2 ( $R^2 = 0,16$ )	Ось 3 ( $R^2 = 0,18$ )	Ось 1 ( $R^2 = 0,19$ )	Ось 2 ( $R^2 = 0,23$ )	Ось 3 ( $R^2 = 0,15$ )
Константа	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Твердость почвы на глубине, МПа									
0–5 см	1,45	–	–	1,39	1,52	–	–	2,10	–
5–10 см	–	–	–	–	–1,68	–	–	–1,99	–
10–15 см	–	–	–	1,11	–	–1,25	–	–	–
15–20 см	–	–	0,58	–	–	0,63	–	–	–
20–25 см	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25–30 см	–	–	–0,49	–	–	–	–0,39	–	–
30–35 см	0,40	–	–0,34	0,42	0,36	–	–	0,34	–
35–40 см	–0,77	–0,68	–	–0,56	–0,94	–	–0,67	–	–
40–45 см	–	–	–1,06	1,01	–	–	–0,61	–	–
45–50 см	–	–	1,82	–	–	–1,59	1,62	–	–
Твердость с глубины, см									
2 МПа	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3 МПа	–	–0,02	–	–	–0,02	–	–	0,01	–
Агрегаты размером, мм									
> 10	–	–	–	–	–	5,09	–	–	–
7–10	–	–	–	1,06	–	–	–	–	–
5–7	–	–	–	–	–	2,40	–	1,76	–3,11
3–5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1–3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,5–1	–	0,78	–1,09	0,90	–	–	–	–	–
0,25–0,5	–	–	0,90	–	–	–	–	–	–
< 0,25	–	0,75	–	–	–	0,82	–	–	–
$K_{st}$ (коэфф. структуры)	–	–	–	–	–	0,88	–	–	–
Электропроводность (ЕС, дСм/см) и температура (Temp, °C) слоя почвы 5–7 см									
ЕС	–	–	–0,70	–	–	0,90	–0,73	–	–
Temp	–	–	–0,13	–	–	–	–	–	0,13

В результате регрессионного анализа установлено, что в наибольшей степени детерминированными факторами среды являются паттерны пространственной изменчивости на среднемасштабном (19 значимых регрессионных коэффициентов) и на широкомасштабном (16 значимых коэффициентов) уровнях, тогда как на детальном уровне

степень детерминированности ниже (12 значимых коэффициентов). Значения твердости почвы на глубине 0–5, 30–35 и 35–40 см определяют паттерны пространственной изменчивости структуры сообщества орибатид (4, 5 и 5 значимых регрессионных коэффициентов соответственно). Из агрегатных фракций существенное влияние на орибатид оказывают фракции размером 0,5–1 и 5–7 мм.

Общий уровень детерминации PCNM-переменных факторами среды невелик (значения  $R^2$  регрессионных моделей находятся в диапазоне от 0,15 до 0,30). Это позволяет предположить существенную роль нейтральных механизмов в формировании пространственной организации сообщества орибатид.

Ординация сообщества орибатид с помощью многомерного шкалирования и значимые канонические PCNM-оси представлены на рис. 7.

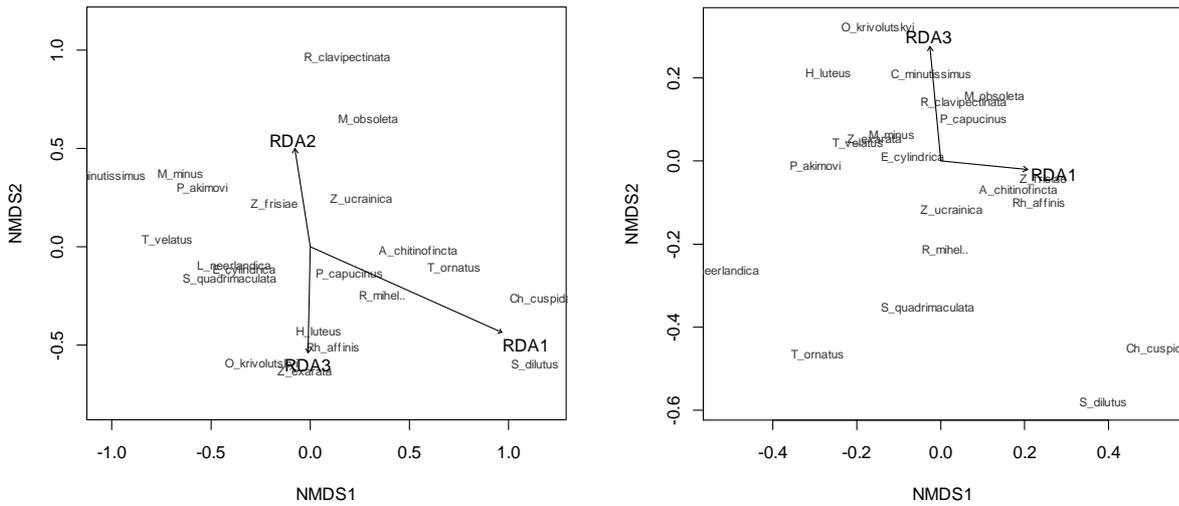
Широкомасштабный аспект пространственной организации, представленный осями 2 и 3, в наибольшей степени коррелирует с измерением 2, что свидетельствует о преимущественной роли факторов среды в структурировании этого типа пространственных паттернов. Ось 1 коллинеарна с измерением 1, что свидетельствует о преимущественно нейтральном характере формирования этого паттерна. Общий характер закономерностей наблюдается при ординации как с помощью метрики Раупа-Крика, так и Гувера.

Среднемасштабный аспект пространственной организации обусловлен как ниша-структурированными факторами, так и факторами нейтральной природы, так как среднемасштабные PCNM-оси коррелируют как с измерением 1, так и измерением 2. В детальном масштабе очевидно преобладание факторов нейтральной природы.

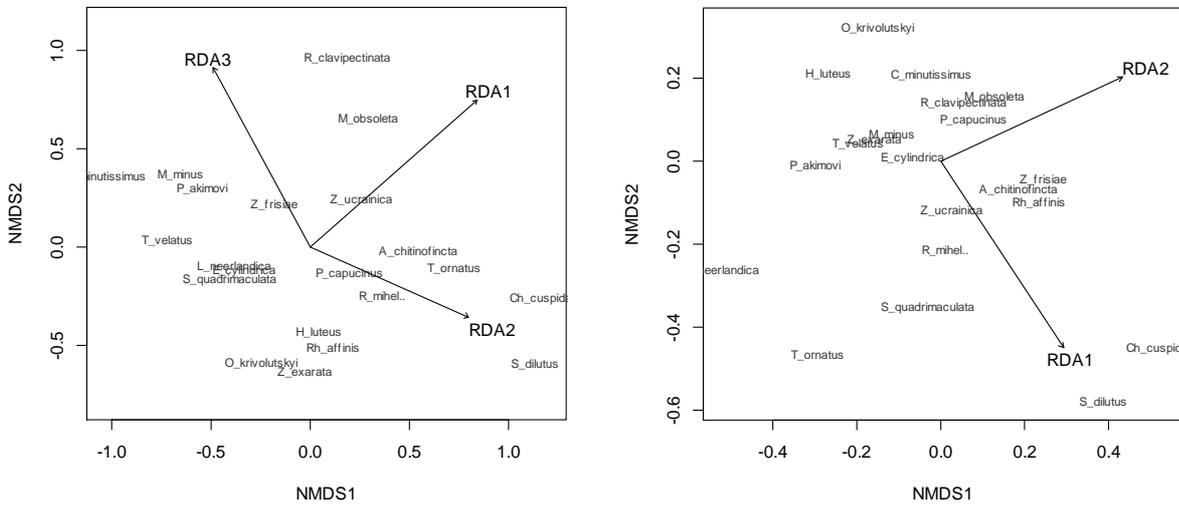
Для фракционирования вариабельности сообщества орибатид PCNM-компоненты были разделены на две группы: широкомасштабные (2, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 16, 20) и детальномасштабные (25, 26, 27, 29, 31, 36, 39, 41, 43, 46, 54, 55). Фракционирование вариабельности сообщества орибатид показало, что 31,84 % изменчивости может быть объяснено с помощью эдафических факторов и PCNM-компонент (рис. 8).

Анализ показал, что роль тренда несущественна в структурировании сообщества. Это говорит о стационарности эдафических условий и структуры сообщества орибатид в пределах изучаемого полигона, что закономерно для выровненного участка сельскохозяйственного поля после вспашки. Роль измеренных эдафических факторов (11,28%) несколько ниже, чем PCNM-компонент (8,00 и 5,84% соответственно для широко- и детальномасштабных компонент). Процедура выделения PCNM-компонент такова, что они являются независимыми переменными, поэтому закономерно взаимосвязи между различными иерархическими уровнями пространственной изменчивости не выявлено. Взаимодействие между факторами внешней среды и широкомасштабной компонентой определяет 2,51% изменчивости сообщества орибатид, а с детальномасштабной – 6,50%.

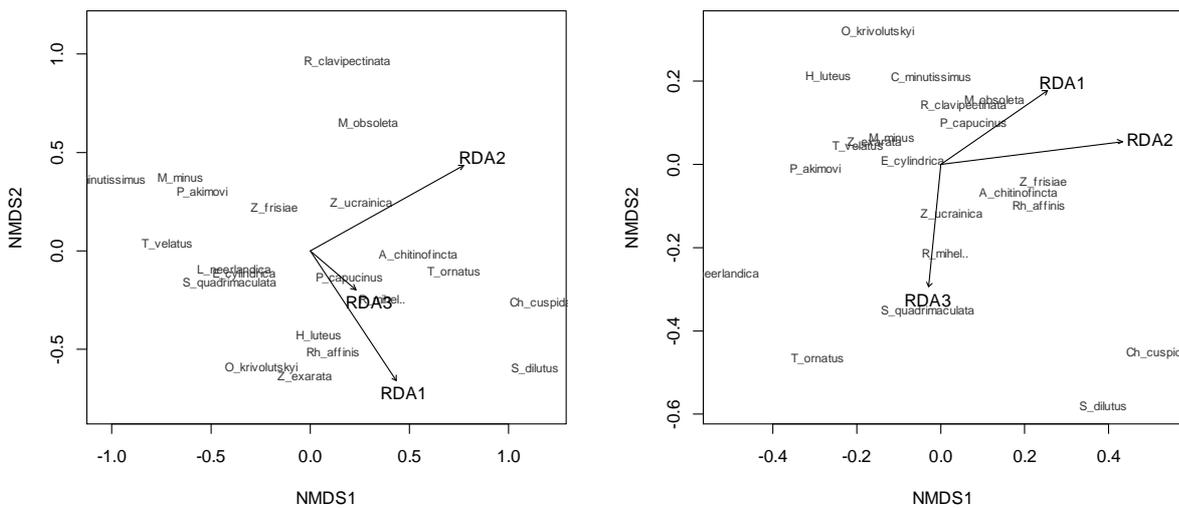
В работе [13] было показано, что 12,2% матрицы численности орибатид могут быть объяснены пространственной компонентой. В комплексе пространственных компонент авторы выделяют три группы признаков. Это совокупность свойств среды, количественно не охарактеризованных в исследовании (физические и химические характеристики, пищевые ресурсы). Также это антропогенное влияние и процессы, связанные с динамикой популяций, такие как социальное поведение или взаимодействия «хищник – жертва». PCNM-компоненты на различных масштабных уровнях могут по-разному быть связаны с факторами среды. Широко- и среднемасштабные пространственные компоненты могут быть отражением некоторых факторов среды, тогда как детальный уровень в большей степени связан с паттернами, вызванными взаимодействиями между видами [17]. В нашем исследовании также наблюдается снижение роли факторов среды и увеличение факторов нейтральной природы с широкомасштабного иерархического уровня пространственной организации к детальномасштабному.



Широкий масштаб



Средний масштаб

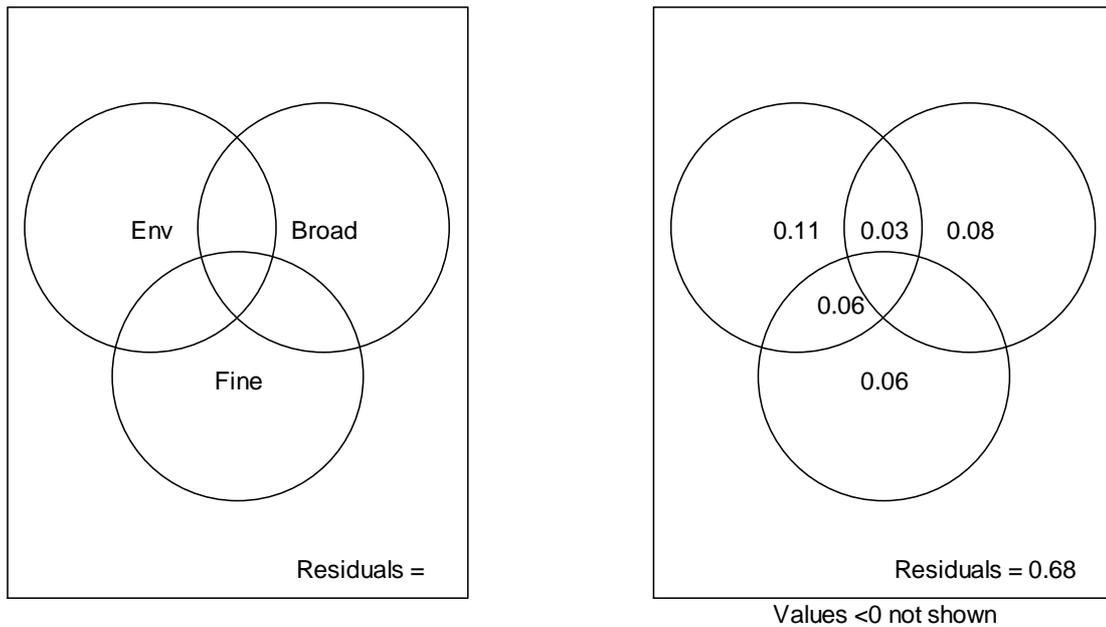


Детальный масштаб

Метрика Раупа-Крика

Метрика Гувера

Рис. 7. Ординация сообщества орбитатид методом многомерного шкалирования и PCNM-переменные, корреляция которых с осями многомерного шкалирования достоверна ( $p < 0,05$ )



**Рис. 8. Фракционирование вариации сообщества орибатид между различными компонентами (слева – условное размещение компонент, справа – оценка роли, приведены только статистически достоверные компонентеты).**

Условные обозначения: ENV – эдафические факторы; Broad – широкомасштабная PCNM-компонента изменчивости, Fine – детальная PCNM-компонента.

### Выводы

Такие процедуры ординации сообществ, как канонических анализ соответствий и детрендовый анализ соответствий оказались не способными дифференцировать ниша-структурированную и нейтральную компоненты изменчивости сообщества орибатид. Однако эти методы показали значение факторов среды в формировании организации сообщества. Твердость почвы, агрегатная структура, электропроводность и температура почвы способны объяснить варьирование комплекса орибатид в условиях сельскохозяйственного поля.

Факторы среды оказываются важной целевой функцией при выборе способа многомерного шкалирования. Выбор метрики сходства–различия в сообществе и способа предварительной трансформации данных в матрице видов производится из соображений максимизации связи с матрицей факторов среды. Такой метрикой оказалась мера Гувера. Однако оптимальное с такой точки зрения решение обладает несбалансированной иерархической структурой, о чем свидетельствуют результаты кластерного анализа структуры сообщества. Очевидно, что целевая функция, которая формулируется исходя из предположений теории ниши, не учитывает важных свойств организации сообщества. Простой перебор кластерных решений из ряда известных метрик позволил установить, что метрика Раупа-Крика дает структурированное кластерное решение в том смысле, что видовое богатство кластеров является достаточно выровнено (что можно подтвердить количественно, но результаты графического отображения и без того убедительны). Для двух метрик представление исходной матрицы видов в пространстве двух измерений, полученных в результате многомерного шкалирования, оказалось наиболее оптимальным решением. Установлено, что измерение 2 хорошо маркируется факторами среды. Измерение 1 имеет самостоятельное значение. Наиболее вероятной природой этого измерения мы считаем совокупность факторов нейтральной природы.

Дифференциацию нейтральной компоненты от ниша-структурированной можно провести с учетом характера пространственной изменчивости организации сообщества. Моделью пространственной изменчивости послужили PCNM-переменные. Применение этого подхода позволило установить, что сообщество орибатид сельскохозяйственного поля

в короткий період після распахки має ієрархічну просторову організацію. Широкомасштабна компонента просторової змінливості соціуму характеризується чітко вираженою детермінацією зі сторони факторів середовища. Для детальномасштабної компоненти роль факторів середовища виявляється второстепенною і головною є нейтральна варіабельність структури соціуму.

### Список літератури

1. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – орибатидаы / Е. М. Буланова-Захваткина. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
2. Криволицкий Д. А. Морфо-екологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) / Д. А. Криволицкий // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 8. – С. 1176–1189.
3. Определитель обитающих в почве клещей (Sarcoptiformes) / Е. М. Буланова-Захваткина, Б. А. Вайнштейн, В. И. Волгин и др. / Под ред. М. С. Гилярова. – М.: Наука, 1975. – 491 с.
4. Определитель цератозетоидных клещей (Oribatei, Ceratozetoidea) Украины / П. Г. Павличенко. – К.: Изд-во ин-та зоол. им. И. И. Шмальгаузена, 1994. – 143 с.
5. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 / [Д. А. Криволицкий, Ф. Лебрэн, М. Кунст и др.] / Под ред. Д. А. Криволицкого. – М.: Наука, 1995. – 224 с.
6. Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаржевский, К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев, Ф. А. Савин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 174 с.
7. Сергиенко Г. Д. Фауна Украины. Низшие орибатидаы / Г. Д. Сергиенко. – К.: Наук. думка, 1994. – Т. 25, вып. 21. – 203 с.
8. Шеин Е. В. Курс физики почв / Е. В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
9. Bell G. The distribution of abundance in neutral communities / G. Bell // Am. Nat. – 2000. – Vol. 155. – P. 606–617.
10. Bell G. The interpretation of biological surveys / G. Bell // Proc. R. Soc. – 2003. – Vol. 270. – P. 2531–2542.
11. Bell G. The co-distribution of species in relation to the neutral theory of community ecology / G. Bell // Ecology. – 2005. – Vol. 86. – P. 1757–1770.
12. Blanchet F. G. Forward selection of explanatory variables / F. G. Blanchet, P. Legendre, D. Borcard // Ecology. – 2008. – Vol. 89 (9). – P. 2623–2632.
13. Borcard D. Environmental control and spatial structure in ecological communities: an example using oribatid mites (Acari, Oribatei) / D. Borcard, P. Legendre // Environmental and Ecological Statistics. – 1994. – Vol. 1. – P. 37–61.
14. Borcard D. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices / D. Borcard, P. Legendre // Ecological Modelling. – 2002. – Vol. 153. – P. 51–68.
15. Borcard D. Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales / D. Borcard, P. Legendre, C. Avois-Jacquet, H. Tuosimoto // Ecology. – 2004. – Vol. 85. – P. 1826–1832.
16. Borcard D. Partialling out the spatial component of ecological variation / D. Borcard, P. Legendre, P. Drapeau // Ecology. – 1992. – Vol. 73. – P. 1045–1055.
17. Brind'amour A. Multiscale spatial distribution of a littoral fish community in relation to environmental variables / A. Brind'amour, D. Boisclair, P. Legendre, D. Borcard // Limnology and Oceanography. – Vol. 50, N 2. – 2005. – P. 465–479.
18. Chesson P. Mechanisms of maintenance of species diversity / P. Chesson // Annu. Rev. Ecol. Syst. – 2000. – Vol. 31. – P. 343–366.
19. Dray S. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbours matrices (PCNM) / S. Dray, P. Legendre, P. Peres-Neto // Ecological Modelling. – 2006. – Vol. 196. – P. 483–493.

20. *Engelmann H.-D.* Zur Dominanzklassifizierung von Bodenartropoden / H.-D. Engelmann // *Pedobiologia*. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378–380.
21. *Gause G.* The influence of ecological factors on the size of population / G. Gause // *Am. Nat.* – 1931. – Vol. 65. – P. 70–76.
22. *Hubbell S. P.* The unified neutral theory of biodiversity and biogeography / S. P. Hubbell. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001. – 540 p.
23. *Legendre P.* Quantitative methods and biogeographic analysis / P. Legendre // *Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic*. NATO. D. J. Garbary and R. G. South, editors. – Springer Verlag, Berlin, Germany. – 1990. – ASI series, Vol. G 22. – P. 9–34.
24. *Legendre P.* Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? / P. Legendre // *Ecology*. – 1993. – Vol. 74. – P. 1659–1673.
25. *Legendre P.* Spatial pattern and ecological analysis / P. Legendre, M. J. Fortin // *Vegetatio*. – 1989. – Vol. 80. – P. 107–138.
26. *Legendre P.* Ecologically meaningful transformations for ordination of species data / P. Legendre, E. D. Gallagher // *Oecologia*. – 2001. – Vol. 129. – P. 271–280.
27. *Legendre P.* Numerical ecology / P. Legendre, L. Legendre // 2nd English ed. Elsevier. – 1998.
28. *Leibold M. A.* The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology / M. A. Leibold // *Ecol. Lett.* – 2004. – Vol. 7. – P. 601–613.
29. *Oksanen J.* Community Ecology Package. R package version 2.0-2 / J. Oksanen, F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre et al. – 2011. – [Electronic resource]. Mode of access: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
30. *Pennisi B. V.* 3 ways to measure medium EC / B. V. Pennisi, M. van Iersel // *GMPro*. – 2002. – Vol. 22 (1). – P. 46–48.
31. *Peres-Neto P. R.* Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions / P. R. Peres-Neto // *Ecology*. – 2006. – Vol. 87. – P. 2614–2625.
32. *Smith T. W.* Variation partitioning as a tool to distinguish between niche and neutral processes / T. W. Smith, J. T. Lundholm // *Ecography*. – 2010. – Vol. 33. – P. 648–655.
33. *Weigmann G.* Hornmilben (Oribatida) / G. Weigmann // *Neubearbeitung der Hornmilben Deutschlands*. – Keltern: Goecke & Evers, 2006. – 520 p.
34. *Whittaker R.* Vegetation of the Great Smoky Mountains / R. Whittaker // *Ecol. Monogr.* – 1956. – Vol. 26. – P. 2–80.

Поступила в редакцію 16.08.2013

Принята в печать 17.09.2013

**Zhukov A. V.<sup>1</sup>, Shtirts A. D.<sup>2</sup>, Zadorozhnaja G. A.<sup>3</sup>, Kunah O. N.<sup>3</sup>**

**FRACTIONATION OF ORIBATID MITES (ACARI: ORIBATIDA) COMMUNITY SPATIAL STRUCTURE IN SOIL OF AGRICULTURAL FIELD IN UKRAINE STEPPE ZONE**

<sup>1</sup>*Dnepropetrovsk State Agrarian University, Voroshilov Str., 25, Dnepropetrovsk, 49000, Ukraine*

*e-mail: Zhukov\_dnepr@rambler.ru*

<sup>2</sup>*Donetsk National University, Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: shtirts@i.ua*

<sup>3</sup>*Olesya Gonchar Dnepropetrovsk National University, Nauchnaya Str., 10/17, Dnepropetrovsk, 49000, Ukraine*

Spatial structure of oribatid mites community in soil of agricultural field have been investigated and the role of markers of ploughing (penetration resistance and aggregate structure) as the factors defining ecological space of this group of soil animals have been established. Sampling is spent within the range consisting from 7 transects, every transect was made of 15 trial points. In each point tests for oribatid mites, tests for definition of soil density, an aggregate structure, humidity, soil penetration resistance, temperature and soils apparent electrical conductivity have been made.

The canonical correspondence analysis and detrended correspondence analysis have been found as not capable to differentiate niche-structured and neutral components of oribatid community variability. However these methods have been shown to evaluate environment factors effect in formation of oribatid community organization. Soil penetration resistance, aggregate structure, electrical conductivity and soil temperature have been revealed to be capable to explain oribatid complex variation within agricultural field.

Environment factors appear important target function at a choice of the multidimensional scaling way. The choice of metrics of similarity-distinction in community and way of preliminary transformation of species data matrix is

made from reasons of maximization of connection with a matrix of environment factors. Hoover's measure has appeared such metrics. However the optimum decision from such point of view possesses unbalanced hierarchical structure what results cluster analysis of community testify structure. It is obvious that criterion function that is formulated proceeding from assumptions of the theory of a niche, doesn't consider important properties of the community organization. Simple search cluster decisions from a number of known metrics allowed to establish that the Raup-Creack metrics gives structured cluster decision in the sense that the species riches of clusters are even enough (that it is possible to confirm quantitatively, but results of graphic display and without that are convincing). For two metrics representation of initial matrix of kinds in space of two measurements received as a result of multidimensional scaling appeared the optimal decision. It is established that measurement 2 is well marked by factors of environment. Measurement 1 has independent value. We consider as the most probable nature of this measurement set of factors of the neutral nature.

Differentiation neutral from niche-structured factors can be spent component taking into account character of community organization spatial variability. As model of spatial variability PCNM-variables served. Application of this approach allowed establishing that the oribatid community of agricultural field during the short period after ploughing possesses the hierarchical spatial organization. Large-scale component of spatial variability of community is characterized by accurately expressed determination from factors of environment. For fine scale components the role of factors of environment appears minor and neutral variability of structure of community is main.

*Key words:* oribatid mites, ecological niche, community structure, physical properties of soil.

### References

1. Bulanova-Zakhvatkina, E.M. (1967). Oribatid mites. Moscow, 254 p.
2. Krivolutsky, D.A. (1965). Morpho-ecological types of oribatid mites (Acariformes, Oribatei). Journal of zoology, 8(44), 1176-1189.
3. Bulanova-Zakhvatkina, E.M., Vainshtein, B.A., & Volgin, V.I. et al. (1975). Key of soil mites (Sarcoptiformes). Moscow, 491 p.
4. Pavlichenko, P.G. (1994). Key of ceratozetoid mites (Oribatei, Ceratozetoidea) of Ukraine. Kiev, 143 p.
5. Krivolutsky, D.A., Lebren, F., & Kunst, M. (1995). Oribatid mites: morphology, development, phylogeny, ecology, methods, researching, characteristics of model species *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839. Moscow, 224 p.
6. Pokarzhevsky, A.D., Gongalskiy, K.B., Zaitsev, A., & Savin, F.A. (2007). The spatial ecology of soil animals. Moscow: KMK, 174 p.
7. Sergienko, G.D. (1994). Fauna of Ukraine. Lower oribatides. Kiev, 21(25), 203 p.
8. Shein, E.V. (2005). Soil physics course. Moscow, 432 p.
9. Bell, G. (2000). The distribution of abundance in neutral communities. Am. Nat., 155, 606-617.
10. Bell, G. (2003). The interpretation of biological surveys. Proc. R. Soc., 270, 2531-2542.
11. Bell, G. (2005). The co-distribution of species in relation to the neutral theory of community ecology. Ecology, 86, 1757-1770.
12. Blanchet, F.G., Legendre, P., & Borcard, D. (2008). Forward selection of explanatory variables. Ecology, 89(9), 2623-2632.
13. Borcard, D., & Legendre P. (1994). Environmental control and spatial structure in ecological communities: an example using oribatid mites (Acari, Oribatei). Environmental and Ecological Statistics, 1, 37-61.
14. Borcard, D., & Legendre P. (2002). All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. Ecological Modelling, 153, 51-68.
15. Borcard, D., Legendre P., Avois-Jacquet, C., & Tuosimoto, H. (2004). Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. Ecology, 85, 1826-1832.
16. Borcard, D., Legendre P., & Drapeau, P. (1992). Partialling out the spatial component of ecological variation. Ecology, 73, 1045-1055.
17. Brind'amour, A., Boisclair, D., Legendre, P., & Borcard, D. (2005). Multiscale spatial distribution of a littoral fish community in relation to environmental variables. Limnology and Oceanography, 50, 2, 465-479.
18. Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. Annu. Rev. Ecol. Syst., 31, 343-366.
19. Dray, S., Legendre, P., & Peres-Neto, P. (2006). Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbours matrices (PCNM). Ecological Modelling, 196, 483-493.
20. Engelmann, H.-D. (1978). Zur Dominanzklassifizierung von Bodenartropoden. Pedobiologia, 5/6(18), 378-380.
21. Gause, G. (1931). The influence of ecological factors on the size of population. Am. Nat., 65, 70-76.
22. Hubbell, S.P. (2001). The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, NJ: Princeton University Press, 540 p.
23. Legendre, P. (1990). Quantitative methods and biogeographic analysis. Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic. NATO. Springer Verlag, Berlin, Germany. ASI series, G 22, 9-34.
24. Legendre, P. (1993). Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? Ecology, 74, 1659-1673.
25. Legendre, P., & Fortin, M. J. (1989). Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio, 80, 107-138.
26. Legendre, P., & Gallagher, E.D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. Oecologia, 129, 271-280.
27. Legendre, P., & Legendre, L. (1998). Numerical ecology. 2nd English ed. Elsevier.

28. Leibold, M.A. (2004). The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecol. Lett.*, 7, 601-613.
29. Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., & Legendre, P., et al. (2011). Community Ecology Package. R package version 2.0-2. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
30. Pennisi, B.V., & van Iersel, M. (2002). 3 ways to measure medium EC. *GMPPro*, 22(1), 46-48.
31. Peres-Neto, P.R. (2006). Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87, 2614-2625.
32. Smith, T.W., & Lundholm, J.T. (2010). Variation partitioning as a tool to distinguish between niche and neutral processes. *Ecography*, 33, 648-655.
33. Weigmann, G. (2006). Hornmilben (Oribatida). Neubearbeitung der Hornmilben Deutschlands. Keltern: Goecke & Evers, 520 p.
34. Whittaker, R. (1956). Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monogr.*, 26, 2-80.

Received: 16.08.2013

Accepted: 17.09.2013

УДК 631.4 : 634.9

© О. Н. Кунах<sup>1</sup>, А. В. Жуков<sup>2</sup>, Ю. А. Балюк<sup>1</sup>,  
**ЭКОМОРФИЧЕСКАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
МЕЗОПЕДОБИОНТОВ ЛЕСОПАРКОВОГО НАСАЖДЕНИЯ  
В ЧЕРТЕ Г. ДНЕПРОПЕТРОВСКА**

<sup>1</sup>*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара  
49000, г. Днепропетровск, ул. Научная, 10, корп. № 17*

<sup>2</sup>*Днепропетровский государственный аграрный университет  
49000, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: Zhukov\_dnepr@rambler.ru*

**Кунах О. Н., Жуков А. В., Балюк Ю. А. Экоморфическая и пространственная организация мезопедобионтов лесопаркового насаждения в черте г. Днепропетровска.** – В работе приведены результаты изучения пространственного варьирования экоморфической структуры почвенной мезофауны лесопаркового насаждения методами ОМІ- и RLQ-анализа. Показано, что биогеоценотическая обстановка в месте расположения экспериментального полигона имеет типично лесной мезотрофный мезофильный облик, что способствует высокому уровню обилия почвенной мезофауны (161,68 экз./м<sup>2</sup>). В экологической структуре животного населения почвы преобладают степанты и палюданты, гигрофилы, мезотрофоценоморфы, эндогеинные топоморфы, сапрофаги. Такие эдафические характеристики как твердость почвы, электропроводность, мощность подстилки, а также высота травостоя играют важную роль в структурировании экологической ниши сообщества мезопедобионтов. Первые две оси ОМІ-анализа описывают 77,56% инерции, что вполне достаточно, для того, чтобы описание дифференциации экологических ниш мезофауны на изучаемом полигоне проводить в пространстве первых двух осей. Для среднего значения маргинальности сообщества (ОМІ = 2,11) уровень значимости составляет  $p = 0,01$ , что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны. В результате RLQ-анализа и последующей кластерной процедуры выявлены четыре ключевых функциональных группы мезопедобионтов и найдена роль эдафических факторов в их пространственном варьировании.

*Ключевые слова:* почвенная мезофауна, экологическая ниша, пространственная экология, экоморфы.

**Кунах О. М., Жуков О. В., Балюк Ю. О. Екоморфічна та просторова організація мезопедобіонтів лісопаркового насадження в межах м. Дніпропетровська.** – У роботі наведені результати вивчення просторового варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни урбазему методами ОМІ- і RLQ-аналізу. Показано, що біогеоценотична обстановка у місці розташування експериментального полігону є типово лісовою, мезофільною та мезотрофною, що сприяє високому рівню чисельності ґрунтової мезофауни (161,68 экз./м<sup>2</sup>). У екологічній структурі тваринного населення ґрунту переважають степанти та палюданти, гігрофіли, мезотрофоценоморфи, ендегейні топоморфи, сапрофаги. Такі едафічні характеристики як твердість ґрунту, електропровідність, потужність підстилки, а також висота травостою відіграють важливу роль у структуриванні екологічної ніші угруповання мезопедобіонтів. Перші дві осі ОМІ-аналізу описують 77,56% інерції, що цілком достатньо для того, щоб опис диференціації екологічних ніш мезофауни на досліджуваному полігоні проводити в просторі перших двох осей. Для середнього значення маргінальності угруповання (ОМІ = 2,11) рівень значимості становить  $p = 0,01$ , що свідчить про важливу роль обраних змінних середовища для структуривання угруповання ґрунтової мезофауни. У результаті RLQ-аналізу й наступної кластерної процедури виявлені чотири ключових функціональних групи мезопедобіонтів і знайдена роль едафічних факторів у їх просторовому варіюванні.

*Ключові слова:* ґрунтова мезофауна, екологічна ніша, просторова екологія, екоморфи.

### **Введение**

Как отмечает Д. А. Криволуцкий [13], жизненная форма – это, прежде всего биологический индикатор определенных природных условий. По набору жизненных форм, представленных на некоторой территории, можно довольно верно судить о степени разнообразия среды обитания. В своем обширном труде «Экоморфология» [4] Ю. Г. Алеев отмечает, применительно к животным термин и понятие жизненной формы впервые употребил ботаник Х. Гамс [24]. Он предложил систему жизненных форм, которая охватывала и растения, и животных. Однако его исследование имело ботаническую направленность и не привлекло достаточного внимания зоологов. Существенный вклад в развитие идеи жизненных форм животных сделали К. Фредерикс [23] и Д. Н. Кашкаров [10–12]. Согласно К. Фридериксу [23], к одной и той же жизненной форме относятся те живые

существа (виды, поколения или стадии развития), которые живут в сходных местообитаниях и ведут сходный образ жизни. Д. Н. Кашкаров [12] так определяет жизненную форму: «Тип животного, находящийся в полной гармонии с окружающими условиями, мы называем жизненной формой, беря этот термин у ботаников. В «жизненной форме», как в зеркале, отражаются главнейшие, доминирующие черты местообитания. Можно различать, например, тип нырца, тип землероя, тип древесного лазающего животного и т. д.». Д. Н. Кашкаров [11] считал, что при установлении экологических типов или «жизненных форм» необходимо базироваться не на конституальных, филогенетических признаках, а на признаках адаптивных, приспособительных, между которыми и факторами среды существует определенная зависимость, гармония.

В 1948 г. М. П. Акимов опубликовал свою работу «Биоценотическая рабочая система жизненных форм – биоморф» [2], в которой изложил свои представления о структуре биоценоза и о биоморфическом подходе для анализа структуры животного населения. Он так определяет биоморфу: «В аспекте биоценоза каждый вид растения или животного, входящий в его состав, следует рассматривать как определенную жизненную форму, понимая под этим термином тот или иной тип приспособления организма к основным факторам среды его обитания». При выделении биоморф важным является характеристика организма с точки зрения отношения его к абиотическим и биотическим факторам среды, а также в отношении места и роли его в биоценозе. Применение системы биоморф дает возможность кратко охарактеризовать каждый вид животного со стороны основного свойственного ему местообитания и формы передвижения, состава пищи и способа её добывания и, наконец, в отношении размеров его тела, которые в значительной мере определяют место, занимаемое видом в цепях и цикле питания [3]. В системе биоморф животных выделяются топоморфы, хемоморфы (для гидробионтов), клиаморфы (для аэробиионтов) и трофоморфы [1].

А. Л. Бельгард [6] отмечает, что основой анализа экологической структуры сообществ живых организмов является жизненная форма. Под анализом структуры понимается выявление взаимосвязей живых организмов и среды, а также установление степени приспособления отдельных частей сообщества к наиболее важным элементам биогеоценоза. Приспособления видов к биоценозу в целом и к каждому из структурных элементов экотопа в отдельности (климатопоу, гелиотопоу, термотопу и т. д.) называются экоморфами. Экоморфы отличны от жизненных форм, так под этими последними чаще всего принято понимать приспособления, которые отражаются во внешнем облике растения. Жизненные формы, как известно, не всегда сопряжены с изменениями в морфо-анатомической структуре, что в первую очередь касается приспособлений к почвенному плодородию и к термическим условиям.

Принадлежность к экологическим группам животных носит условный характер и определяется пространственным диапазоном, в пределах которого установлена соответствующая экологическая классификация и масштабным уровнем, который определяет степень детализации классификационной системы. Экоморфы растений и животных как экологическая классификация также являются контекстно-зависимой генерализацией сведений об их взаимоотношении с окружающей средой. Ландшафтно-биогеоценотический уровень является базовым при рассмотрении экологических явлений в традиции степного лесоведения [7]. Именно это обстоятельство определяет масштабный уровень экоморф растений [6] и животных [1, 5, 8, 9]. Соотношение экоморф в сообществе характеризует его экоморфическую структуру. Экоморфы между собой находятся в определенных взаимоотношениях, что создает экоморфическую организацию. Экоморфические матрицы являются формой представления экоморфической организации [8, 9].

Для лесного сообщества в степи главными внешними ординатами, которые задают экоморфическую организацию, являются режим влажности и минерализации эдафотопы [7]. Эти ординаты принимаются как независимые и формируют типологическую систему лесов

степной зоны. В действительности независимость (ортогональность) ординат не выполняется, но на ландшафтном уровне этим обстоятельством можно пренебречь. Ортогональность означает, что каждой градации трофности должны соответствовать все возможные градации влажности или наоборот. Если этого нет (а не все ячейки типологии А. Л. Бельгарда заполнены), тогда между трофностью и влажностью возникает взаимная зависимость, или корреляция, а типологическая система (как экологическая матрица) является косоугольной. Экоморфическая матрица является не двумерным объектом, а многомерным, поэтому более правильно её называть гиперматрицей или тензором. Таким образом, экоморфический тензор отражает сложный характер взаимодействия живых организмов с окружающей средой. Этот тензор не является ортогональным, так как между ординатами всегда существует корреляция, а структура корреляций является характеристическим показателем, который отражает уровень экоморфической организации конкретного сообщества.

Для почвенных животных можно выделить следующие экоморфы: ценоморфы, трофоморфы, трофоченоморфы, топоморфы, гигроморфы [8, 9]. В условиях конкретного сообщества вариабельность экоморфической структуры сопряжена с согласованной изменчивостью тех или иных экоморф. Корреляционные композиции экоморф раскрывают природу механизмов адаптации сообщества к динамике факторов окружающей среды.

Оценка свойств местообитаний является необходимым условием для прогноза воздействия пертурбаций на сообщества живых организмов и для идентификации свойств окружающей среды, которые важны для охраны разнообразия и поддержания функций экосистем [19]. Различия композиции видов в сообществе и вариабельность реакции на условия окружающей среды являются ключевым препятствием для разработки модели местообитаний, которая могла бы быть применена к различным видам в различных экосистемах [28]. Функциональная классификация животных, в которой виды, характеризующиеся общностью экологических особенностей, объединяются вместе, представляет альтернативу индивидуальным моделям «вид – окружающая среда» и может обойти указанное препятствие [19, 25]. Группы видов, имеющие общие экологические свойства формируют операционные единицы, которые реагируют на факторы окружающей среды более предсказуемо, чем отдельные виды, значительно увеличивая предсказательные способности модели местообитаний в сравнении с моделями, созданными для высоких уровней таксономического разрешения, таких как вид [17]. Объединение видов в соответствии с их экологическими особенностями является также способом идентификации функциональных групп видов для оценки ключевых функций экосистемы, что является важнейшим шагом для выяснения функционального разнообразия внутри и между экосистем [19, 27]. Гипотеза фильтрации местообитаний предполагает, что виды, имеющие подобные экологические потребности, формируют функциональные группы, которые занимают подобные местообитания [33, 34]. Объединение видов по таким признакам, как морфология или поведение, является одним из способов упростить изучение разнообразных в видовом отношении сообществ [16].

Целью работы является изучение пространственной организации экоморфического разнообразия почвенной мезофауны модельного полигона в пределах урбанизированной территории (ботанический сад ДНУ имени Олеса Гончара, г. Днепропетровск).

### **Материалы и методы исследования**

Исследования проведены 5 июня 2011 г. в ботаническом саду ДНУ имени Олеса Гончара (ранее – территория парка им. Ю. Гагарина, г. Днепропетровск). Исследуемый полигон № 5 находится на пологом склоне западной экспозиции отрога балки Красноповстанческой (48°25'58.01" N, 35°2'25.74" E). Полигон состоит из 15 трансект, направленных в направлении вниз по склону балки к её тальвегу. Каждая трансекта составлена из 7 пробных точек. Расстояние между рядами в полигоне составляет 2 м.

Участок представляет собой искусственное лесопарковое насаждение. Древостой представлен вязом шершавым (*Ulmus glabra* Huds.), кленом полевым (*Acer campestre* L.) и ясенелистым (*Acer negundo* L.), акацией белой (*Robinia pseudoacacia* L.). В травостое обильный подмареник цепкий (*Galium aparine* L.), встречаются фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.), мятлик дубравный (*Poa nemoralis* L.). Растительность имеет лесной облик (93,55% видов относятся к сивльвантам), присутствие пратантов и степантов очень незначительно (4,84 и 1,61% соответственно). Фитоиндикационное оценивание позволяет трофотоп изучаемого полигона отнести к мезотрофному, так как 70,97% видов растений относятся к мезотрофам. Гигротоп в целом имеет мезофильный характер (54,84% видов – мезофилы) с тенденцией к ксеромезофильным условиям (34,48% – ксеромезофилы).

В каждой точке были сделаны почвенно-зоологические пробы для сбора почвенной мезофауны (результаты представлены как *L*-таблица), проведено измерение температуры, электропроводности и твердости почвы, мощности подстилки и высоты травостоя (*R*-таблица). Почвенно-зоологические пробы имели размер 25×25 см. Измерение твердости почв производились в полевых условиях с помощью ручного пенетрометра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет ±8 %. Измерения производились конусом с размером поперечного сечения 2 см<sup>2</sup>. В пределах каждой точки измерения твердости почвы производились в однократной повторности. Для проведения измерения электропроводности почвы *in situ* использовался сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R. I.). Этот сенсор работает совместно с портативным прибором HI 993310. Тестер оценивает общую электропроводность почвы, т. е. объединенную проводимость почвенного воздуха, воды и частиц. Результаты измерений прибора представлены в единицах насыщенности почвенного раствора солями – г/л. Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м = 155 мг/л [29]. Почвенную температуру измеряли в период с 13 до 14 часов цифровыми термометрами WT-1 (ПАО «Стеклоприбор», точность – 0,1°C) на глубине 5–7 см. Мощность подстилки измерялась линейкой, высота травостоя – мерной рулеткой. Измерения электропроводности, температуры, высоты травостоя и мощности подстилки сделаны в трехкратной повторности в каждой пробной точке.

Характеристика экоморф растений приведено по А. Л. Бельгарду [2] и В. В. Тарасову [15], *Q*-таблица представлена экоморфами почвенных животных [8, 9].

Взаимоотношения между видовыми особенностями и свойствами окружающей среды обычно оцениваются непрямо с помощью двухшагового анализа. Во-первых, обилие видов связывается с условиями окружающей среды, а реакция видов на изменчивость свойств среды соотносится затем с биологическими или физиологическими особенностями видов [19, 30, 32]. Анализ RLQ позволяет соотнести экологические особенности видов с условиями окружающей среды [20, 21]. Этот анализ исследует совместную структуру между трех таблиц данных: *R*-таблица (содержит переменные окружающей среды), *Q*-таблица (содержит видовые особенности) и *L*-таблица (обилие видов) [20, 22]. *L*-таблица выполняет функцию связи между таблицами *R* и *Q* и измеряет интенсивность связи между ними. Перед собственно анализом, проводятся три отдельных анализа. Анализ соответствий применяется для *L*-таблицы, в результате чего получают оптимальную корреляционную структуру между сайтами и весами численности видов. Ординация таблиц *R* и *Q* выполняется с помощью анализа главных компонент. Таким образом, RLQ выполняет анализ коинерции кросс-матриц *R*, *Q* и *L*. Этот анализ максимизирует ковариацию между весами изучаемых сайтов с учетом свойств окружающей среды, выраженных таблицей *R*, и весами видов с учетом их экологических свойств, выраженных таблицей *Q* [26]. В результате может быть получена лучшая совместная комбинация ординации сайтов по их характеристикам окружающей среды, ординации видов по их свойствам и одновременно ординация видов и сайтов [32]. RLQ-анализ объединяет три отдельных ординационных решения с максимизацией

ковариации между особенностями видов и свойствами окружающей среды посредством анализа коинерции [18]. Далее, иерархический кластерный анализ весов видов по двум осям RLQ по методу Варда дает функциональные группы [26]. Кластеры показывают распределение видов в пространстве особенности видов – экологическое пространство [26].

Статистические процедуры RLQ- и OMI-анализов выполнены с помощью пакета ade4 для оболочки R [31]. Значимость RLQ оценена с помощью процедуры randtest.rlq. Сущность и особенности OMI-анализа обсуждается в работе А. Е. Пахомова и соавт. [14].

### Результаты и обсуждение

Характеристика таксономического и экологического разнообразия сообщества мезопедобионтов изучаемого полигона представлено в табл. 1.

Таблица 1

#### Видовой состав и обилие почвенной мезофауны участка № 5

Класс	Семейство	Вид	Цено-морфа	Гигро-морфа	Цено-трофо-морфа	Топо-морфа	Трофо-морфа	Плотность, экз./м <sup>2</sup>
Тип Annelididae								
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Aporrectodea caliginosa trapezoides</i> (Duges, 1828)	Pr	Hg	MsTr	End	SF	42,8 2
		<i>A. rosea rosea</i> (Savigny, 1826)	St	Ms	MgTr	End	SF	31,5 4
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	Pal	UHg	MsTr	Ep	SF	46,6 3
		<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	St	Hg	MgTr	Anec	SF	23,9 2
		<i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1885)	Sil	Ms	MsTr	End	SF	4,57
Тип Arthropoda								
Arachnida	Aranei	Aranea spp.	St	Ks	MsTr	Ep	ZF	1,37
Chilopoda	Geophilidae	<i>Geophilus proximus</i> C. L. Koch, 1847	St	Ms	MsTr	Anec	ZF	5,49
Insecta	Carabidae	<i>Badister bullatus</i> (Schrank, 1798)	Sil	Ks	UMgTr	Ep	ZF	1,07
	Elateridae	<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801) (larv.)	Pr	Ms	MsTr	End	ZF	0,61
	Noctuidae	Lepidoptera spp. (larv.)	St	Ms	MsTr	End	FF	1,07
	Scarabaeidae	<i>Amphimallon assimilis</i> (Herbst, 1790) (larv.)	Sil	Ms	MgTr	End	FF	1,07
	Staphilinidae	<i>Staphylinus caesareus</i> Cederhjelm 1798	Sil	Hg	MsTr	Ep	ZF	0,46
Malacostraca	Trachelipodidae	<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	Pr	UHg	MgTr	Ep	SF	1,07

Примечание. St – степанты, Pr – пратанты, Pal – палюданты, Sil – сильванты; Ks – ксерофилы, Ms – мезофиллы, Hg – гигрофилы, UHg – ультрагигрофилы; MsTr – мезотрофоценоморфы; MgTr – мегатрофоценоморфы; UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы; топоморфы: End – эндогейные, Ep – эпигейные, Anec – норники; Трофоморфы: SF – сапрофаги, FF – фитофаги, ZF – зоофаги.

Плотность почвенной мезофауны изученного полигона составляет 161,68 экз./м<sup>2</sup>. Дождевые черви являются многочисленной и разнообразной группой сапрофагов в пределах полигона и представлены 5 видами. Доминантом является почвенно-подстилочный *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843. Его численность составляет 46,63 экз./м<sup>2</sup>. Несколько по обилию этому виду уступает собственно почвенный дождевой червь *Aporrectodea c. trapezoides* (Duges, 1828) с численностью 42,82 экз./м<sup>2</sup>. Наряду с указанным видом к экологической группе эндогейных червей относятся *Aporrectodea r. rosea* (Savigny, 1826) и *Octolasion lacteum* (Oerley, 1885). К экологической группе норников относится *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884). Диапазон гигроморф дождевых червей находится в пределах от

ультрагигрофилов до мезофилов. Ценоморфический спектр также весьма широк – среди дождевых червей представлены пратанты, степанты, палюданты и сильванты. Таким образом, комплекс дождевых червей изучаемого полигона обилен и разнообразен как в таксономическом, так и экологическом аспектах.

Помимо дождевых червей к трофической группе сапрофагов принадлежит мокрица *Trachelipus rathkii* (Brandt 1833), численность которой составляет 1,07 экз./м<sup>2</sup>. Мокрицы наряду с дождевым червем *O. lacteum* (Oerley, 1885) формируют комплекс кальцефилов.

Хищные губоногие многоножки представлены эндогемной землянкой *Geophilus proximus* C. L. Koch, 1847 (5,49 экз./м<sup>2</sup>). Следует отметить отсутствие в комплексе обычных для лесных сообществ подстилочных костянок. Хищники также представлены личинками жуков-щелкунов *Athous haemorrhoidalis* (Fabricius, 1801), имаго жужелиц (при ручном разборе проб встречен *Badister bullatus* (Schrank, 1798)), коротконадкрылых жуков (*Staphylinus caesareus* Cederhjelms, 1798) и пауками.

Фитофаги немногочисленны и представлены личинками подгрызающих совок (Noctuidae) и личинками пластинчатоусых жуков (*Amphimallon assimilis* (Herbst, 1790)).

Основу ценоморфической структуры мезофауны составляют степанты (39,2% по обилию), несколько меньше палюдантов (28,8%) и пратантов (27,5%), редки встречи сильвантов (4,4%) (рис. 1). В целом, ценоморфическая структура является достаточно выровненной, что свидетельствует об амфиценоцитическом характере сообщества почвенных животных.

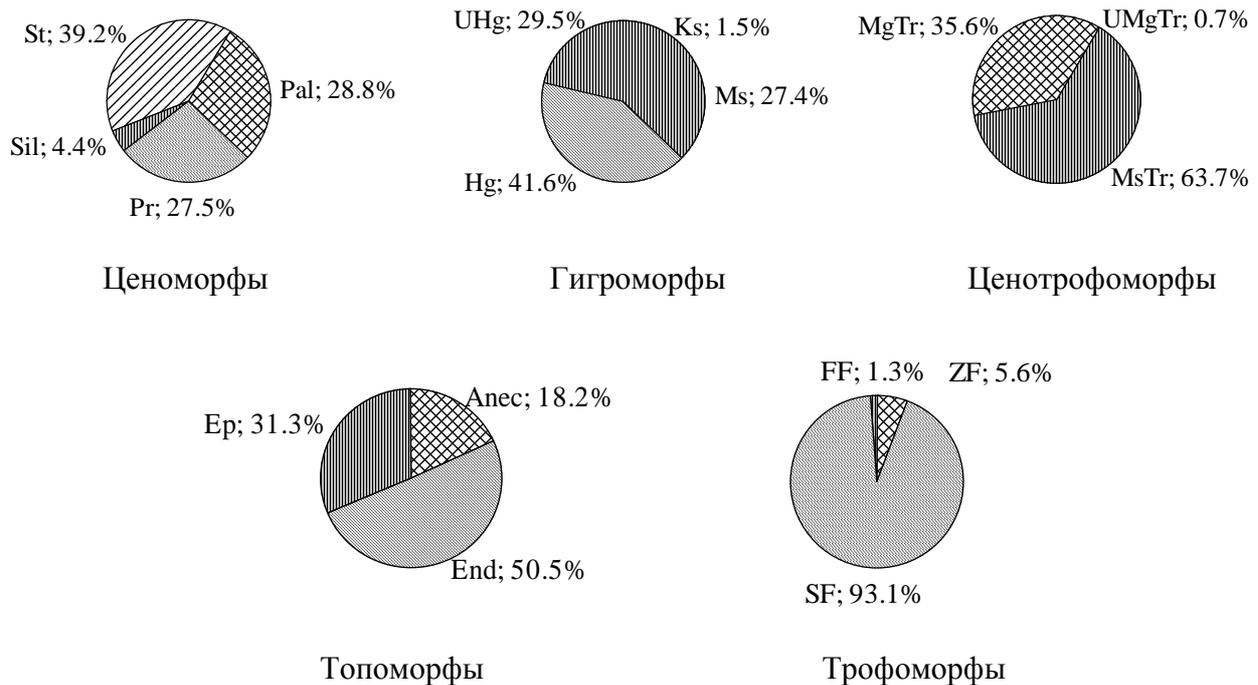


Рис. 1. Экологическая структура почвенной мезофауны.

Условные обозначения: см. табл. 1.

Среди гигроморф преобладают гигрофилы (41,6%), несколько меньше ультрагигрофилов (29,5%) и мезофилов (27,4%). Очень низкая доля в сообществе ксерофилов (1,5%). В сообществе доминируют мезотрофоценоморфы (63,7%). В структуре топоморф очевидным является преобладание эндогемных форм (50,5%). Существенно меньше эпигемных форм (31,3%) и норников (18,2%). В трофической структуре безусловными доминантами являются сапрофаги (93,1%). Доля зоофагов составляет 5,6%, а фитофагов – 1,3%.

Эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества мезопедобионтов (табл. 2).

Таблица 2

### Детерминанты экологического пространства почвенной мезофауны

Параметры среды	Среднее	Доверительный интервал		CV, %	RLQ ось 1	RLQ ось 2
		- 95 %	+ 95%			
Твердость почвы на глубине, МПа						
0–5 см	1,31	1,25	1,37	23,91	-0,72	-0,47
5–10 см	1,52	1,46	1,59	23,30	-0,86	-0,47
10–15 см	1,60	1,52	1,68	25,35	-0,83	-0,56
15–20 см	1,60	1,51	1,70	30,26	-0,77	-0,54
20–25 см	1,66	1,55	1,76	32,51	-0,64	-0,62
25–30 см	1,65	1,55	1,75	32,08	-0,62	-0,74
30–35 см	1,74	1,63	1,86	33,72	-0,55	-0,78
35–40 см	1,87	1,74	1,99	34,98	-0,46	-0,68
40–45 см	1,97	1,84	2,10	33,39	-0,35	-0,63
45–50 см	2,10	1,97	2,23	32,42	-0,35	-0,55
Физические свойства						
Электропроводность, дСм/см	0,64	0,62	0,65	14,40	0,53	-0,43
Температура слоя почвы 5–7 см, °С, 30.08.2011	19,12	19,08	19,16	0,98	-0,19	0,34
- 15.09.2011	16,29	16,25	16,33	1,21	0,16	0,20
- 25.10.2011	8,08	8,03	8,13	3,12	-0,48	-0,15
- 31.08.2013	18,02	17,98	18,06	1,26	-0,33	0,29
Высота травостоя и мощность подстилки						
Мощность подстилки, см	0,51	0,42	0,59	84,20	0,09	-0,41
Высота травостоя, см	40,12	37,95	42,28	27,89	0,34	0,52

Для твердости почвы в изучаемом участке характерно постепенное увеличение значений с ростом глубины. В верхнем почвенном слое твердость составляет 1,31 МПа, а в нижнем – 2,10 МПа. На глубине 10–15 – 25–30 см твердость выходит на плато со значениями 1,60–1,65 МПа. Коэффициент вариации твердости наименьший в верхних почвенных слоях 0–5 и 5–10 см (23,91 и 23,30% соответственно). При дальнейшем увеличении глубины наблюдается тенденция по росту вариабельности твердости, которая выходит на плато начиная с глубины 20–25 см и находится на уровне 32,08–34,98%. Таким образом, средние значения твердости почвы в пределах изучаемого полигона невелики и не превышают критических уровней для роста корневых систем растений (3–3,5 МПа) (Медведев, 2008). Однако уровень вариабельности позволяет предполагать высокое структурирующее влияние твердости на пространственную организацию сообщества мезопедобионтов.

Электропроводность почвы в среднем составляет 0,64 дСм/см и характеризуется коэффициентом вариации 14,40%. Основным модулятором электропроводности почвы в пределах данного полигона можно признать влажность почвы. При измерении температуры мы в большей степени преследовали цель изучить пространственный аспект этого важного экологического показателя. Коэффициент вариации температуры в различные периоды измерений находится в диапазоне 1,21–3,12%.

Мощность подстилки в среднем составляет 0,51 см и варьирует в достаточно широких пределах (коэффициент вариации 84,20%). Несколько ниже коэффициент вариации для высоты травостоя (27,89%) при среднем уровне этого показателя 40,12 см.

Совместное измерение эдафических характеристик и особенностей структуры животного населения позволили оценить свойства экологической ниши почвенной мезофауны (табл. 3).

## Анализ маргинальности видов сообщества мезофауны

Виды	Сокращение	Инерция	ОМІ	Tol	Rtol	<i>omi</i>	<i>tol</i>	<i>rtol</i>	<i>p</i> -уровень
<i>A. assimilis</i> (larv.)	A_assimilis_larv	17,22	3,62	2,00	11,60	21,00	11,60	67,40	0,03
<i>A. c. trapezoides</i>	A_trapezoides	17,95	0,17	4,08	13,70	1,00	22,70	76,30	0,22
<i>A. r. rosea</i>	A_rosea	18,66	0,41	3,30	14,95	2,20	17,70	80,10	0,08
<i>Aranea</i>	Aranea	17,54	3,01	2,97	11,57	17,20	16,90	65,90	0,03
<i>A. haemorrhoidalis</i>	A_haemorrhoidalis	19,11	5,54	1,77	11,80	29,00	9,20	61,70	0,01
<i>B. bullatus</i>	B_bipustulatus	14,65	1,69	2,40	10,56	11,60	16,40	72,10	0,61
<i>G. proximus</i>	G_proximus	15,92	0,74	2,35	12,84	4,60	14,70	80,60	0,17
<i>Lepidoptera</i>	Lepidoptera	20,80	2,44	5,11	13,26	11,70	24,60	63,70	0,02
<i>L. rubellus</i>	L_rubellus	15,60	0,74	3,40	11,46	4,70	21,80	73,50	0,01
<i>O. transpadanus</i>	O_transpadanus	15,74	0,25	2,56	12,93	1,60	16,30	82,10	0,11
<i>O. lacteum</i>	O_lacteum	17,46	1,61	1,67	14,18	9,20	9,50	81,20	0,08
<i>Staphylinus</i>	Staphylinus	14,26	4,30	1,12	8,83	30,20	7,90	61,90	0,12
<i>T. rathkii</i>	T_rathkii	15,03	2,88	0,93	11,22	19,20	6,20	74,60	0,04
ОМІ		–	2,11	–	–	–	–	–	0,01

Примечание. ОМІ – индекс средней удаленности (маргинальности) для каждого вида; Tol – толерантность, Rtol – остаточная толерантность; курсивом представлены данные индексов в % от суммарной вариальности; *p*-уровень по методу Монте-Карло после 25 итераций.

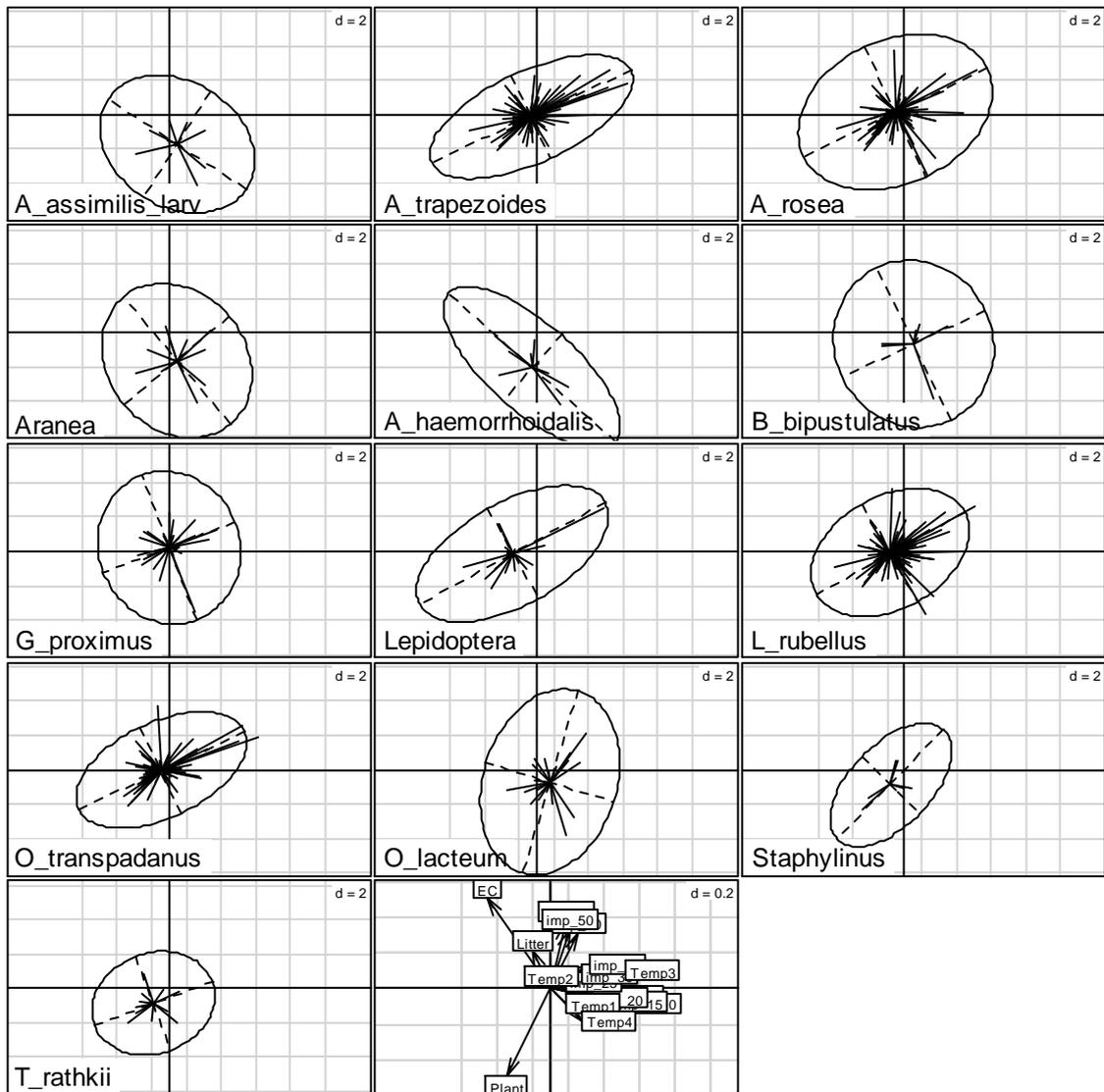
Общая инерция, которая может быть вычислена в результате ОМІ-анализа, пропорциональна средней маргинальности видов сообщества и представляет собой количественную оценку влияния факторов окружающей среды на сепарацию видов. В результате проведенного анализа установлено, что общая инерция составляет 0,68. Первая ось, полученная в результате ОМІ-анализа, описывает 55,71%, а вторая – 21,85% инерции. Таким образом, первые две оси описывают 77,56% инерции, что вполне достаточно, для того, чтобы описание дифференциации экологических ниш мезофауны на изучаемом полигоне проводить в пространстве первых двух осей. Для среднего значения маргинальности сообщества (ОМІ = 2,11) уровень значимости составляет  $p = 0,01$ , что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны.

Маргинальность, которая статистически достоверно отличается от случайной альтернативы, характерна для 6 видов из 13, для которых проведен ОМІ-анализ (табл. 3). Таким образом, для большинства видов изучаемого полигона типичные эдафические условия совпадают с центроидом их экологической ниши.

Конфигурация экологических ниш представлена на рис. 2. Анализ данных свидетельствует о том, что ключевым аспектом структурирования экологической ниши почвенных животных является твердость верхних почвенных слоев и температура почвы, а также высота травостоя, мощность подстилки и электропроводность почвы.

Результаты анализа RLQ представлены в табл. 2 и на рис. 3. Установлено, что 87,00% общей вариации (общей инерции) описывают первые две оси RLQ (62,05 и 24,95% соответственно). Процедура *randtest* подтвердила значимость результатов RLQ-анализа на *p*-уровне 0,02.

Оси RLQ являются интегральными оценками взаимосвязи между факторами окружающей среды (в нашем случае – эдафические характеристики, мощность подстилки и высота травостоя), структурой сообщества и его экоморфической организацией. В одном метрическом пространстве мы имеем возможность отобразить структуру сообщества (расположение видов мезопедобионтов), точки отбора проб (пространственная компонента с учетом того, что координаты точек отбора фиксировались), веса факторов среды и веса экоморфических характеристик почвенных животных (рис. 3).



**Рис. 2. Экологические ниши видов почвенной мезофауны.**

Условные обозначения: координатные оси заданны компонентами маргинальности; начало координат – нулевая маргинальность. Эллипс обозначает инерцию экологической ниши. Лучи связывают центр оид экологической ниши с сайтами встречи вида в пространстве маргинальности сообщества. В правом нижнем углу – нормированные веса экологических переменных; сокращения названия видов – см. табл. 3.

Факторы окружающей среды, которые структурируют сообщество, имеют сложную интегральную природу и отражаются через измеряемые характеристики. Комплексы связанных характеристик в многомерных техниках выделяются по различным критериям, так как число факторных решений бесконечно. Максимизация описываемой факторами дисперсии или корреляции являются целевыми критериями в многомерном факторном анализе и анализе главных компонент. Очевидно, что такой критерий имеет общий характер и не отражает специфики экологических задач. Критерием максимизации в RLQ-анализе является решение, которое наилучшим образом описывает связь между различными экологическими явлениями – средой, сообществом и его формальными экологическими свойствами.

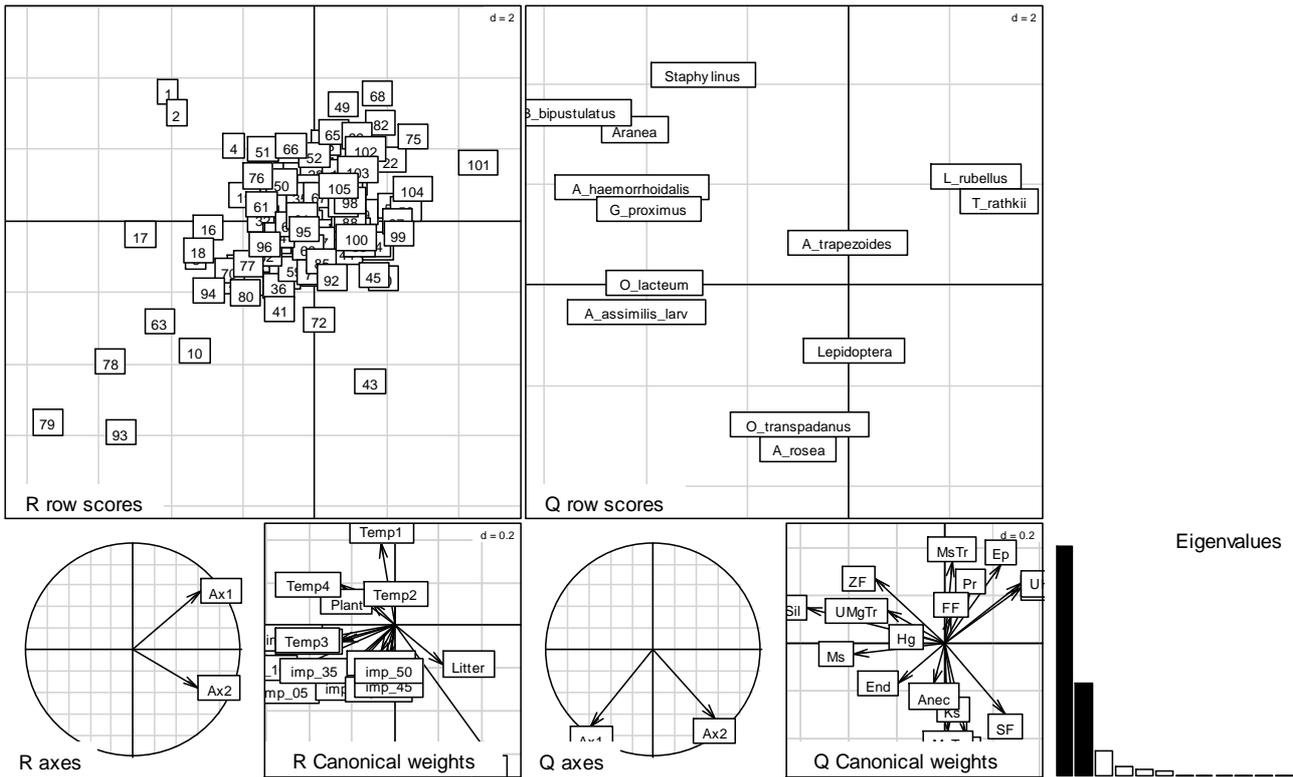


Рис. 3. Результаты анализа RLQ.

Ось 1, выделенная в результате RLQ-анализа, характеризуется корреляцией с твердостью почвы на всех глубинах, максимум которой наблюдается на глубине 5–10 и 10–15 см (см. табл. 1). Эта ось указывает на противоположный характер влияния твердости и электропроводности на структурирование сообщества мезопедобионтов, что позволяет предположить под наблюдаемыми изменениями динамику условий увлажнения: повышенная влажность почвы отражается в большей электропроводности и меньшей твердости. Это предположение подтверждается характером связи оси 1 с температурой. Для большинства дат измерения температура позитивно коррелирует со значениями оси 1. Вероятно, высота травостоя делает свой вклад в динамику комплекса факторов, которые в интегрированном виде описывает ось 1, либо является следствием действия этого комплекса, выполняя индикативную роль, о чем свидетельствует высокий уровень корреляции высоты травостоя и значений оси 1.

Ось 2 коррелирует с твердостью почвы в нижних почвенных слоях (25–50 см). Также ось 2 отражает отрицательную корреляцию между твердостью почвы и высотой травостоя. Если ось 1 практически не зависит от мощности подстилки, то ось 2 сильно коррелирует с этим показателем. Связь с твердостью почвы на достаточно большой глубине и мощностью подстилки на поверхности можно объяснить следующим образом. Подстилка на поверхности почвы перераспределяется в микропонижения, которые, вероятно, отличаются большей твердостью на глубине 25–50 см.

RLQ-анализ позволяет классифицировать животных по характеру их экологической структуры и связи с факторами окружающей среды. Кластерный анализ позволил выделить четыре комплекса видов, которые формируют функциональные группы А, В, С и D (рис. 4).

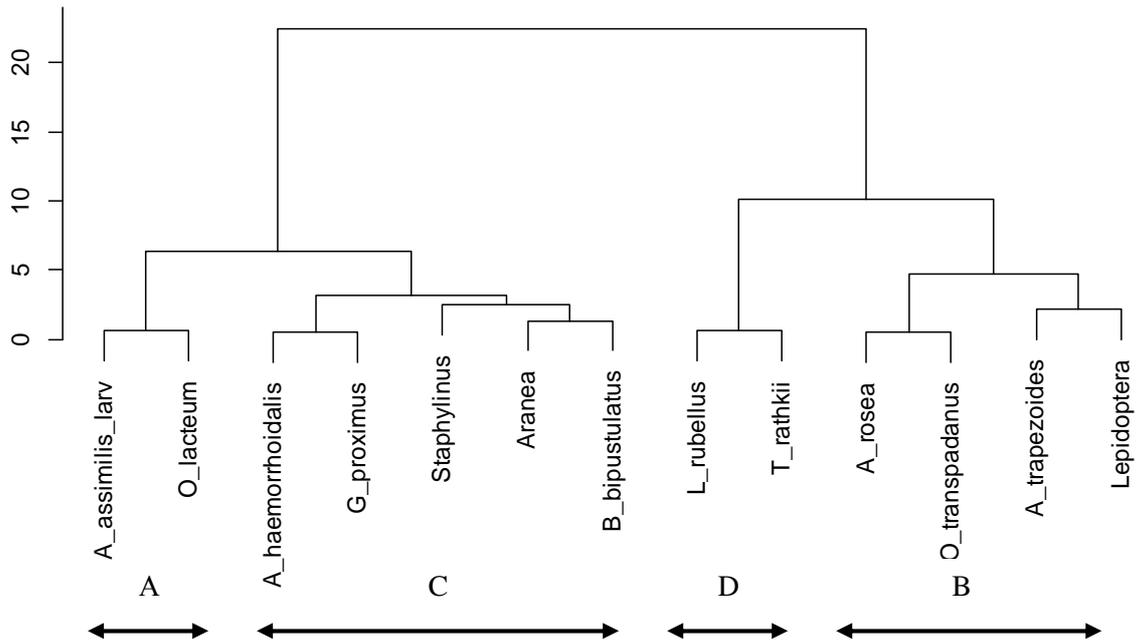


Рис. 4. Кластерний аналіз структури животної населення мезопедобіонтів.

Расположение этих функциональных групп в пространстве RLQ осей представлено на рис. 5. Функциональная группа А включает мезофильных эндогеяных силвантов (*Octolasion lacteum* и *Amphimallon assimilis*). Данная функциональная группа обладает способностью заселять более твердые почвы (ось 1). Близка к группе А функциональная группа С, которая включает силвантов-зоофагов ультрамегатрофоценоморф. Эта функциональная группа предпочитает микросайты, которые отличаются негативными значениями оси 1 и позитивными – оси 2. Такая комбинация соответствует высокой твердости почвы в верхних слоях и низкой – в более глубоких. Часть представителей функциональной группы С являются герпетобионтами (*Aranea spp.*, *B. bullatus*, *S. caesareus*), а часть – обитателями почвенной толщи (эндогеяный *A. haemorrhoidalis* и норник *G. proximus*). Для герпетобионтной компоненты существенной является высота травостоя, которая коррелирует с осью 2. Вероятно, особенности вертикальной изменчивости твердости почвы благоприятны для сохранения норной инфраструктуры, которую используют обитатели почвенной толщи. В целом, комплекс функциональных групп А и С является маркером процессов силватизации в пределах изучаемого полигона.

Функциональная группа D представлена ультрагигрофилами: палюдантом *L. rubellus* и пратантом *T. rathkii*. Позитивные значения оси 1 отражают такие свойства микросайтов, к которым тяготеют представители группы D, как повышенная влажность и пониженная твердость почвы в сочетании с большой высотой травостоя.

Функциональная группа В наиболее многочисленна в пределах изучаемого полигона и объединяет мегатрофных сапрофагов, среди которых широко представлены степанты. Низкая твердость почвы на средней глубине (ось 2), вполне вероятно, является не причиной, а следствием обилия дождевых червей-почвороев, которые преимущественно составляют группу В.

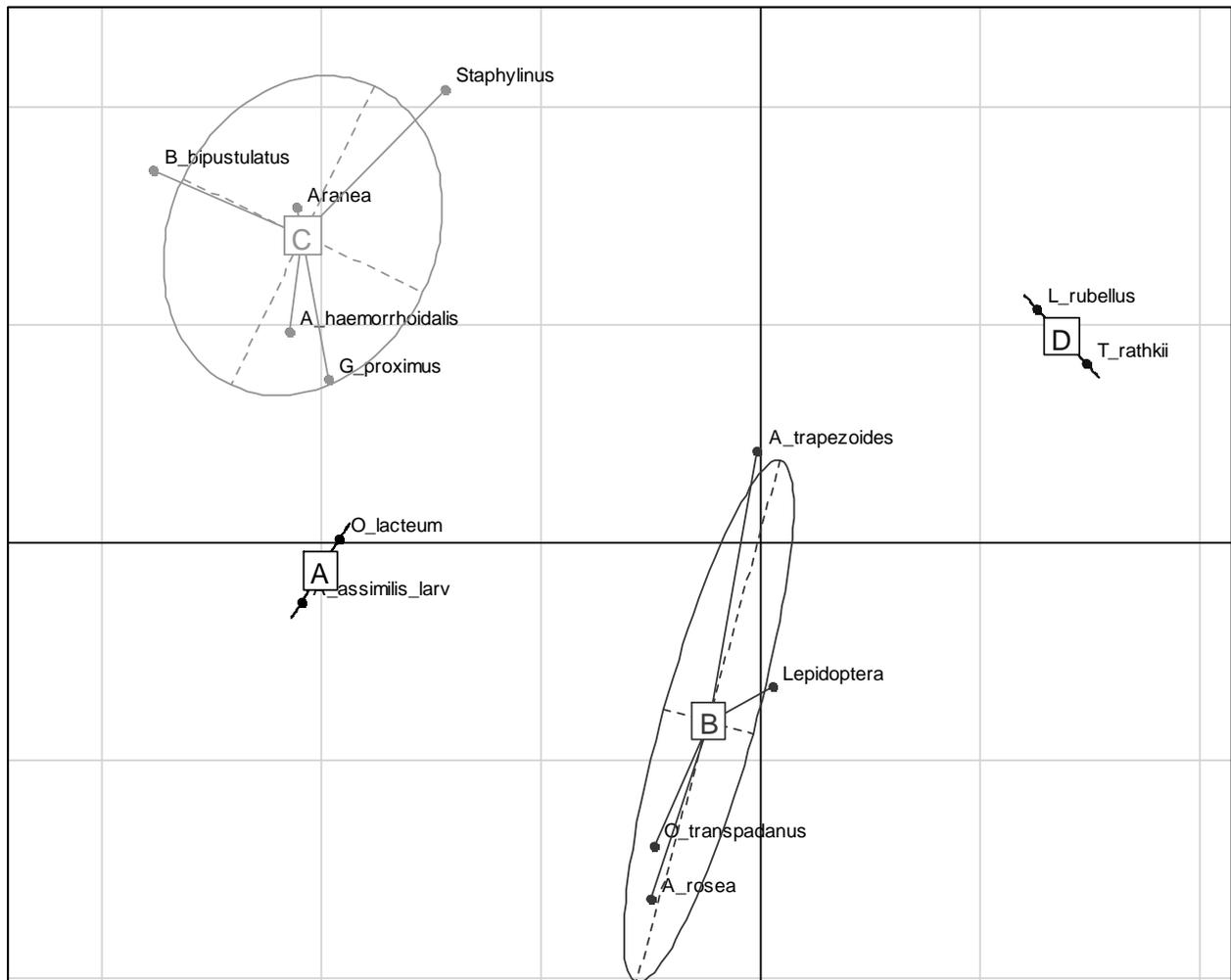


Рис. 5. Расположение функциональных групп в пространстве RLQ-осей.

Таким образом, экологическая специализация мезопедобионтов, которая установлена в масштабе межбиогеоценотического разнообразия и экологических градиентов, преломляется в контексте конкретных условий и принимает форму функциональных группировок. Экоморфический анализ позволяет установить природу этих локальных образований и провести интерпретацию с точки зрения условий конкретного биотопа.

Важным инструментом описания экологической структуры животного населения является её отображение в географическом пространстве. Пространственная изменчивость RLQ-осей представлена на рис. 6.

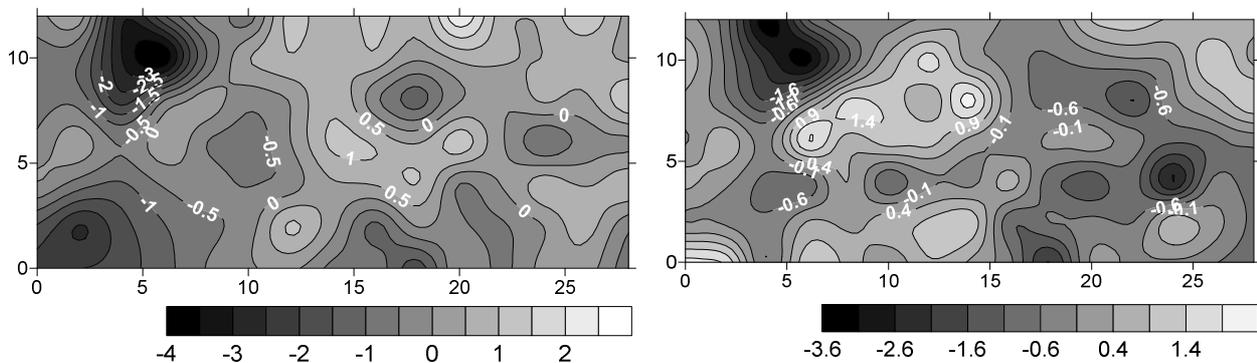


Рис. 6. Пространственная изменчивость RLQ-осей (слева – верхняя часть склона, справа – нижняя).

Общая конфигурация изменчивости осей 1 и 2 имеет мозаичный характер: области повышенного (или пониженного) значений осей характеризуются округло-амебоидной формой, которые вместе создают сложную мозаику. Относительная однородность изучаемого участка, находящегося практически в центре лесопаркового массива, выражается в отсутствии четко выделяемых трендов изменчивости как эдафических факторов, так и структуры сообщества мезопедобионтов. Вероятно, пространственная организация фитоценоза и почвенного покрова являются ведущими причинами структурирования почвенного животного населения.

### **Выводы**

Процедура RLQ-анализа позволяет оценить взаимосвязь трех важнейших характеристик почвенной экосистемы: эдафических факторов, видового разнообразия и его экоморфической структуры. Экоморфы отражают особенности адаптации животных к различным аспектам биогеоценотического окружения. В реалиях конкретного сообщества наблюдается сопряженная изменчивость экоморф, что открывает возможность дать объемную характеристику его экоморфической организации. В пределах относительно однородного участка наблюдается четкая дифференциация животного населения на функциональные группировки. Реальность их существования подтверждается не только статистически, но, что особенно важно, содержательной интерпретацией взаимосвязи экоморфических маркеров группировок и индикаторов экологических свойств почвы как среды обитания. Варьирование свойств в пределах микросайтов приводит к перестройке экологической структуры животного населения почвы. Гетерогенность почвенного тела и мозаичность растительного покрова приводят к формированию паттернов пространственной организации животного населения почвы, которые индицируют ценотическую неоднородность мезопедобионтов, которая проявляет себя также на уровне гигроморф, топоморф, трофоценоморф и трофоморф.

### **Список литературы**

1. *Акимов М. П.* Биоморфический метод изучения биоценозов / М. П. Акимов // Бюллетень МОИП. – Т. LIX (3). – С. 27–36.
2. *Акимов М. П.* Биоценотическая рабочая схема жизненных форм – биоморф / М. П. Акимов // Науч. зап. Днепропетр. гос. ун-та. – 1948. – С. 61–64.
3. *Акимов М. П.* Сравнительный биоценотический анализ животного населения порожистой части Днепра и Днепровского водохранилища в первые годы его существования / М. П. Акимов, А. И. Берестов // Сб. работ биол. ф-та ДГУ. Науч. зап. – 1948. – Т. XXXII. – С. 161–176.
4. *Алеев Ю. Г.* Экоморфология / Ю. Г. Алеев. – К.: Наук. думка, 1986. – 424 с.
5. *Апостолов Л. Г.* Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов юго-востока Украины: Автореф. дис. ... докт. биол. наук / Л. Г. Апостолов. – Харьков, 1970. – 45 с.
6. *Бельгард А. Л.* Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
7. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
8. *Жуков О. В.* Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин / О. В. Жуков. – Д.: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2009. – 239 с.
9. *Жуков О. В.* Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae): моногр. / О. В. Жуков, О. Є. Пахомов, О. М. Кунах. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 371 с.
10. *Кашкаров Д. Н.* Основы экологии животных / Д. Н. Кашкаров. – Л.: Учпедгиз, 1945. – 383 с.
11. *Кашкаров Д. Н.* Основы экологии животных / Д. Н. Кашкаров. – М.–Л.: Медгиз, 1938. – 602 с.

12. *Кашкаров Д. Н.* Среда и общество (основы синэкологии) / Д. Н. Кашкаров. – М.: Медгиз, 1933. – 244 с.
13. *Криволицкий Д. А.* Жизненные формы и биологическое разнообразие животных / Д. А. Криволицкий // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 1999. – Т. 104, вып. 5. – С. 61–67.
14. *Пахомов А. Е.* Пространственная организация экологической ниши почвенной мезофауны урбозема / А. Е. Пахомов, О. Н. Кунах, А. В. Жуков, Ю. А. Балюк // Вісник Дніпропетровського університету. Біол. Екол. – 2013. – 21 (1). – С. 51–57.
15. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біологоекологічна характеристика видів / В. В. Тарасов. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
16. *Angermeier P. L.* Local vs regional influences on local diversity in stream fish community of Virginia / P. L. Angermeier, M. R. Winston // Ecology. – 1998. – Vol. 79. – P. 911–927.
17. *Austen D. J.* Importance of the guild concept to fisheries research and management / D. J. Austen, P. B. Bayley, B. W. Menzel // Fisheries. – 1994. – Vol. 19. – P. 12–20.
18. *Bernhardt-Romermann M.* On the identification of the most suitable traits for plant functional trait analyses / M. Bernhardt-Romermann, C. Romermann, R. Nuske et al. // Oikos. – 2008. – Vol. 117. – P. 1533–1541.
19. *Brind'Amour A.* Relationships between species feeding traits and environmental conditions in fish communities: A three-matrix approach / A. Brind'Amour, D. Boisclair, S. Dray, P. Legendre // Ecological Applications. – 2011. – Vol. 21 (2). – P. 363–377.
20. *Doledec S.* Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method / S. Doledec, D. Chessel, C. J. F. Ter Braak, S. Champely // Environ. Ecol. Stat. – 1996. – Vol. 3. – P. 143–166.
21. *Doledec S.* Niche separation in community analysis: a new method / S. Doledec, D. Chessel, C. Gimaret-Carpentier // Ecology. – 2000. – Vol. 81. – P. 2914–2927.
22. *Dray S.* Matching data sets from two different spatial samples / S. Dray, N. Pettorelli, D. Chessel // J. Veg. Sci. – 2002. – Vol. 13. – P. 867–874.
23. *Friederichs K.* Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie / K. Friederichs. – Berlin: Parey, 1930. – Bd. 1. – 417 s.; Bd. 2. – 463 s.
24. *Gams H.* Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Bergiffsklarung und Methodik der Biocoenologie / H. Gams // Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zurich. – 1918. – № 63. – S. 293–493.
25. *McGill B. J.* Rebuilding community ecology from functional traits / B. J. McGill, B. J. Enquist, E. Weiher, M. Westoby // Trends Ecol. Evol. – 2006. – Vol. 21. – P. 178–185.
26. *Minden V.* Plant-trait environment relationships in salt marshes: deviations from predictions by ecological concepts / V. Minden, S. Andratschke, J. Spalke et al. // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. – 2012. – Vol. 14. – P. 183–192.
27. *Mouillot D.* Alternatives to taxonomic-based approaches to assess changes in transitional water communities / D. Mouillot, S. Spatharis, S. Reizopoulou et al. // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. – 2006. – Vol. 16. – P. 469–482.
28. *Olden J. D.* A comparison of statistical approaches for modelling fish species distributions / J. D. Olden, D. A. Jackson // Freshwater Biology. – 2002. – Vol. 47. – P. 1976–1995.
29. *Pennisi B. V.* 3 ways to measure medium EC / B. V. Pennisi, M. van Iersel // GMPro. – 2002. – Vol. 22 (1). – P. 46–48.
30. *Santoul F.* Spatial patterns of the biological traits of freshwater fish communities in south-west France / F. Santoul, J. Cayrou, S. Mastrorillo, R. Cereghino // Journal of Fish Biology. – 2005. – Vol. 66. – P. 301–314.
31. The R Foundation for Statistical Computing. – 2010. – R Version 2.12.1.
32. *Thuiller W.* Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for *Leucadendron* taxa / W. Thuiller, S. Lavorel, G. Midgley et al. // Ecology. – 2004. – Vol. 85. – P. 1688–1699.

33. *Tonn W. M.* Intercontinental 1 comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes / *W. M. Tonn, J. J. Magnuson, M. Rask, J. Toivonen* // *The American Naturalist*. – 1990. – Vol. 136. – P. 345–375.

34. *Zobel M.* The relative role of species pools in determining plant species richness: alternative explanation of species coexistence? / *M. Zobel* // *Trends in Ecology and Evolution*. – 1997. – Vol. 12. – P. 266–269.

Поступила в редакцію 02.11.2013

Принята в печать 23.11.2013

**Kunah O. N.<sup>1</sup>, Zhukov A. V.<sup>2</sup>, Baljuk Yu. A.<sup>1</sup>**

**ECOMORPH AND SPATIAL ORGANIZATION OF MESOPEDOBIANTS OF DNEPROPETROVSK FOREST-PARK**

<sup>1</sup>*Oles Gonchar Dnepropetrovsk National University, Nauchnaya Str., 10/17, Dnepropetrovsk, 49000, Ukraine*

<sup>2</sup>*Dnepropetrovsk State Agrarian University, Voroshilov Str., 25, Dnepropetrovsk, 49000, Ukraine*

*e-mail: Zhukov\_dnepr@rambler.ru*

In work presented the results of studying of the spatial organization of soil mesofauna of the artificial forest planting have been processed by OMI- and RLQ-analysis methods. Researches are held to June, 5th, 2011 in Oles Gonchar University botanic garden (earlier – territory of park of Yu. Gagarin, Dnepropetrovsk). The studied plot is situated on the Krasnopostachekaya balka valley slope (48°25'58.01" N, 35°2'25.74" E). The plot consists of 15 transects directed in down slope direction. Each transect is made of seven sample points. The distance between points is 2 m. The coordinates of lower left point have been taken as (0; 0). The plot represents artificial forest-park planting. The vegetation has typically forest mesotrophic and mesophylic character. In each point soil-zoological tests for gathering of soil mesofauna have been made, temperature measurement, electrical conductivity and soil penetration resistance, forest dead leaf layer and herbage height is made. Soil-zoological tests had the size 25×25 sm. In ecological structure of the soil animal community have been found such groups dominant as saprohages, stepants and paludants, gyrophiles, mesotrophocoenomorphes, endogeic topomorphes. The measured edafic characteristics have been shown to play an important role in structurization of an ecological niche of mesopedobionts community. The basic trends of structure transformation of the animal community of soil mesofauna have been found as soil humidity gradient and edafic properties variability caused features of a forest vegetation cover. The usage of morphological or physiological features of animals for an estimation of degree of specific distinctions is applicable for homogeneous taxonomic or ecological groups possessing comparable characteristics which also can be interpreted ecologically. The soil mesofauna is characterized by high taxonomic and ecological diversity of forms and comparing which by morphological or physiological criteria it is rather inconvenient. Ecological sense of characteristics in different groups will be not identical, and the basis for their comparison will be inadequate. Therefore we apply to the description of ecological features ecomorphic analysis of soil animals. The organization of communities of soil animals may be considered at levels of an investigated point, a biogeocenosis, a landscape and regional level. Actually, on the basis of landscape-ecological distribution of species in ecological space their accessory to ecological groups – an ecomorphes is established. Various directions of allocation an ecomorphes at landscape level conditionally are considered independent and form an ecological matrix (in multidimensional space – a multidimensional matrix, or tensor). At level of a biogeocenosis correlation degree the ecomorphes, possibly, will be heigh, therefore soil animals will form local, but functionally significant, groups. The regular ratio an ecomorphes in these functional groups will be reflexion of their organizational structure and an ecological diversity. The obtained data testifies to justice of the come out assumption. It is important to notice that fact that the functional groups allocated in ecological space by means of the RLQ-analysis, show regular patterns of spatial variability. Local functional groups are characterized by ecological characteristics which reflect in terms one ecomorphes of property of others, occupying higher hierarchical position. So, it is established that within the studied range, steppe ecomorphes are presented by megatrophes, xerophilous, megatrophocoenomorphes, and mostly phytophags or predatory forms. Meadow and paludal forms are mainly epigeic (paludal) or anecic (meadow), gigrophilous or ultragigrophilous, saprohages. The pioneering complex of destructive loci is presented by functional group which has no accurate coenotic status, but gravitates to steppe type. Such result approaches us to understanding of mechanisms of transformation of community of soil animals under antropogenic impact. For this purpose it is necessary to return to understanding coenomorphes as indicators of types of circulation of substances and energy flow on A. L. Belgard (1971). In such treatment we observe destruction coenotic system unities of a complex under antropogenic impact, and the functional group appears at us as situational set of species. Obviously, such treatment is hypothetical and demands the further check. However the considered algorithm of gathering of materials and their statistical processing gives the practical tool for the decision of the given problem.

*Key words:* soil mesofauna, ecological niche, spatial ecology.

**References**

1. Akimov, M.P. (1954). The Biomorfic method of biogeocenosis studying. *Bull. Mosc. Soc. Natur. Biological Series*, LIX(3), 27-36.

2. Akimov, M.P. (1948). Biotsenosis working scheme of vital forms – biormorphes. Nauch. bull. Dnepropetrovsk State University, 61-64.
3. Akimov, M.P., & Berestov, A.I. (1948). Comparative biogeocoenotic analysis of the animal community of a rapids part of Dnepr and the Dneprovsky water basin in the first years of its existence. Collection of works the biologist. Faculty, XXXII, 161-176.
4. Aleev, J.G. (1986). Ekomorfologija. Kiev: Naukova dumka, 424 p.
5. Apostolov, L.G. (1970). Entomofauna of forest biogeocoenosis of the southeast of Ukraine. Kharkov, 45 p.
6. Belgard, A.L. (1950). Forest vegetation of the southeast UkrSSR. Kiev: Publishing house KGU, 263 p.
7. Belgard, A.L. (1971). Steppe forest science. Wood industry, 336 p.
8. Zhukov, O.V. (2009). Soil animals community consortia ecomorphic analysis. Dnipropetrovsk, 239 p.
9. Zhukov, O.V., Pahomov, O.E., & Kunah, O.M. (2007). Ukraine Biological diversity. Dnipropetrovsk region. Earthworms (Lumbricidae). Dnipropetrovsk, 371 p.
10. Kashkarov, D.N. (1945). Bases of ecology of animals. Leningrad, 383 p.
11. Kashkarov, D.N. (1938). Bases of ecology of animals. Moscow, 602 p.
12. Kashkarov, D.N. (1933). Environment and a community (bases of sinecology). Moscow, 244 p.
13. Krivolutsky, D.A. (1999). Vital forms and a biological diversity of animals. Bull. Mosc. Soc. Natur. Biological Series, 104, 61-67.
14. Pahomov, A.E., Kunah, O.N., Zhukov, A.V., & Baljuk, Yu.A. (2013). The spatial organisation of an ecological niche of urbazem soil mesofauna. Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta, 21(1), 51-57.
15. Tarasov, V.V. (2005). Dnipropetrovsk and Zaporogie region flora. Dnipropetrovsk, 276 p.
16. Angermeier, P.L., & Winston, M.R. (1998). Local regional influences on local diversity in stream fish community of Virginia. Ecology, 79, 911-927.
17. Austen, D.J., Bayley, P.B., & Menzel, B.W. (1994). Importance of the guild concept to fisheries research and management. Fisheries, 19, 12-20.
18. Bernhardt-Romermann, M., Romermann, C., Nuske, R., Parth, A., Klotz, S., Schmidt, W., & Stadler, J. (2008). On the identification of the most suitable traits for plant functional trait analyses, 117, 1533-1541.
19. Brind'Amour, A., Boisclair, D., Dray, S., & Legendre, P. (2011). Relationships between species feeding traits and environmental conditions in fish communities: A three-matrix approach. Ecological Applications, 21(2), 363-377.
20. Doledec, S., Chessel, D., Ter Braak, C.J.F., & Champely, S. (1996). Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. Environ. Ecol. Stat., 3, 143-166.
21. Doledec, S., Chessel, D., & Gimaret-Carpentier, C. (2000). Niche separation in community analysis: a new method. Ecology, 81, 2914-2927.
22. Dray, S., Pettorelli, N., & Chessel, D. (2002). Matching data sets from two different spatial samples. J. Veg. Sci., 13, 867-874.
23. Friederichs, K. (1930). Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie. Berlin: Parey, 1, 417 p.; 2, 463 p.
24. Gams, H. (1918). Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Bergiffsklarung und Methodik der Biocoenologie. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zurich, 63, 293-493.
25. McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. Trends Ecol. Evol., 21, 178-185.
26. Minden, V., Andratschke, S., Spalke, J., Timmermann, H., & Kleyer, M. (2012). Plant-trait environment relationships in salt marshes: deviations from predictions by ecological concepts. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 14, 183-192.
27. Mouillot, D., Spatharis, S., Reizopoulou, S., Laugier, T., Sabetta, L., Basset, A., & Do Chi, T. (2006). Alternatives to taxonomic-based approaches to assess changes in transitional water communities. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 16, 469-482.
28. Olden, J.D., & Jackson, D.A. (2002). A comparison of statistical approaches for modelling fish species distributions. Freshwater Biology, 47, 1976-1995.
29. Pennisi, B.V., & van Iersel, M. (2002). 3 ways to measure medium EC. GMPro, 22(1), 46-48.
30. Santoul, F., Cayrou, J., Mastroillo, S., & Cereghino, R. (2005). Spatial patterns of the biological traits of freshwater fish communities in south-west France. Journal of Fish Biology, 66, 301-314.
31. The R Foundation for Statistical Computing (2010). R Version 2.12.1.
32. Thuiller, W., Lavorel, S., Midgley, G., Lavergne, S., & Rebelo, T. (2004). Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for Leucadendron taxa. Ecology, 85, 1688-1699.
33. Tonn, W.M., Magnuson, J.J., Rask, M., & Toivonen, J. (1990). Intercontinental I comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. The American Naturalist, 136, 345-375.
34. Zobel, M. (1997). The relative role of species pools in determining plant species richness: alternative explanation of species coexistence? Trends in Ecology and Evolution, 12, 266-269.

Received: 02.11.2013

Accepted: 23.11.2013

УДК 595.4

© **Е. В. Прокопенко, Е. Ю. Савченко**  
**ПАУКИ (ARANEI) АГРОЦЕНОЗОВ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**  
*Донецкий национальный университет*  
83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: helen\_procop@mail.ru

**Прокопенко Е. В., Савченко Е. Ю. Пауки (Aranei) агроценозов Донецкой области.** – Проведено исследование видового состава, биотопического распределения, структуры доминирования пауков сельскохозяйственных полей, лесополосы, залежи и степной целины в пос. Нижняя Крынка (Советский р-н г. Макеевка) и пос. Пески (Ясиноватский р-н) Донецкой области. Зарегистрировано 95 видов пауков из 17 семейств. Наибольшим числом видов характеризуются семейства Gnaphosidae, Lycosidae, Linyphiidae, Thomisidae и Salticidae.

*Ключевые слова:* пауки, Aranei, фауна, агроценозы.

**Прокопенко О. В., Савченко К. Ю. Павуки (Aranei) агроценозів Донецької області.** – Проведено дослідження видового складу, біотопічного розподілу, структури домінування павуків сільськогосподарських полів, лісосмуги, перелігу і степової цілини у сел. Нижня Кринка (Радянський р-н м. Макіївка) і сел. Піски (Ясинуватський р-н) Донецької області. Зареєстровано 95 видів павуків з 17 родин. Найбільшим числом видів характеризуються родини Gnaphosidae, Lycosidae, Linyphiidae, Thomisidae і Salticidae.

*Ключові слова:* павуки, Aranei, фауна, агроценози.

### **Введение**

В настоящее время в ландшафте степной зоны Украины значительную площадь занимают агроценозы, образованные на месте целинных степных земель. Данные о фауне и структуре населения пауков полей, огородов, виноградников, лесозащитных полос и других агроэкосистем территории Украины сосредоточены в работах М. В. Леготай [9–17], В. А. Кириленко [3–5, 8], Н. Ю. Полчаниновой [20], В. Д. Севастьянова с соавторами [23], Е. В. Прокопенко [22]. В части статей основное внимание уделено спектру жертв пауков в агроценозах [7, 19, 21, 26]. В «Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine» [30] имеются данные о видах, встречающихся на полях сельскохозяйственных культур. Необходимо отметить, что агроценозы степной зоны Левобережья остаются наименее изученными местообитаниями в сравнении с древесными массивами различного типа, степными участками, обнажениями пород и др.

### **Материал и методы исследования**

Исследования проводили в двух локалитетах, расположенных в непосредственной близости от Донецко-Макеевской городской агломерации: в окрестностях пгт. Нижняя Крынка (г. Макеевка, Советский р-н) и пос. Пески (Ясиноватский р-н). Материал собирали в течение 2007–2008 гг. с помощью почвенных ловушек Барбера (пластмассовые стаканчики емкостью 0,25 л и диаметром 65 мм, заполненные на 1/3 4% раствором формалина). В первом случае было выбрано 5 сопоставимых по площади стационаров: целинный степной участок как своеобразный эталон слабо нарушенного биоценоза (разнотравно-типчакково-ковыльная степь на маломощных черноземах); залежь с сорно-рудеральной растительностью, на которой более 10 лет не проводилось никаких сельскохозяйственных мероприятий; агроценозы: поля кукурузы, подсолнечника и ячменя. В 2007 г. сбор материала проводился три раза (июнь, август, сентябрь). В 2008 г. исследования были продолжены на тех же участках в те же сроки, а также дополнительно в мае и июле.

В пос. Пески было выбрано три агроценоза, образующих целостный полевой севооборот: поле озимой пшеницы, поле многолетних трав (эспарцет), поле подсолнечника, а также полезащитная лесополоса. Ловушки на всех стационарах, кроме посевов подсолнечника, устанавливались в 2007 г. трижды и дополнительно в весеннее время в 2008 г. (в конце мая – начале июня, в конце июня – начале июля; конце июля – начале августа; конце сентября – начале октября). На поле подсолнечника исследования

проводились только в конце июня – начале июля; конце июля – начале августа 2007 г., осенние сборы на поле пшеницы в 2008 г. были предприняты в первой декаде октября.

С целью анализа структуры доминирования применялся индекс доминирования по шкале Тишлера [27], где E – эудоминант ( $\geq 10\%$ ), D – доминант ( $\geq 5\%$ ), SD – субдоминант ( $\geq 2\%$ ), R – рецедент ( $\geq 1\%$ ), SR – субрецидент ( $< 1\%$ ). Структура доминирования рассчитывалась исключительно по половозрелым экземплярам.

Всего за указанный период отработано 8820 ловушко-суток. Собрано и определено 2058 экземпляров половозрелых пауков.

Авторы выражают благодарность студентам биологического факультета ДонНУ А. А. Шириколава и Ю. А. Селезневой за помощь в сборе и обработке материала.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было зарегистрировано 95 видов пауков из 17 семейств (табл. 1, внесены только половозрелые экземпляры). Наибольшим числом видов характеризуются семейства Gnaphosidae (29 видов), Lycosidae (13 видов), Linyphiidae (12 видов), Thomisidae (11 видов) и Salticidae (9 видов). 7 семейств представлены одним видом. Mimetidae и Clubionidae – только ювенильными особями.

Наибольшее число видов отмечено на участке степной целины (40 видов), в посевах ячменя (38 видов) и на залежи (34 вида). Минимальное видовое богатство характерно для полей подсолнечника (от 13 до 19 видов), лесополосы (19 видов) и эспарцета (20 видов).

Литературные данные о числе видов пауков агроценозов закономерно варьируют в широких пределах, поскольку видовое богатство определяется комплексом разнородных факторов: климатическими условиями местности, размерами и окружением полей, возделываемой культурой, практикуемой агротехникой, методами и продолжительностью сбора материала и др. Например, на полях озимой и яровой пшеницы на Северо-Западе России, в Карпатах, Харьковской и Донецкой областях отмечено близкое число видов пауков – от 28 до 35 [2, 5, 12, наши данные]. С другой стороны, в Северной Венгрии, Финляндии, Франции, Прикубанской равнине и Подмоскowie видовое богатство более чем вдвое выше – от 65 до 188 видов [24, 25, 28, 31]. На полях кукурузы во Франции было отмечено 62 вида [28] (по нашим данным – 31 вид). В посевах многолетних трав на Северо-Западе России – 32 вида [1] (по нашим данным – 20 видов). В Харьковской области на поле ячменя – 37 видов [5] (по нашим данным – 38 видов).

Специфичный компонент содержит аранеофауна только двух биотопов – лесополосы и целинной степи. *Zodarion thoni*, *Alopecosa schmidtii*, *Berlandina cinerea*, *Gnaphosa steppica*, *Civizelotes caucasicus*, *Phlegra fasciata* отмечены только на степных участках (единичные экземпляры не учитывались). *Pardosa lugubris*, *Zelotes kukushkini*, *Ozyptila praticola*, *Xysticus luctator* – в лесополосе.

Таким образом, по сравнению со степной целиной на полях происходит более или менее выраженное снижение видового богатства пауков. Причем, даже более чем десятилетний период без применения агротехники не ведет к полному возобновлению аранеокомплекса: число видов на залежи остается ниже, чем в целинной степи и даже в некоторых агроценозах (посевы ячменя).

Кроме сокращения числа видов из состава аранеофауны сельскохозяйственных полей выпадают специфические виды, отмеченные в целинной степи.

На полях с пропашными культурами обеднение аранеокомплексов проявляется сильнее, чем в многолетних травах или непропашных культурах. Причем снижение числа видов на пропашных культурах, обусловленное не только эфемерным характером растительности (скашивание в конце полевого сезона), но и неоднократными рыхлениями междурядий, отмечалась и ранее, например [18].

Наибольшие значения динамической плотности пауков отмечены в лесополосе, на поле эспарцета и на участке степной целины, минимальное – в посевах подсолнечника (пос. Нижняя Крынка) (табл. 1).

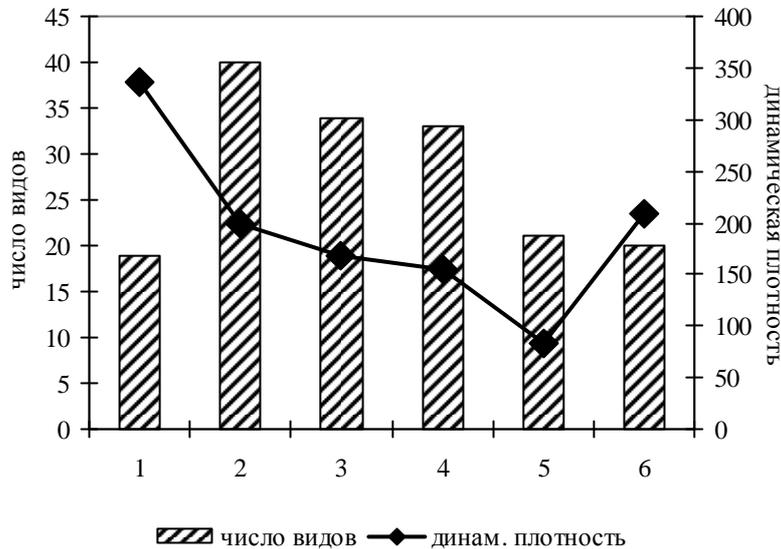
## Видовий склад і відносна численність пауків досліджуваних локалітетів

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Harpactea rubicunda</i> (C. L. Koch, 1838)	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
<i>Asagena phalerata</i> (Panzer, 1801)	0,0	1,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Enoplognatha thoracica</i> (Hahn, 1833)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euryopis quinqueguttata</i> Thorell, 1875	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Robertus arundineti</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	3,0	3,4	0,8	0,8
<i>Steatoda albomaculata</i> (De Geer, 1778)	1,3	0,0	0,5	5,5	2,0	9,0	6,8	5,7	0,0
<i>Agyneta fuscipalpa</i> (C.L. Koch, 1836)	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4	0,0	3,4	3,3	0,0
<i>Agyneta rurestris</i> (C.L. Koch, 1836)	8,3	0,6	0,0	2,8	1,4	3,8	3,4	8,1	0,8
<i>Bathyphantes gracilis</i> (Blackwall, 1841)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Caviphantes dobrogicus</i> (Dumitrescu & Miller, 1962)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,8
<i>Erigone dentipalpis</i> (Wider, 1834)	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ipa terrenus</i> (L. Koch, 1879)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Metopobactrus ascitus</i> (Kulczynski, 1894)	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Microlinyphia pusilla</i> (Sundevall, 1830)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall, 1850)	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6
<i>Porrhomma pygmaeum</i> (Blackwall, 1834)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	9,0	0,0	0,0	1,2
<i>Trichoncoides piscator</i> (Simon, 1884)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Walckenaeria vigilax</i> (Blackwall, 1853)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Alopecosa accentuata</i> (Latreille, 1817)	0,0	0,6	3,3	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Alopecosa cursor</i> (Hahn, 1831)	0,0	2,4	7,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Alopecosa schmidtii</i> (Hahn, 1835)	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Alopecosa solitaria</i> O. Herman, 1879	0,0	0,6	2,4	0,0	2,9	0,0	0,0	4,9	0,0
<i>Alopecosa sulzeri</i> Pavesi, 1873	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Alopecosa taeniopus</i> Kulczynski, 1895	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Alopecosa trabalis</i> (Clerck, 1758)	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lycosa singoriensis</i> (Laxmann, 1770)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0
<i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)	0,0	12,5	1,4	39,7	21,6	2,2	17,6	11,4	32,6
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	2,7	3,0	1,4	0,5	0,9	0,7	3,4	0,0	1,6
<i>Trochosa terricola</i> (Thorell, 1856)	4,0	1,2	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,4
<i>Xerolycosa miniata</i> (C.L. Koch, 1834)	0,0	20,8	0,5	8,8	27,8	6,7	34,6	4,9	6,7
<i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck, 1757)	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Agelenopsis potteri</i> (Blackwall, 1846)	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0
<i>Tegenaria agrestis</i> (Walckenaer, 1802)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	3,4	10,6	0,0
<i>Tegenaria lapicidarum</i> Spassky, 1934	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Argenna subnigra</i> (O. Pickard-Cambridge, 1861)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nigma flavescens</i> (Walckenaer, 1830)	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Titanoeca schineri</i> L. Koch, 1872	12,3	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
<i>Titanoeca veteranica</i> Herman, 1879	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phrurolithus pullatus</i> Kulczynski, 1897	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zodarion thoni</i> Nosek, 1905	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Berlandina cinerea</i> (Menge, 1872)	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Civizelotes caucasicus</i> (L. Koch, 1866)	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Civizelotes pygmaeus</i> Miller, 1943	0,0	1,2	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	3,3	0,0
<i>Drassodes lapidosus</i> (Walckenaer, 1802)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Drassodes pubescens</i> (Thorell, 1856)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Drassylus lutetianus</i> (L. Koch, 1866)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Drassylus praeficus</i> (L. Koch, 1866)	0,0	0,0	0,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Drassylus pumilus</i> (C.L. Koch, 1839)	0,0	4,7	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Drassylus pusillus</i> (C.L. Koch, 1833)	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Drassylus vinealis</i> (Kulczyn'ski, 1897)	1,3	1,2	0,5	0,5	1,4	0,0	0,0	0,8	0,0

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Gnaphosa dolosa</i> Herman, 1879	0,0	0,0	0,0	2,2	0,9	40,4	0,0	0,8	2,4
<i>Gnaphosa leporina</i> (L. Koch, 1866)	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,8	0,0
<i>Gnaphosa licenti</i> Shenkel, 1953	0,0	0,6	0,9	0,0	10,1	2,2	0,0	2,4	0,0
<i>Gnaphosa lucifuga</i> (Walckenaer, 1802)	1,3	0,6	0,5	3,9	2,4	0,7	6,8	9,0	1,2
<i>Gnaphosa steppica</i> Ovtsharenko, Platnick et Song, 1992	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Haplodrassus dalmatensis</i> (L. Koch, 1866)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Haplodrassus kulczynskii</i> Lohmander, 1942	0,0	16,6	0,0	0,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Haplodrassus minor</i> (O. Pickard-Cambridge, 1879)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Haplodrassus signifer</i> (C.L. Koch, 1839)	0,0	0,6	1,4	0,0	2,0	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Micaria formicaria</i> (Sundevall, 1831)	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Micaria rossica</i> Thorell, 1875	0,0	0,6	0,0	1,1	1,4	2,2	0,0	3,3	0,0
<i>Nomisia aussereri</i> (L. Koch, 1872)	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trachyzelotes malkini</i> (Platnik et Murphy, 1984)	0,0	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zelotes electus</i> (C.L. Koch, 1839)	0,0	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zelotes eugenei</i> Kovblyuk, 2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
<i>Zelotes kukushkini</i> Kovlyuk, 2006	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zelotes longipes</i> (L. Koch, 1866)	0,0	4,7	1,4	0,5	1,4	1,5	3,4	7,3	2,0
<i>Zelotes mundus</i> (Kulczyn'ski, 1897)	0,0	0,0	0,0	20,4	0,0	9,0	0,0	1,6	10,0
<i>Zelotes petrensis</i> (C. L. Koch, 1839)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Thanatus arenarius</i> Thorell, 1872	0,0	7,7	7,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Thanatus vulgaris</i> Simon, 1870	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Tibellus oblongus</i> (Walckenaer, 1802)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Heriaeus oblongus</i> Simon, 1918	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ozyptila praticola</i> (C.L. Koch, 1837)	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ozyptila scabricula</i> (Westring, 1851)	0,0	2,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ozyptila trux</i> (Blackwall, 1846)	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9
<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1758)	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xysticus kochi</i> Thorell, 1872	0,0	0,0	1,4	0,5	0,9	0,0	3,4	0,0	0,0
<i>Xysticus laetus</i> Thorell, 1875	0,0	0,0	1,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xysticus luctator</i> L. Koch, 1870	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xysticus marmoratus</i> Thorell, 1875	0,0	0,0	15,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xysticus sabulosus</i> (Hahn, 1832)	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0
<i>Xysticus striatipes</i> L. Koch, 1870	0,0	7,1	0,9	0,5	2,0	0,0	6,8	1,6	4,0
<i>Aelurillus v-insignitus</i> (Clerck, 1758)	0,0	0,6	15,9	0,5	0,9	0,7	0,0	5,7	0,0
<i>Asianellus festivus</i> (C.L. Koch, 1834)	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euophrys</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pellenes nigrociliatus</i> (Simon, 1875)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phlegra cinereofasciata</i> (Simon, 1868)	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phlegra fasciata</i> (Hahn, 1826)	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pseudeuophrys obsoleta</i> (Simon, 1868)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>Sitticus distinguendus</i> (Simon, 1868)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
<i>Talavera aequipipes</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)	2,7	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Динамическая плотность	336,0	168,3	199,7	141,4	165,9	104,8	30,4	116,2	208,2
Динамическая плотность (половозрелые особи)	51,9	120,4	153,0	129,6	148,7	95,6	20,5	87,7	179,7
Число видов	19	34	40	30	38	19	13	31	20
Отношение динамической плотности половозрелых экз. к ювенильным	0,2	2,5	3,3	11,5	11,5	10,4	2,1	3,1	6,4

Примечание. Обозначения биотопов: **1** – лесополоса, **2** – залежь, **3** – степная целина, **4** – посевы пшеницы, **5** – посевы ячменя, **6** – посевы подсолнечника (пос. Пески), **7** – посевы подсолнечника (пос. Нижняя Крынка), **8** – посевы кукурузы, **9** – посевы эспарцета; экз. – экземпляр, динамическая плотность измерялась в экз. на 100 ловушко-суток.

Поля с пропашными культурами вообще характеризуются снижением динамической плотности пауков (среднее значение – 83,8 экз. на 100 лов.-сут.) (рис. 1). На полях непропашных культур, напротив, отмечена довольно высокая динамическая плотность – в посевах ячменя она практически сравнялась с показателем для залежи и незначительно уступает целинной степи. Снижение динамической плотности в пропашных культурах, наряду с высоким показателем для полей с многолетними травами, продемонстрировали исследования на Северо-Западе России [1].



**Рис. 1. Видовое богатство и динамическая плотность населения пауков исследованных биотопов:** 1 – лесополоса, 2 – степь, 3 – залежь, 4 – непропашные культуры, 5 – пропашные культуры, 6 – эспарцет; для групп биотопов «пропашные культуры» и «непропашные культуры» подсчитаны средние значения.

Таким образом, по характеристикам видового богатства и численности мы можем условно разделить исследованные биотопы на следующие группы: 1) высокое богатство и «средний» уровень численности (степь, залежь, непропашные культуры); 2) низкое богатство и высокая численность (лесополоса); 3) низкое богатство и численность (пропашные культуры); 4) низкое богатство и «средняя» численность (эспарцет).

Открытые биотопы в сравнении с древесным отличаются более высоким видовым богатством и более низкой динамической плотностью пауков. Характерным является также соотношение количества половозрелых экземпляров к ювенильным – в лесополосе преобладание молодежи достигает 5 раз. Тогда как в открытых местообитаниях взрослые особи от 2,5 до 11,5 раз более многочисленны.

В составе населения пауков большинства исследованных биотопов два семейства – *Lycosidae* и *Gnaphosidae* – занимают лидирующие позиции по относительной численности (табл. 2). В лесополосе доминирует пара *Lycosidae* – *Thomisidae*, в посевах эспарцета – *Lycosidae* – *Linyphiidae*. На поле подсолнечника (пос. Пески) складывается необычная ситуация – преобладает пара *Gnaphosidae* – *Linyphiidae*.

Большая часть представителей *Gnaphosidae* предпочитает ксерофитные местообитания и служит индикатором высокой теплообеспеченности и сухости биотопа. Пауки-волки значительно более требовательны к уровню увлажнения, хотя включают и ксерофилов (например, *Xerolycosa miniata*). Виды из семейства *Linyphiidae* являются мезо-, гигро- и омброфилами. В исследованных биотопах относительная численность семейства колеблется от 23,0% в посевах эспарцета до 1,3% на залежи, а на участке степной целины оно вовсе не отмечено. Было показано, что доминирование линифид на полях зерновых культур характерно в основном для северных регионов Европы (до 93,0–99,0% собранных пауков), тогда как пауки-волки преобладают южнее [29]. Относительная численность *Lycosidae* в исследованных нами биотопах колеблется в широких пределах – от почти 85,0 до 11,5%.

Гнафозиды наиболее обильны в аранеокомплексах подсолнечника (пос. Пески) и кукурузы. В остальных местообитаниях доминируют пауки-волки. Интересно, что на полях одной и той же культуры (подсолнечника) в двух исследованных локалитетах соотношение относительной численности двух упомянутых семейств противоположно (табл. 2). В Нижней Крынке Gnaphosidae в 4 раза уступают Lycosidae. Своеобразной компенсацией служит высокая относительная численность ксерофильного паука-волка *X. miniata* (34,6% в Нижней Крынке и 6,7% – в Песках). Максимальной относительной численности Lycosidae достигают в лесополосе. В этом биотопе доля Gnaphosidae минимальна. Только в степи найдены Zodariidae. Предпочтение целинным участкам оказывают также пауки-скакуны Salticidae. Dysderidae и Titanoecidae наибольшую относительную численность имеют в лесополосе.

Таким образом, преобладание пауков-волков, наряду с высокой относительной численностью Gnaphosidae и низкой – Linyphiidae определяет структуру населения большинства исследованных местообитаний.

Степной участок и посеы кукурузы, исходя из значений индексов Шеннона и Пиелу, характеризуются наибольшим разнообразием и выравненностью относительной численности семейств пауков. В остальных агроценозах и, особенно, в лесополосе, одно–два семейства резко преобладают, составляя около 70,0–80,0% собранных экземпляров.

Таблица 2

**Относительная численность семейств пауков исследованных биотопов**

Семейство	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mimetidae	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dysderidae	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0
Theridiidae	0,4	0,8	0,4	7,5	2,6	11,0	9,2	4,3	1,3
Linyphiidae	1,7	1,3	0,0	8,0	3,4	<b>13,7</b>	4,6	9,8	<b>22,9</b>
Tetragnathidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,7
Lycosidae	<b>84,6</b>	<b>45,4</b>	<b>28,5</b>	<b>47,9</b>	55,0	11,5	<b>56,3</b>	<b>28,3</b>	<b>46,0</b>
Agelenidae	0,6	0,0	0,4	0,5	1,3	0,0	2,3	11,7	0,0
Dictynidae	0,0	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Titanoecidae	1,9	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	2,4	0,0
Liocranidae	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Corinnidae	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clubionidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,3
Zodariidae	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gnaphosidae	3,0	<b>32,1</b>	<b>27,3</b>	<b>28,2</b>	<b>26,2</b>	<b>55,8</b>	<b>13,8</b>	<b>30,0</b>	14,8
Philodromidae	0,0	7,3	6,4	0,5	2,6	0,0	0,0	1,2	0,0
Thomisidae	<b>4,7</b>	9,8	12,7	4,0	4,7	2,0	9,2	2,4	14,0
Salticidae	0,6	1,7	16,5	3,0	3,4	6,1	0,0	8,0	0,0
Индекс Шеннона	0,72	1,39	1,71	1,42	1,34	1,34	1,44	1,84	1,36
Индекс Пиелу	0,26	0,49	0,60	0,50	0,47	0,47	0,51	0,65	0,48

Примечание. Обозначения биотопов как в табл. 1, доминирующие «пары» выделены **полужирным**.

В исследованных биотопах не отмечено ни одного общего вида-эудоминанта. *Pardosa agrestis* выступает эудоминантом в подавляющем большинстве агроценозов (табл. 3). Это резко отличает наименее трансформированные ценозы (лесополосу и степную целину), где этот вид не отмечен или крайне малочислен, от сельскохозяйственных полей и залежи. *P. agrestis* приводился в качестве доминанта для различных зерновых культур в Европе, например [28, 31].

## Эудоминирующие виды исследованных биотопов

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Harpactea rubicunda</i>	<b>Eu</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	R	0,0
<i>Oedothorax apicatus</i>	0,0	0,0	0,0	R	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>Eu</b>
<i>Pardosa agrestis</i>	0,0	<b>Eu</b>	R	<b>Eu</b>	<b>Eu</b>	Sd	<b>Eu</b>	<b>Eu</b>	<b>Eu</b>
<i>Pardosa lugubris</i>	<b>Eu</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Xerolycosa miniata</i>	0,0	<b>Eu</b>	SR	D	<b>Eu</b>	D	<b>Eu</b>	D	D
<i>Tegenaria agrestis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	SD	<b>Eu</b>	0,0
<i>Titanoeca schineri</i>	<b>Eu</b>	0,0	SR	0,0	0,0	0,0	0,0	R	0,0
<i>Berlandina cinerea</i>	0,0	0,0	<b>Eu</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gnaphosa dolosa</i>	0,0	0,0	0,0	SD	SR	<b>Eu</b>	0,0	SR	SD
<i>Gnaphosa licenti</i>	0,0	SR	SR	0,0	<b>Eu</b>	SD	0,0	SD	0,0
<i>Zelotes mundus</i>	0,0	0,0	0,0	<b>Eu</b>	0,0	D	0,0	R	<b>Eu</b>
<i>Ozyptila praticola</i>	<b>Eu</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ozyptila trux</i>	0,0	0,0	0,0	SD	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>Eu</b>
<i>Xysticus marmoratus</i>	0,0	0,0	<b>Eu</b>	0,0	R	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Aelurillus v-insignitus</i>	0,0	SR	<b>Eu</b>	SR	SR	SR	0,0	D	0,0
Доля эудоминантов и доминантов	75,7	64,7	65,4	74,4	59,5	74,1	72,6	57,8	81,8
Доля редких видов	11,7	17,4	29,4	9,5	24,0	6,6	0,0	15,2	8,4

Примечание. Обозначения биотопов как в табл. 1, обозначения рангов доминирования – см. раздел «Материал и методика исследования»

Кроме доминирования *P. agrestis*, высокая относительная численность еще одного вида пауков-волков – *X. miniata* – отличает агроценозы от целинной степи и лесополосы. Для исследованных полей характерно также доминирование *Oedothorax apicatus*, *Tegenaria agrestis*, *Gnaphosa dolosa*, *G. licenti*, *Zelotes mundus*, *Ozyptila trux* (достигают статуса эудоминанта только в одном–двух агроценозах). Причем в естественных и слабо трансформированных местообитаниях региона эти виды практически никогда не входят в доминирующую группу. Необходимо отметить, что *O. apicatus* и *Z. mundus* регистрировались как доминанты на полях озимой пшеницы в Венгрии [31] и на Северо-Западе России [2]. *O. apicatus* и *P. agrestis* считаются типичными «агробонтами», предпочитающими сельскохозяйственные поля и значительно реже встречающимися в соседних травянистых местообитаниях [25]. К их числу мы можем добавить *Z. mundus*. По-видимому, временный характер растительности агроценозов, ежегодно полностью обновляемой и заселяемой пауками заново, приводит к подъемам численности как «случайных» видов, так и видов-агробонтов.

Несмотря на то, что залежный участок заброшен уже свыше 10 лет, структура доминирования аранеокомплекса более сходна с таковой на полях, чем в степи.

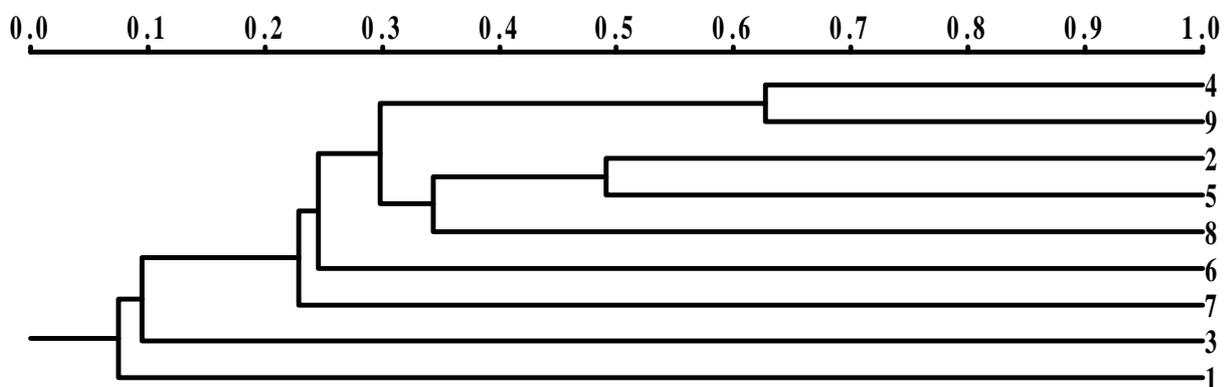
Ранее было показано, что для пахотных земель умеренной зоны Европы характерно доминирование видов из семейств Linyphiidae (пионерные виды – *O. apicatus*, *Erigone atra*, *E. dentipalpis*, обычные для вновь образующихся и нестабильных биотопов) и Lycosidae (*P. agrestis* и другие виды, типичные для открытых пространств) [25, 29]. Состав доминирующей группы в исследованных нами агроценозах отличается наличием значительного числа видов из семейства Gnaphosidae. Это выглядит закономерным, если учесть, что доля гнафозид в составе аранеофауны даже в пределах Левобережной Украины возрастает от лесной зоны (7,1% видового состава) до Степи (13,5-13,7% в различных подзонах) [30].

Эудоминантами, характерными для лесополосы, являются *Harpactea rubicunda*, *P. lugubris*, *Titanoeca schineri*, *O. praticola*. Все они либо не встречаются в исследованных нами открытых местообитаниях, либо имеют там очень низкую численность. К специфическим «степным» эудоминантам в рассматриваемом случае относятся *B. cinerea*, *Xysticus marmoratus*, *Aelurillus v-insignitus*.

Максимальная доля редких видов (реценентов и субреценентов) характерна для структуры доминирования населения пауков степной целины (29,4%) (см. табл. 3). На поле подсолнечника эта группа полностью отсутствует в связи с крайним обеднением видового состава. Суммарная относительная численность реценентов и субреценентов в отдельных агроценозах (поле ячменя, кукурузы) может достигать довольно высоких значений, сравнимых с этим показателем для степной целины. Доля эудоминантов и доминантов в отдельных биотопах колеблется от 57,8% на поле кукурузы до 81,8% в эспарцете.

Таким образом, структура доминирования целинного степного участка и лесополосы высоко специфичны и отличаются как друг от друга (что обусловлено резкими отличиями растительных и микроклиматических условий), так и от структуры доминирования агроценозов. Состав доминирующей группы аранеокомплексов сельскохозяйственных полей в целом не характерен для естественных и слабо трансформированных местообитаний региона и включает как типичных «агробиионтов», так и «случайные» виды, достигающие высокой численности только в одном из ряда исследованных местообитаний.

Анализ дендрограммы сходства аранеокомплексов подтверждает высокое своеобразие лесополосы и степной целины по видовому составу и численности отдельных видов пауков (рис. 2). Сходство аранеокомплексов агроценозов в первую очередь определяет территориальная близость (точки 4 и 9, 2, 5 и 8). Общность возделываемой культуры (точки 6 и 7 – поля с подсолнечником) на сходство аранеокомплексов влияет незначительно (коэффициент Чекановского-Серенсена – 0,23). Аранеокомплекс залежи остается более сходным с аранеокомплексами сельскохозяйственных полей и существенно отличается от участка целинной степи.



**Рис. 2.** Дендрограмма сходства аранеокомплексов исследованных биотопов (обозначения как в табл. 1, мера сходства – «количественный» коэффициент Чекановского-Серенсена).

### Выводы

1. В составе аранеофауны исследованных агроценозов и граничащих с ними участков целинной степи, залежи и лесополосы зарегистрировано 95 видов пауков из 17 семейств. Наибольшим числом видов характеризуются семейства Gnaphosidae (29 видов), Lycosidae (13 видов), Linyphiidae (12 видов), Thomisidae (11 видов) и Salticidae (9 видов).

2. Наибольшее число видов отмечено на участке степной целины (40 видов), в посевах ячменя (38 видов) и на залежи (34 вида). Минимальное видовое богатство характерно для полей подсолнечника (от 13 до 19 видов), лесополосы (19 видов) и эспарцета (20 видов).

3. По сравнению с целинным участком в агроценозах происходит снижение видового богатства пауков. Восстановление исходных степных аранеокомплексов не происходит даже

спустя 10 лет после распашки. На полях с пропашными культурами обеднение фауны выражено более резко, чем в посевах многолетних трав или непропашных культур. Кроме сокращения числа видов из состава аранеофауны сельскохозяйственных полей выпадают специфические виды, отмеченные в целинной степи.

4. Максимальная динамическая плотность пауков зарегистрирована в лесополосе, на поле эспарцета и на участке степной целины, минимальная – в посевах подсолнечника. Разница между максимальным и минимальным значением динамической плотности более чем десятикратная. Непропашные культуры характеризуются довольно высокой динамической плотностью, сравнимой с показателями эталонного степного биотопа. Поля пропашных культур, напротив, характеризуются снижением динамической плотности.

5. Семейства *Lycosidae* и *Gnaphosidae* отличаются высокой относительной численностью как в агроценозах, так и в местообитаниях, подвергающихся минимальному антропогенному воздействию (степная целина, лесополоса). *Dysderidae* и *Titanoecidae* характерны в основном для древесного ценоза, *Zodariidae* и *Salticidae* – для степи.

6. Структуры доминирования пауков целинного степного участка и лесополосы высоко специфичны и отличаются как друг от друга, так и от структуры доминирования сельскохозяйственных полей.

7. Состав доминирующей группы аранеокомплексов агроценозов в целом не характерен для естественных и слабо трансформированных местообитаний региона. *Pardosa agrestis* выступает эудоминантом в подавляющем большинстве сельскохозяйственных полей.

8. Максимальная доля редких видов характерна для структуры доминирования населения пауков степной целины. В структуре доминирования отдельных агроценозов (полей ячменя, кукурузы) относительная численность рецедентов и субрецедентов может достигать высоких значений, сравнимых с этим показателем для степного участка, однако эта группа может характеризоваться низкой суммарной относительной численностью или отсутствовать в связи с обеднением видового состава (поле подсолнечника). Доля эудоминантов и доминантов в отдельных биотопах колеблется от 57,8 до 81,8%.

9. Аранеокомплексы лесополосы и степной целины характеризуются высоким своеобразием. На сходство аранеокомплексов сельскохозяйственных полей определяющее влияние имеет территориальная близость биотопов.

### Список литературы

1. Гусева О. Г. Видовой состав пауков (Arachnida, Aranei) и их распределение по полям полевого севооборота Меньковского стационара в Ленинградской области / О. Г. Гусева, А. Г. Коваль // Меньковский агроэкол. стационар (Меньковская опыт. ст. АФИ, Ленингр. обл.). СПб.: Всерос. НИИ защиты растений; Агрофизический НИИ, 2006. – С. 38–41.

2. Гусева О. Г. Особенности распределения напочвенных пауков (Arachnida, Aranei) в агросистемах Северо-Запада России / О. Г. Гусева, А. Г. Коваль // Фитосанитарная безопасность агроэкосистем: матер. междунар. науч. конф. (г. Новосибирск, 7–9 июля 2010 г.). – Новосибирск, 2010. – С. 68–71.

3. Кириленко В. А. Исследование видового состава и динамики численности хищных членистоногих агробиоценозов (преимущественно муравьев и пауков): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / В. А. Кириленко. – Харьков: Харьковск. гос. ун-т, 1974. – 26 с.

4. Кириленко В. А. Энтомологическая оценка ползащитных лесных полос различных конструкций / В. А. Кириленко // Тез. докл. II съезда УЭО. – Ужгород, 1980. – С. 102–103.

5. Кириленко В. А. К исследованию фауны Aranei в восточной лесостепи Украины / В. А. Кириленко, М. В. Леготай // Фауна и экол. насекомых. – Пермь: Пермский ун-т, 1981. – С. 45–54.

6. Кириленко В. А. Сравнение фауны пауков искусственных и естественных биоценозов / В. А. Кириленко // Фауна и экол. паукообразных. – Пермь: Пермский ун-т, 1984. – С. 138–141.

7. Ключковський Ю. Е. Роль ентомофагів і патогенів в обмеженні чисельності карантинних шкідників плодового саду / Ю. Е. Ключковський // Загальна і прикладна ентомологія в Україні: тез. доп. наук. ентомол. конф., присв. пам'яті члена-корр. НАН України, д.б.н., проф. В. Г. Доліна (м. Львів, 15–19 серпня 2005 р.). – Львів, 2005. – С. 107–108.
8. Краснопольская Л. Ф. Видовой состав насекомых и других членистоногих на посевах семенной люцерны в хозяйствах Харьковской области / Л. Ф. Краснопольская, В. А. Кириленко // Зап. Харьковского с.-х. ин-та. – 1974. – Т. 202. – С. 11–15.
9. Леготай М. В. Пауки в культурных биоценозах Закарпатья / М. В. Леготай // Экол. насекомых и др. наземных беспозвоночных Сов. Карпат: матер. межвузовск. конф. – Ужгород: Ужгородский ун-т, Закарпатский филиал ВЭО, 1964. – С. 52–54.
10. Леготай М. В. О пауках в садах Закарпатья / М. В. Леготай // Биол. методы защ. плодовых и овощных культур от вредителей, болезней и сорняков как основы интегрированных систем: тез. докл. конф. – Кишинев: ВАСХНИЛ, ВНИИБМЗР, 1971. – С. 55–56.
11. Леготай М. В. Формування комплексу павуків в агробіоценозах / М. В. Леготай // Тез. доп. I конф. молодих вчених західних обл. УРСР. – Львів, 1972. – С. 122–133.
12. Леготай М. В. Пауки Украинских Карпат: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / М. В. Леготай. – Х.: Харьковский ун-т, 1973. – 21 с.
13. Леготай М. В. Пауки и их место в агроценозах Закарпатья / М. В. Леготай // Исследования по энтомологии и акарологии на Украине: тез. докл. II съезда Укр. энтомол. общ-ва. – К.: Укр. энтомол. общ-во АН СССР, 1980 а. – С. 110–111.
14. Леготай М. В. Пауки (Aranei) на пшеничных полях Закарпатья / М. В. Леготай // Энтомофаги вредителей растений. – Кишинев: Штиинца, 1980 б. – С. 28–33.
15. Леготай М. В. Комплекс пауков на виноградниках Закарпатья / М. В. Леготай // Тез. докл. IX съезда Всес. энтомол. общ-ва. – К.: Наук. думка, 1984 а. – Ч. 2. – С. 12–13.
16. Леготай М. В. Пауки на капустных полях Закарпатья / М. В. Леготай // Энтомофаги вредителей растений. – Кишинев: Штиинца. 1984 б. – Ч. 2. – С. 13–15.
17. Леготай М. В. Пауки в садах / М. В. Леготай, Н. П. Секерская // Защита растений. – 1982. – Вып. 7. – С. 48–51.
18. Миноранский В. А. К фауне пауков агроценозов Нижнего Дона / В. А. Миноранский // Фауна и экол. пауков. – Пермь: Пермский ун-т, 1994. – С. 48–56.
19. Писаренко В. Н. Пауки-афидофаги / В. Н. Писаренко, А. М. Сумароков // Защита растений. – 1983. – Вып. 11. – С. 25–26.
20. Полчанинова Н. Ю. Аранеофауна агроценозов юго-восточной Украины и ее практическое значение / Н. Ю. Полчанинова // Зап. Харьковск. с.-х. ин-та «Рациональные приемы защиты с.-х. культур от вредителей и болезней». – 1984. – Т. 304. – С. 89–91.
21. Полчанинова Н. Ю. К изучению питания паука *Agelena labyrinthica* (Cl.) (Agelenidae) в агроценозах / Н. Ю. Полчанинова // Фауна и экология пауков, скорпионов и ложноскорпионов СССР. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1992. – Т. 226. – С. 133–135.
22. Прокопенко Е. В. Пауки (Aranei) естественных и трансформированных территорий юго-востока Украины (фауна и экология): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / Е. В. Прокопенко. – К., 2001. – 20 с.
23. Севастьянов В. Д. Закономерности распределения паукообразных в почвах различных агроценозов / В. Д. Севастьянов, Т. Ф. Крутоголова, О. К. Фурман и др. // Проблемы почвенной зоологии: тез. докл. VIII Всес. совещ. – Ашхабад: Ин-т зоол. АН ТуркмССР, 1984. – Ч. 2. – С. 87–88.
24. Сейфулина Р. Р. Аранеокомплекс агроэкосистем и его пространственно-временная организация (на примере Московской области и Краснодарского края): дис. ... канд. биол. наук / Р. Р. Сейфулина. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2002. – 219 с.
25. Сейфулина Р. Р. Пауки (Arachnida, Aranei) в агроценозах: обзор / Р. Р. Сейфулина. – М.: КМК, 2003. – 52 с.

26. Толстова Ю. С. Действие химических средств защиты растений на фауну членистоногих плодового сада. I. Долговременное воздействие пестицидов на агроценоз / Ю. С. Толстова, Н. М. Атанов // *Энтомол. обозр.* – 1982. – Т. 61, вып. 3. – С. 441–453.

27. Engelmann H. D. Zur Dominanz klassifizierung von Bodenartropoden / H. D. Engelmann // *Pedobiologia.* – 1978. – 18. – Hf. 5/6. – S. 378–380.

28. Marc P. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication / P. Marc, A. Canard, F. Ysnel // *Ecosystems and Environment.* – 1999. – 74. – P. 229–273.

29. Nyffeler M. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies / M. Nyffeler, K. D. Sunderland // *Agriculture, Ecosystems and Environment.* – 2003. – 95. – P. 579–612.

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

31. Tóth F. Comparative analyses of epigeic spider assemblages in northern Hungarian winter wheat fields and their adjacent margins / F. Tóth, J. Kiss // *The Journal of Arachnology.* – 1999. – 27. – P. 241–248.

Поступила в редакцию 23.05.2013

Принята в печать 15.07.2013

**Prokopenko E. V., Savchenko K. Yu.**

**SPIDERS (ARANEI) OF DONETSK REGION AGROCOENOSES**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: helen\_procop@mail.ru*

Pitfall trapping was carried out in cereal crops and adjacent biotopes in Donetsk-Makievka city agglomeration during the growing seasons of two consecutive years, 2007–2008. More than 2000 mature spiders were captured during the study period. The 8820 trap-days were worked out generally. Mature spiders were identified at the species level. Juveniles were mainly identified at the genus or family level. To describe species diversity, the Shannon and Pielou indexes were chosen as most commonly used. The Tishler scale was used for analyze dominance structure.

A total of 17 families of 95 spider species were identified: 40 species from the virgin steppe, 38 species from the barley field, 34 species from the abandoned field, 31 species from the maize field, 30 species from the winter wheat, 20 species from the esparcet field, and 19 species from the forest band. Relatively few species were recorded at sunflower fields: 13 and 19 species in two locations (Peski and Nyzhnya Krinka respectively). Families Gnaphosidae, Lycosidae, Linyphiidae, Thomisidae, and Salticidae included the maximal number of species. *Zodarion thoni*, *Alopecosa schmidtii*, *Berlandina cinerea*, *Gnaphosa steppica*, *Zelotes caucasicus*, *Phlegra fasciata* were founded only in steppe. *Pardosa lugubris*, *Zelotes kukushkini*, *Ozyptila praticola*, *Xysticus luctator* were founded only in forest band.

The species number and spider richness decreased at agriculture field compared with steppe. It is established that forest band, steppe and esparcet field had significantly higher activity-densities compared to all biotopes. The sunflower fields were characterized by lowest spider activity-densities.

The dominant species of all cereal crops was the wolf spider *Pardosa agrestis*. *Berlandina cinerea*, *Xysticus marmoratus*, and *Aelurillus v-insignitus* dominated in steppe, *Harpactea rubicunda*, *Pardosa lugubris*, *Titanoeca schineri*, and *Ozyptila praticola* dominated in the forest band.

The araneocomplexes of steppe and forest band were characterized by original species composition and species richness and significantly differed from agricultural field's araneocomplexes.

*Key words:* spiders, Aranei, fauna, agrocoenosis.

**References**

1. Guseva, O.G. & Koval, A.G. (2006). Specific structure of spiders (Arachnida, Aranei) and their distribution on fields of a field crop rotation of the Menkovsky stationary plot in Leningrad region. Menkovsky agroecological stationary plot (Menkovskaya experience station AFI, Leningr. Region), SPb.: all-Russian Scientific research institute of protection of plants; Agrophysical scientific research institute, 38–41.

2. Guseva, O.G., & Koval, A.G. (2010). Features of distribution of the surface-dwelling spiders (Arachnida, Aranei) in agrosystems of the Northwest of the Russia. Phytosanitary safety of agroecosystems: materials of international scientific conference (Novosibirsk, on July 7–9, 2010), Novosibirsk, 68–71.

3. Kirilenko, V.A. (1974). Research of specific structure and number dynamics of predatory arthropods of agrobiocenoses (mainly ants and spiders). Dissertation Cand. Biol. Sci. abstract, Kharkov: Kharkov State University, 26 p.

4. Kirilenko, V.A. (1980). Entomological assessment of windbreak forest fields of various designs. Abstracts at the II congress of UES, Uzhgorod, 102–103.

5. Kirilenko, V.A., & Legotay, M.V. (1981). To the study of the Aranei fauna in the eastern forest-steppe of Ukraine. Fauna and ecology of insects, Perm: Perm University, 45-54.
6. Kirilenko, V.A. (1984). Comparison of spiders fauna of artificial and natural biocenoses. Fauna and ecology of the arachnoid, Perm: Perm University, 138-141.
7. Klechkovsky, Yu.E. (2005). Role of entomophages and pathogens in limiting the number of quarantine pests in fruit garden. General and applied entomology in Ukraine: abstracts of additional scient. entomol. conf. dedicated to the memory of corresponding member of NASU, Ph.D., prof. V.G. Dolin (Lviv, 15-19 August 2005), Lviv, 107-108.
8. Krasnopolskaya, L.F., & Kirilenko, V.A. (1974). Specific structure of insects and other arthropods on crops of a seed lucerne in farms of the Kharkov area. Notes of Kharkov Agricultural Institute, 202, 11-15.
9. Legotay, M.V. (1964). Spiders in cultural biocenoses of Zakarpatye. Ekology of insects, etc. land invertebrate of the Sov. Carpathians: materials of intercollegiate conference, Uzhgorod: Uzhgorod University, Zakarpatsk. branch of UES, 52-54.
10. Legotay, M.V. (1971). About spiders in gardens of Zakarpatye. Biology methods of protection fruit and vegetable crops from wreckers, diseases and weeds as bases of the integrated systems: abstracts of conference, Kishinev: VASHNIL, VNIIBMZR, 55-56.
11. Legotay, M.V. (1972). Formation of a complex of spiders in agroecosystems. Abstracts of the First Conference of Young Scientists of the western regions of USRS, Lviv, 122-133.
12. Legotay, M.V. (1973). Spiders of Ukrainian Carpathians. Dissertation Cand. Biol. Sci. abstract, Kharkov: Kharkov University, 21 p.
13. Legotay, M.V. (1980a). Spiders and their place in the agrocoenoses of Zakarpatye. Research in entomology and acarology in Ukraine: abstracts of the IICongresses of Ukr. entomol. society, Kyiv, 110-111.
14. Legotay, M.V. (1980b). Spiders (Aranei) on wheat fields of Zakarpatye. Entomophages of wreckers of plants, Kishinev: Shtiintsa, 28-33.
15. Legotay, M.V. (1984a). Complex of spiders on vineyards of Zakarpatye. Abstracts of IX Congress all-Union Entomological Society, Kyiv, 2, 12-13.
16. Legotay, M.V. (1984b). Spiders on cabbage fields of Zakarpatye. Entomophages of wreckers of plants, Kishinev: Shtiintsa, 2, 13-15.
17. Legotay, M.V., & Sekerskaya, N.P. (1982). Spiders in gardens. Protection of plants, 7, 48-51.
18. Minoransky, V.A. (1994). To the fauna of spiders of agrocoenoses of Nizhniy Don. Fauna and ecol. of spiders, Perm: Perm University, 48-56.
19. Pisarenko, V.N., & Sumarokov, A.M. (1983). Aphidophagous spiders. Protection of plants, 11, 25-26.
20. Polchaninova, N.Yu. (1984). The araneofauna of agrocoenoses of the southeast Ukraine and its practical value. Rational methods of protecting crops from pests and diseases: Notes of Kharkov Agricultural Institute, 304, 89-91.
21. Polchaninova, N.Yu. (1992). On studying of food of a spider *Agelena labyrinthica* (Cl.) (Agelenidae) in the agrocoenoses. Fauna and ecol. of spiders, scorpions and pseudoscorpions of USSR: Proceedings of the Zoological Institute of the USSR, 226, 133-135.
22. Prokopenko, E.V. (2001). Spiders (Aranei) of the natural and transformed territories of the southeast of Ukraine (fauna and ecology). Dissertation Cand. Biol. Sci. abstract, Kyiv, 20 p.
23. Sevastyanov, V.D., Krutogolova, T.F., Fuhrman, O.K., Mikityuk, V.F., & Uzhevskaya, S.F. (1984). Regularities of arachnoid distribution in soils of various agrocoenoses. Problems of soil zoology: abstracts of VIII all-Union conference, Ashkhabad, 2, 87-88.
24. Seyfulina, R.R. (2002). Araneokompleks of agroecosystems and its existential organization (on the example of the Moscow region and Krasnodar Krai). Dissertation Cand. Biol. Sci., Moscow, 219 p.
25. Seyfulina, R.R. (2003). Spiders (Arachnida, Aranei) in the agrocoenoses: review. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 52 p.
26. Tolstova, Yu.S., & Atanov N.M. (1982). Action of chemical means of protection of plants on fauna of arthropods of an orchard. I. Long-term influence of pesticides on agrocoenoses. Entomol. review, 61, 3, 441-453.
27. Engelmann, H.-D. (1978). Zur Dominanz klassifizierung von Bodenartropoden. Pedobiologia, 18, 5/6, 378-380.
28. Marc, P., Canard, A., & Ysnel, F. (1999). Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. Ecosystems and Environment, 74, 229-273.
29. Nyffeler, M., & Sunderland, K.D. (2003). Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies. Agriculture, Ecosystems and Environment, 95, 579-612.
30. Polchaninova, N.Yu., & Prokopenko, E.V. (2013). Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine. Arthropoda Selecta, Supplement 2, Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 268.
31. Tóth, F., & Kiss, J. (1999). Comparative analyses of epigeic spider assemblages in northern Hungarian winter wheat fields and their adjacent margins. Journal of Arachnology, 27, 241-248.

УДК 595.771

© М. В. Рева<sup>1</sup>, З. В. Усова, Р. Д. Семушин<sup>2</sup>

**ФАУНА И БИОЛОГИЯ ИМАГО МОШЕК (DIPTERA, SIMULIIDAE)  
РОДА *ODAGMIA* ENDERLEIN, 1921 ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ**

<sup>1</sup>Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail:eco99@i.ua

<sup>2</sup>Макеевская городская СЭС; 86106, г. Макеевка, ул. Транспортная, 1

**Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д. Фауна и биология имаго мошек (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* Enderlein, 1921 юго-востока Украины.** – Приведено описание имаго видов рода *Odagmia* End. на юго-востоке Украины и даны обобщенные сведения по их биологии.

*Ключевые слова:* Diptera, Simuliidae, *Odagmia*, юго-восток Украины, систематика, биология.

**Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д. Фауна та біологія імаго мошок (Diptera, Simuliidae) роду *Odagmia* Enderlein, 1921 південного сходу України.** – Наведено опис імаго видів роду *Odagmia* End. на південному сході України та надано узагальнені відомості з їх біології.

*Ключові слова:* Diptera, Simuliidae, *Odagmia*, південний схід України, систематика, біологія.

### Введение

Мошки (семейство Simuliidae) – важнейшая составная часть гнуса. Самки *O. ornata* (Mg.) зарегистрированы как одни из наиболее злостных кровососов [2, 3]. Кроме того, самки *O. ornata* (Mg.) и *O. caucasica* (Rubz.) являются специфическими переносчиками возбудителей онхоцеркоза крупного рогатого скота и гемоспоридиоза птиц [3]. Все кровососущие мошки также могут быть неспецифическими переносчиками возбудителей туляремии, чумы, сибирской язвы и других заболеваний. Данная статья является продолжением статьи [1] и включает морфологические описания и данные по биологии взрослых мошек того же рода.

### Материал и методы исследования

Материалом для написания работы послужили сборы мошек рода *Odagmia* End. в разных природных зонах юго-востока Украины за период с 1965 г. по настоящее время.

Сбор мошек, камеральную обработку материала, изучение биологии видов проводили по общепринятым методикам И. А. Рубцова [2], З. В. Усовой [3] с некоторыми изменениями. Систематика рода *Odagmia* End. дана по А. В. Янковскому [4].

### Результаты исследования

В настоящее время на территории юго-востока Украины обнаружено 8 видов мошек рода *Odagmia* Enderlein, 1921: *O. ornata* (Meigen, 1818), *O. pratora* (Friederichs, 1921), *O. rotundata* Rubzov, 1956, *O. caucasica* (Rubzov, 1940), *O. baracornis* (Smart, 1944), *O. deserticola* (Rubzov, 1940), *O. intermedia* (Rubzov, 1956), *O. frigida* (Rubzov, 1940).

Ниже приводим описания рода *Odagmia* Enderlein, 1921 и его отдельных видов.

#### Род *Odagmia* Enderlein, 1921

Enderlein, 1921: 199; Deutsche Tierarztl. Wochenschr., 29: 199; Baranov, 1926: 164 (*Pseudodagmia*); Enderlein, 1930: 97; Рубцов, 1940: 368 [*Simulium* (*Odagmia*)]; Рубцов, 1951: 792 [*Simulium* (*Odagmia*)]; Рубцов, 1956: 632; 1962: 451; Stone, 1988: 163; *Discosphyria* Enderlein, 1922: 72 (типовой вид *Discosphyria odagmiina* Enderlein, 1922, Германия, по первоначальному обозначению), Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 116; Янковский, 2002: 449; Сухомлин, Зінченко, 2007: 122.

Типовой вид *Simulia ornata* Meigen, 1818, по первоначальному обозначению.

**Имаго:** жилка R1 в базальной части голая; среднеспинка с отчетливой серебристой каймой; мембрана между боковыми склеритами голая или в волосках; ноги обычно со светлыми участками, 1-й членик передних лапок уплощен и расширен.

**Самка:** лоб широкий, его длина лишь немного превышает наименьшую ширину; коготки с небольшим, но отчетливым зубчиком у основания; генитальные пластинки

языковидно вытянуты, их внутренние края S-образно изогнуты; ветви вилочки узкие, с крупными склеротизированными выростами на лопастях.

Самец: гоностили длинные, слегка расширены у основания; с плоским килевидным бугорком на внутренней стороне; гоностерн умеренно сжат с боков, с длинным широким носком и крупной пяткой; гонофурка широкая, ее дистальная часть закруглена, проксимальная часть сужена; параметры с многочисленными шипами; X-й стернит брюшка не развит.

Биология. Самки ряда видов – одни из наиболее массовых и злостных кровососов человека и животных. Виды активно заселяют биотопы антропогенного характера, что усиливает их практическое значение.

Дифференциальные отличия. Род *Odagmia* близок к родам *Tetisimulium* и *Gnus*. Отличается от них в фазе личинки менее глубоким вырезом головной капсулы и присутствием двух дополнительных насечек на базальном членике антенн.

Распространение. Палеарктика.

### Определительные таблицы видов рода *Odagmia* End.

#### Самки

1 (8). Голени задних ног затемнены не более чем на  $\frac{1}{2}$  от вершины.

2 (5). Задние голени затемнены почти наполовину от вершины.

3(4). Задние голени имеют темное пятно близ основания. Лоб голый в срединной части.

Кальципала занимает половину ширины членика на дистальном конце. Внутренние дистальные края генитальной пластинки расположены далеко друг от друга ..... *O. pratora* (Fried.) (рис. 2).

4 (3). Задние голени не имеют темного пятна близ основания. Лоб полностью опушен редкими волосками. Кальципала занимает  $\frac{1}{3}$  ширины членика на дистальном конце. Внутренние края генитальных пластинок сближены ..... *O. caucasica* (Rubz.) (рис. 4.).

5 (2). Задние голени затемнены не более, чем на  $\frac{1}{4}$  от вершины.

6 (7). Самка крупная (3,0–3,5 мм). Лоб высокий (0,2 мм), широкий (наименьшая ширина – 0,17 мм, наибольшая – 0,22 мм). Кальципала крупная, занимает половину ширины членика на дистальном конце. Вилочка толстая, длинная, ее ветви с прямоугольными «плечами» и острыми крупными склеротизированными буграми на лопастях. Дистальные концы генитальных пластинок сближены, полость между пластинками колбовидной формы ..... *O. deserticola* (Rubz.) (рис. 7).

7 (6). Самка более мелкая (2,8–3,0 мм). Лоб почти прямоугольный (наименьшая ширина – 0,13 мм, наибольшая – 0,15 мм). Кальципала более мелкая, занимает менее половины ширины членика на дистальном конце. Вилочка длинная и тонкая, ее ветви с пологими «плечами», лопасти с округлыми боковыми склеротизированными буграми. Дистальные концы генитальных пластинок широко расставлены, полость между генитальными пластинками шлемовидной формы ..... *O. intermedia* (Roub.) (рис. 9).

8 (1) Голени задних ног затемнены более, чем наполовину от вершины.

9 (12). Голени средних и задних ног или только задних ног имеют темное пятно близ основания.

10 (11). Голени средних и задних ног имеют темное пятно близ основания. Лоб высокий (0,18 мм) и широкий (наибольшая ширина – 0,18 мм, наименьшая – 0,12 мм), равномерно опушен волосками. Лицо голое в верхней части. Кальципала крупная, занимает более половины ширины членика на дистальном конце. Вилочка с толстым стебельком и широкими лопастями, хитинизированные утолщения на них лентовидные. Внутренние края вилочки образуют остроугольную арку ..... *O. baracornis* (Smart) (рис. 6).

11 (10). Голени только задних ног имеют темное пятно близ основания. Лоб короткий (длина – 0,16 мм, наименьшая ширина – 0,15 мм, наибольшая – 0,19 мм), неравномерно опушен волосками. Лицо голое в центральной части. Кальципала низкая и занимает менее половины ширины членика на дистальном конце. Вилочка длинная, тонкая, с короткими

узкими лопастями и крупными шиповидными склеротизированными буграми. Внутренние края вилочки образуют короткую пологую арку ..... *O. ornata* (Mg.) (рис. 1).

12 (9). Голени средних и задних ног не имеют темного пятна близ основания

13 (14). Лицо трапециевидное, равномерно опушено. Лаутерборнов орган округло-вытянутый. Глоточный склерит с узкими выростами по бокам переднего края. Анальные пластинки не имеют выреза по верхнему краю ..... *O. rotundata* (Rubz.) (рис. 3).

14 (13). Лицо округлой формы, голое в верхней и центральной части. Лаутерборнов орган овально-треугольной формы. Глоточный склерит с широкими выростами по бокам переднего края. Анальные пластинки имеют вырез по верхнему краю ..... *O. frigida* (Rubz.) (рис. 10).

#### Самцы

1 (14). Ноги охряно-коричневые.

2 (7). Ноги с крупным ярким серебристым пятном на голених передних ног. Голени задних ног с темным пятном у основания.

3 (6). Первый членик передней лапки ног значительно расширен к вершине. Гоностили со слабо выраженным бугорком у основания.

4 (5). Лицевой киль широкий низко-колбовидный. 4-й членик щупиков почти равен по длине 2-му и 3-му членикам вместе взятым. Гонококсит с тупым и коротким выростом по верхнему краю ..... *O. ornata* (Mg.) (рис. 1).

5 (4). Лицевой киль узкий высоко-колбовидный. 4-й членик щупиков превышает длину 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Гонококсит с длинным крючковидным выростом по верхнему краю ..... *O. frigida* (Rubz.) (рис. 10).

6 (3). 1-й членик передних лапок ног незначительно расширен к вершине. У основания гоностилей треугольной формы бугорок ..... *O. pratona* (Fried.) (рис. 2).

7 (2). Ноги с тусклым едва заметным серебристым пятном на голених передних ног. У основания голени задних ног отсутствует темное пятно.

8 (11). Голени задних ног темные на  $\frac{3}{4}$  их длины от вершины.

9 (10). 1-й членик задней лапки светлый на  $\frac{1}{2}$  его длины от основания. 4-й членик щупиков вдвое длиннее 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Гонофурка расширена в срединной части и резко сужена на переднем крае и слегка вогнута по середине заднего края. Гоностерн с длинным вытянутым носком ..... *O. caucasica* (Rubz.) (рис. 4).

10 (9). 1-й членик задней лапки светлый менее половины его длины от основания. 4-й членик щупиков чуть длиннее 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Гонофурка прямоугольная, вогнутость на заднем крае чуть заметна. Гоностерн с коротким и широким носком ..... *O. rotundata* (Rubz.) (рис. 3).

11 (8). Голени задних ног темные чуть более половины их длины от вершины.

12 (13). 4-й членик щупиков равен длине 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Лицевой киль широко-колбовидный, неравномерно опушен. Кальципала короткая, занимает  $\frac{1}{3}$  ширины членика на дистальном конце. Педисулькус глубокий, равен почти половине ширины членика. Гоностили с S-образной вогнутостью по внутреннему краю ..... *O. deserticola* (Rubz.) (рис. 8).

13 (12). 4-й членик щупиков в 1,5 раза длиннее 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Лицевой киль узко-колбовидный, не опушен в срединной части. Кальципала длинная и занимает почти половину ширины членика на дистальном конце. Педисулькус неглубокий. Гоностиль постепенно сужается по внутреннему краю к вершине ..... *O. intermedia* (Roub.) (рис. 9).

14 (1). Ноги черные (преобладают затемнения) с небольшими светлыми участками ..... *O. baracornis* (Smart.) (рис. 6).

#### ***O. ornata* (Mg.) (рис. 1).**

Meigen, 1818 Syst. Besch., 7: 290 (*Simulia*); Schiner, 1864 Fauna Austr., 11: 365 (*Simulium*); Lundstrom, 1911: 12-14 (*Melusinareptans*); Edwards, 1915: 28-29 (*Simulium*); Friederichs, 1919: 74-75 (*Simuliumreptans*); Edwards, 1921: 223-226 (*Simulium*); Friederichs, 1922: 38-40 (*Simulium*); Petersen, 1924 Bidr. Danske Simul.: 266-267 (*Simulium*);

Puri, 1925: 339-340 (*Simulium*); Рубцов, 1940: 380-387 [*Simulium (Odagnia)*]; Grenier, 1953: 115-117 (*Simulium*); Рубцов, 1956: 642 (*Odagnia ornate*); Усова, 1961: 150-155; Рубцов, Янковский, 1984: 127-128; 1988; Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 120-124; Янковский, 2002: 19, 85, 458, 465, 471, 480; Сухомлин, Зінченко, 2007: 124-128; Янковский, 2002.

Самка. Длина тела – 2,9–3,3 мм.

*Голова.* Лоб невысокий (0,16 мм), широкий (наименьшая ширина – 0,15 мм, наибольшая – 0,19 мм), опушен редкими волосками. Лицо почти круглое (ширина – 0,22 мм, длина – 0,24 мм), опушено только по бокам. Усик темно-коричневый (длина – 0,57 мм), 1-й и 2-й членики светло-коричневые, 3-й членик чуть длиннее 4-го. Щупик светло-коричневый, длинный (0,62 мм), 4-й членик (0,37 мм) в 1,5 раза длиннее 2-го и 3-го вместе взятых. Лаутерборнов орган маленький (длина – 0,04 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{1}{2}$  ширины членика. Чувствительные сосочки расположены группами. Мандибула неравномерно скошена, по внутреннему краю 32 зубца, по наружному – 9. Максилла несет по 14 зубцов с обеих сторон. Глоточный склерит прямоугольный (длина – 0,22 мм, ширина – 0,12 мм), с небольшими боковыми выростами (0,02 мм) и мелким выростом по середине верхнего края.

*Грудь.* Спинка сероватая с ярким серебристым подковообразным рисунком на плечевых полях.

*Ноги.* Желтовато-коричневые, с серебристым пятном на передних голених; бедра и голени затемнены на  $\frac{1}{4}$  вершины; у основания голени задних ног темное пятно. 1-й членик лапки передних ног темно-коричневый, значительно расширен к вершине; его длина (0,05 мм) в 1,5 раза короче голени. Кальципала невысокая (длина – 0,02 мм, ширина – 0,03 мм), занимает менее половины ширины членика на дистальном конце. Коготок с хорошо выраженным мелким зубчиком у основания.

*Брюшко.* Вилочка с высоким (0,24 мм) и тонким стебельком, ветви вилочки широко расставлены, образуют угол 120°, лопасти с крупным шипом. Базистернум прямоугольный, лентовидный, с выемкой по нижнему краю. Генитальные пластинки с вогнутым и более затемненным внутренним краем, опушены волосками. Анальные пластинки крупные, овально-треугольные (длина – 0,09 мм, ширина – 0,14 мм), с вытянутым наружным краем и небольшой выемкой на верхнем крае. Церки небольшие (длина – 0,06 мм, ширина – 0,09 мм), полуокруглые, по ширине равны  $\frac{2}{3}$  ширины анальных пластинок, опушены мелкими волосками по нижнему краю.

Самец. Длина тела – 3,4–3,6 мм.

*Голова.* Лицевой киль колбовидный, редко опушен волосками, более густо волоски расположены по бокам. Усики темно-коричневые, длинные (0,60 мм), 2-й членик (0,08 мм) по длине равен 3-му и в 1,5 раза больше длины 4-го членика. Щупик темно-коричневый, длинный (0,64 мм), длина 4-го членика (0,32 мм) немного больше 2-го и 3-го вместе взятых.

*Грудь.* Спинка бархатисто-черная с золотистыми волосками и ярко-серебристыми овальными пятнами.

*Ноги.* Желтовато-коричневые. Бедра на  $\frac{2}{3}$  желтоватые и на  $\frac{1}{3}$  темно-коричневые у вершины, голени с темно-коричневым пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{4}$  длины у вершины. 1-й членик лапки передней ноги чуть расширяется к вершине, темно-коричневый, его длина (0,60 мм) в 1,5 раза короче длины голени. Кальципала хорошо развита (длина – 0,02 мм, ширина – 0,04 мм), занимает чуть меньше половины ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, которая занимает  $\frac{1}{2}$  ширины членика.

*Брюшко.* Гоностерн сжат с боков, хорошо развитый носок (длина – 0,07 мм) опушен мелкими волосками, пятка с 6-ю зубцами; крючья длинные, почти равны длине тела гоностерна (0,08 мм). Гонококситы широкие (0,24 мм) и невысокие (0,15 мм), латеральный вырост маленький (0,01). Гоностили вытянутые (длина – 0,28 мм, ширина – 0,09 мм) с маленьким шипом на вершине; бугорок у основания гоностилей хорошо развит, продолговато-овальный, опушен мелкими волосками. Гонофурка коническая (длина – 0,15 мм, ширина – 0,05 мм), сужена на проксимальном и расширена и немного раздвоена на

дистальном концах. Парамеры состоят из 14–18 зубцов, расположенных в два ряда и крупного трапециевидного гоноплеврита (длина – 0,11 мм, ширина – 0,09 мм).

Систематические замечания. Наши формы, в основном, совпадают с описанием, приведенным И. А. Рубцовым [2] и отличаются строением анальной пластинки (она крупная и слабо рассечена) самок и степенью вооруженности брюшка куколки шипиками, которая начинается с VII-го сегмента.

Биология. Вид массовый, эврибионтный. В годы с ранней весной и жарким летом развивается 3 летних генерации, в годы с поздней весной – 2. В период смены генераций в водотоках часто одновременно встречаются яйца, личинки всех возрастов и куколки. Кровосос.

Места обнаружения: встречается повсеместно.

Общее распространение. Европа, Западная и Восточная Сибирь, Казахстан.

### *O. pratora* (Friederichs, 1922) (рис. 2).

Friederichs, 1922: 31 (*Simulium ornatum*); Рубцов, 1940: 387 [*Simulium (Odagnia) ornatum* var.]; 1956: 647-650; Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 124-129; Янковский, 2002: 19, 450, 459, 471, 479; Сухомлін, Зінченко, 2007: 129-133.

Самка. Длина тела – 3,3–3,5 мм.

Голова. Лоб невысокий (длина – 0,15 мм) и широкий (наименьшая ширина – 0,15 мм, наибольшая – 0,22 мм), опушен по бокам волосками. Лицо овальное (длина – 0,25 мм, ширина – 0,26 мм), вытянутое в верхней части, опушено волосками по бокам. Усики темно-коричневые, 1-й и 2-й членики охристые, 2-й почти равен 3-му. Щупик длинный (0,76 мм), 4-й членик (0,36 мм) длиннее 2-го и 3-го вместе взятых (0,32 мм). Лаутерборнов орган некрупный (длина – 0,05 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{3}{4}$  ширины членика, чувствительные бугорки располагаются редкими группами. Мандибула неравномерно скошена, несет 12 наружных и 29 внутренних зубцов. Максилла имеет 11 наружных и 15 внутренних зубцов. Глоточный склерит прямоугольный, крупный (длина – 0,25 мм, ширина – 0,14 мм), с небольшими широкими боковыми выростами (0,05 мм) и мелким выростом посередине верхнего края, на заднем крае два елочковидных затемнения.

Грудь. Спинка серая, серебристый подковообразный рисунок неявственный.

Ноги охристо-коричневые, с серебристым пятном на голених передних ног. Бедр задней пары ног коричневые на  $\frac{3}{4}$ , с более интенсивно окрашенными вершинами. Голени средней пары ног затемнены на  $\frac{1}{2}$ ; голени задних ног с темным пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{2}$  длины у вершины. 1-й членик передней лапки конусовидный, расширяющийся к вершине, его длина (0,57 мм) почти в 2 раза меньше длины голени. Кальципала некрупная, короткая (длина – 0,02 мм, ширина – 0,03 мм), занимает половину ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, доходящей до середины членика. Коготок с мелким зубчиком у основания.

Брюшко. Вилочка высокая, с длинным (0,20 мм), чуть расширенным у вершины стержнем; ветви вилочки с хорошо выраженными плечами, расходятся под углом  $110^\circ$ , лопасти с небольшими острыми буграми. Базистернум прямоугольной формы. Генитальные пластинки с вогнутым и затемненным внутренним краем, опушены волосками. Анальные пластинки крупные (длина – 0,10 мм, ширина – 0,20 мм), треугольно-овальные, с небольшим рассечением по верхнему краю и вытянутым наружным концом. Церки прямоугольно-овальные, их длина – 0,05 мм, ширина – 0,10 мм.

Самец. Длина тела – 2,8–3,3 мм.

Голова. Лицевой киль овально-вытянутый к вершине, голый в центре. Усики темно-коричневые (длина – 0,50 мм), 2-й и 3-й членики почти равны. Щупики светло-коричневые, длинные. 4-й членик (0,29 мм) чуть длиннее 2-го и 3-го вместе взятых (0,26 мм).

Грудь. Спинка бархатисто-черная с золотистыми волосками и неявственными серебристыми пятнами.

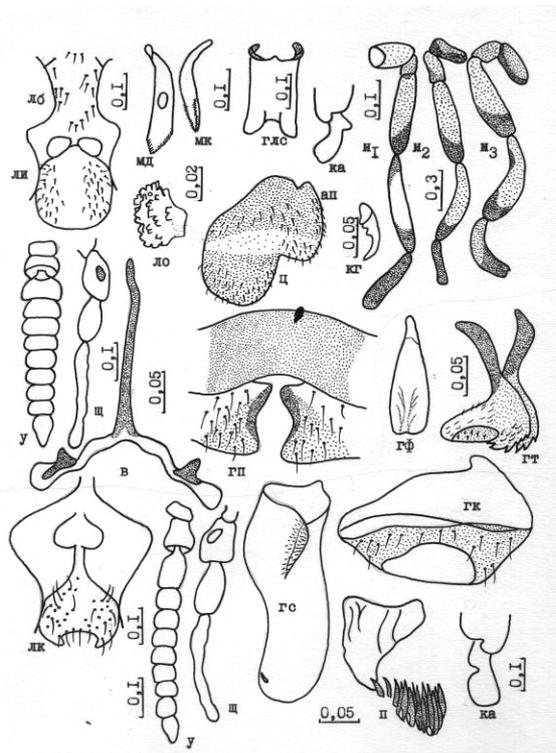


Рис. 1. *Odagmia ornata* (Meigen, 1818)

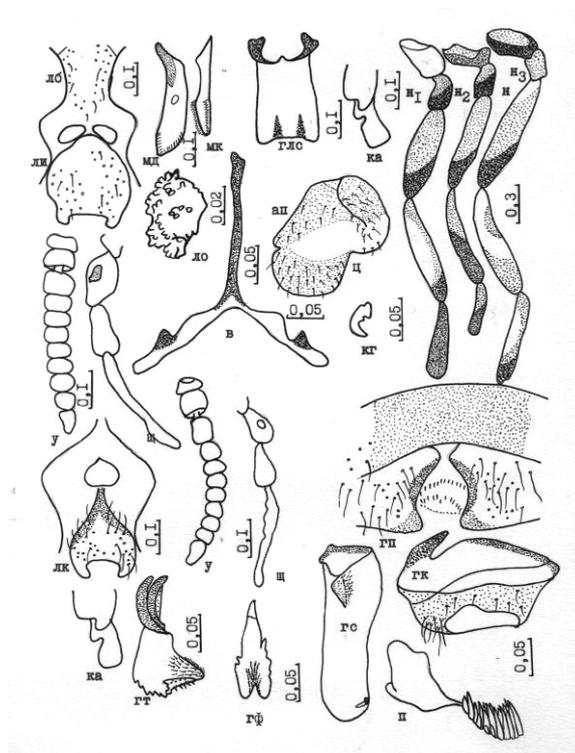


Рис. 2. *Odagmia pratora* (Friederichs, 1922)

Условные обозначения: ап – анальные пластинки самки; бс – базистернум самки; в – вилочка самки; гпс – глоточный склерит; гк – гонококсит; гп – генитальные пластинки самки; гс – гоностиль; гт – гоностерн; ка – кальципала; кг – коготок; лб – лоб самки; ли – лицо самки; ло – лаутерборнов орган; н – нога; п – парамеры; у – усик; ц – церки; щ – щупики

*Ноги* охристо-коричневые, бедра темно-коричневые на  $\frac{1}{3}$  у вершины; голени передней и задней ног с темным пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{4}$  длины у вершины. 1-й членик лапки передней ноги расширен к вершине, его длина (0,50 мм) в 1,5 раза короче голени; 1-й членик задней лапки светлый менее половины его длины от основания. Кальципала крупная (длина – 0,02 мм, ширина – 0,04 мм), занимает половину ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, достигающей половины ширины членика.

*Брюшко.* Гоностерн крупный (длина – 0,08 мм), с зубчатой пяткой, сжат с боков; носок тупой, хорошо развит (0,04 мм), короче, чем у *O. ornata*, и опушен мелкими волосками, крючья длинные (0,07 мм), тонкие, чуть короче длины тела. Гонококситы чашеобразные короткие (0,12 мм), трапециевидные, широкие – 0,22 мм; опушены волосками, более длинными по внутреннему краю; латеральный вырост крючковидный (0,03 мм). Гоностили вытянутые (длина – 0,24 мм, ширина – 0,08 мм) и немного сужаются к вершине (0,05 мм), на вершине – маленький шип; бугорок у основания гоностилей высокий (0,02 мм), опушен мелкими волосками. Гонофурка коническая (длина – 0,13 мм, ширина – 0,04 мм), сужается на проксимальном конце, на дистальном конце незначительно рассечена. Парамеры состоят из 8–9 крупных шипов и множества мелких, расположенных в несколько рядов; гоноплеврит крупный (длина – 0,10 мм, ширина – 0,07 мм).

Систематические замечания. От форм, описанных И. А. Рубцовым [2], наши особи отличаются более крупными размерами тела, окраской ног самца, деталями в строении половых придатков самца и самки.

Биология. Встречается редко. Зимуют яйца. Отрождение личинок наблюдается в конце февраля – в марте при температуре воды 3–6°C.

Места обнаружения: водотоки Донецкого Кряжа, Приднепровской возвышенности, поймы р. Северский Донец и Донецкого Плато.

Общее распространение: европейская часть СНГ, Иркутская область, Германия.

*O. rotundata* Rubzov, 1956 (рис. 3).

Рубцов, 1956.

Самка. Длина тела – 3,0–3,2 мм.

Голова. Лоб невысокий (длина – 0,15 мм) и широкий (наименьшая ширина – 0,15 мм, наибольшая – 0,22 мм), опушен по бокам волосками. Лицо трапециевидное (длина – 0,25 мм, ширина – 0,26 мм), более-менее равномерно опушено волосками. Усики темно-коричневые, 1-й и 2-й членики охристые, 2-й чуть меньше 3-го. Щупик длинный (0,76 мм), 4-й членик (0,36 мм) длиннее 2-го и 3-го вместе взятых (0,32 мм). Лаутерборнов орган округло-вытянутый (длина – 0,05 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{1}{2}$  ширины членика, чувствительные бугорки располагаются группами. Мандибула неравномерно скошена, несет 12 наружных и 27 внутренних зубцов. Максилла имеет 11 наружных и 15 внутренних зубцов. Глоточный склерит прямоугольный, крупный (длина – 0,25 мм, ширина – 0,14 мм), с узкими выростами по бокам переднего края.

Грудь. Спинка серая, серебристый подковообразный рисунок неявственный.

Ноги охристо-коричневые, с серебристым пятном на голени передних ног. Бедрa задней пары ног коричневые на  $\frac{3}{4}$ , с более интенсивно окрашенными вершинами. Голени средней пары ног затемнены на  $\frac{1}{2}$ ; голени задних ног с темным пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{2}$  длины у вершины. 1-й членик передней лапки конусовидный, расширяющийся к вершине, его длина (0,57 мм) почти в 2 раза меньше длины голени. Кальципала не крупная, короткая (длина – 0,02 мм, ширина – 0,03 мм), занимает половину ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, достигающей до середины членика. Коготок с мелким зубчиком у основания.

Брюшко. Вилочка высокая, с длинным (0,20 мм), чуть расширенным у вершины стержнем; ветви вилочки с хорошо выраженными плечами, расходятся под углом  $110^\circ$ , лопасти с небольшими острыми буграми. Базистернум прямоугольной формы. Генитальные пластинки с вогнутым и затемненным внутренним краем, опушены волосками. Анальные пластинки не имеют выреза по верхнему краю. Церки прямоугольно-овальные, их длина – 0,05 мм, ширина – 0,10 мм.

Самец. Длина тела – 2,8–3,3 мм.

Голова. Лицевой киль овально-вытянутый к вершине, голый в центре. Усики темно-коричневые (длина – 0,50 мм), 2-й и 3-й членики почти равны. Щупики светло-коричневые, длинные. 4-й членик (0,29 мм) длиннее 2-го и 3-го вместе взятых (0,26 мм).

Грудь. Спинка бархатисто-черная с золотистыми волосками и неявственными серебристыми пятнами.

Ноги охристо-коричневые, бедра темно-коричневые на  $\frac{1}{3}$  у вершины; голени передней и задней ног с темным пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{4}$  длины у вершины. 1-й членик лапки передней ноги расширен к вершине, его длина (0,50 мм) в 1,5 раза короче голени. Кальципала крупная (длина – 0,02 мм, ширина – 0,04 мм), занимает половину ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, достигающей половины ширины членика.

Брюшко. Гоностерн крупный (длина – 0,08 мм), с зубчатой пяткой, сжат с боков. Носок гоностерна тупой, хорошо развит (0,04 мм), короче, чем у *O. ornata*, и опушен мелкими волосками; крючья длинные (0,07 мм), тонкие, чуть короче длины тела. Гонококситы чашеобразные короткие (0,12 мм), трапециевидные, широкие – 0,22 мм; опушены волосками, более длинными по внутреннему краю; латеральный вырост крючковидный (0,03 мм). Гоностили вытянутые (длина – 0,24 мм, ширина – 0,08 мм) и немного сужаются к вершине (0,05 мм), на вершине – маленький шип. Бугорок у основания гоностилей высокий (0,02 мм), опушен мелкими волосками. Гонофурка прямоугольная, вогнутость на заднем крае чуть заметна. Гоностерн с коротким и широким носком. Парамеры состоят из 8–9 крупных шипов и множества мелких, расположенных в несколько рядов; гоноплеврит крупный (длина – 0,10 мм, ширина – 0,07 мм).

**Биология.** Вид ранневесенний, редко встречающийся. Нами отмечена одна генерация. Зимуют личинки. Их развитие заканчивается в марте начале апреля при температуре воды 2–5°C. Окукливание личинок наблюдается в апреле при температуре воды 7–12°C.

Кровососание не отмечено.

**Места обнаружения:** ручьи поймы р. Северский Донец.

**Общее распространение.** Лесостепь Украины.

***O. caucasica*** (Rubzov, 1940) (рис. 4).

Рубцов, 1940: 387-388 [*Simulium (Odagmia) ornatum*, var. *causicum*], Рубцов, 1956: 651; Янковский, 2002: 18, 458, 465, 473, 479.

**Самка.** Длина тела – 3,6–3,8 мм.

**Голова.** Лоб высокий (0,17 мм), трапециевидный (наименьшая ширина – 0,15 мм, наибольшая – 0,18 мм), неравномерно опушен волосками. Лицо удлиненное (ширина – 0,18 мм, длина – 0,27 мм), в центре неопушенное. Усик темно-коричневый (длина – 0,50 мм), 1-й и 2-й членики светло-коричневые, 3-й членик в 2 раза длиннее 4-го. Щупик светло-коричневый, длинный (0,60 мм), 4-й членик (0,35 мм) более чем в 1,5 раза длиннее 2-го и 3-го вместе взятых. Лаутерборнов орган некрупный (длина – 0,06 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{1}{2}$  ширины членика. Чувствительные сосочки расположены группами. Мандибула имеет 11 зубцов по внутреннему краю, по наружному – 15. Максилла несет 15 зубцов с внутренней стороны и 13 – с внешней. Глоточный склерит прямоугольный (длина – 0,20 мм, ширина – 0,15 мм), с некрупными боковыми выростами (0,03 мм) и мелким выростом по середине верхнего края.

**Грудь.** Спинка сероватая с ярким серебристым подковообразным рисунком на плечевых полях. Ноги в большей части охряно-желтые. Кальципала некрупная (длина – 0,03 мм – равна ширине), занимает меньше половины ширины членика на дистальном конце. Коготок с хорошо выраженным мелким зубчиком у основания.

**Брюшко.** Вилочка с высоким (0,25 мм) и утолщенным стержнем, ветки вилочки широко расставлены, образуют угол 100°, лопасти с небольшими хитиновыми утолщениями. Базистернум прямоугольный, без выемки по нижнему краю. Генитальные пластинки с вогнутым и более затемненным внутренним краем, густо опушены волосками. Анальные пластинки некрупные, овально-треугольные (длина – 0,07 мм, ширина – 0,12 мм) с закругленными краями. Церки небольшие (длина – 0,05 мм, ширина – 0,07 мм), полукруглые.

**Самец.** Длина тела – 3,0–3,5 мм.

**Голова.** Лицевой киль удлиненно-колбовидной формы, опушен длинными волосками, которые располагаются по бокам. Усик темно-коричневый (0,51 мм), 2-й членик равен по длине 3-му и в 1,5 раза короче 4-го. Щупик светло-коричневый.

**Грудь.** Спинка с серебристой каймой; опушение из редких золотистых волосков.

**Ноги.** Первые два членика коричневые, более светлые, чем последующие. Задняя голень светлая примерно на четверть от основания; 1-й членик задней лапки светлый наполовину. Кальципала мелкая (длина 0,01 мм – примерно равна ширине), занимает  $\frac{1}{4}$  ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с едва заметной выемкой.

**Брюшко.** Гоностерн сжат с боков, носок его длинный (0,05 мм) и округлый. Гонококситы прямоугольной формы (длина – 0,10 мм, ширина – 0,16 мм), более густо опушены по нижнему краю. Гоностили вытянутые (длина – 0,20 мм, ширина – 0,07 мм), сапожковидной формы; несут по одному шипу; бугорок у основания невысокий (0,01 мм) и вытянутый (0,09 мм). Гонофурка расширена к вершине (длина – 0,15 мм, ширина – 0,05 мм), резко сужена на проксимальном и незначительно рассечена у дистального конца. Парамеры состоят из более чем из 10-и равновеликих шипов, расположенных в несколько рядов, и крупных гоноплевритов (длина – 0,18 мм, ширина – 0,07 мм).

**Систематические замечания.** Наши формы сходны с описанными И. А. Рубцовым [2] особями *O. caucasica caucasica* (Rubz.).

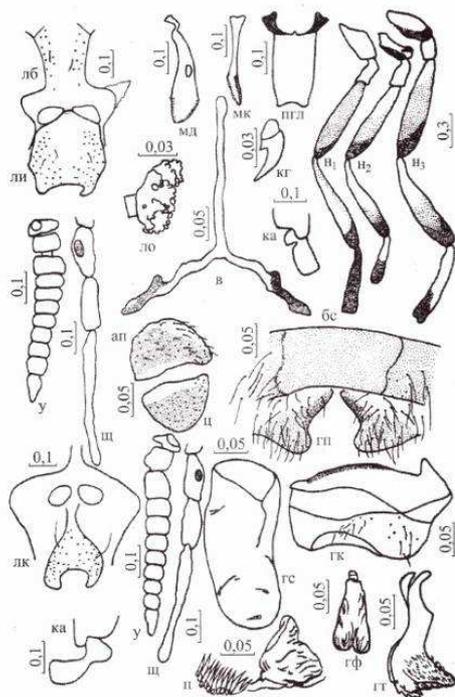


Рис. 3. *Odagmia rotundata* Rubzov, 1956

(условные обозначения – см. рис.1).

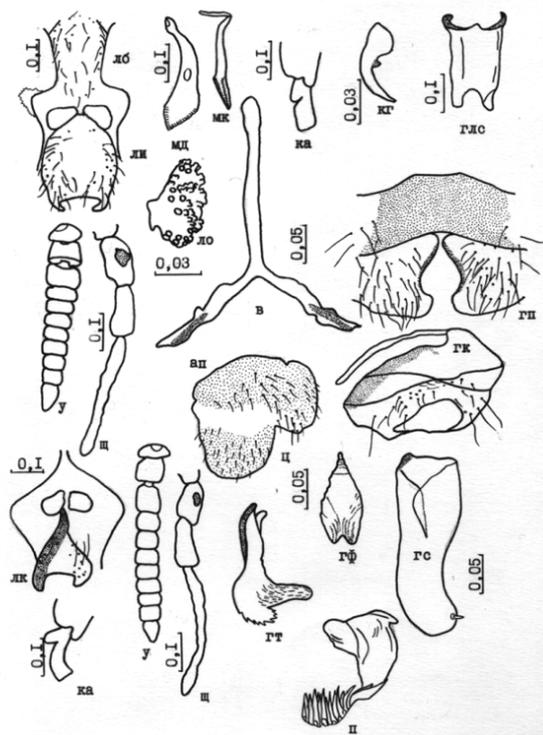


Рис. 4. *Odagmia caucasica* (Rubzov, 1940)

(условные обозначения – см. рис.1).

**Биология.** Вид ранневесенний, редко встречающийся. Нами отмечена одна генерация. Зимуют личинки и яйца. Их развитие заканчивается в марте начале апреля при температуре воды 2–5°C. Окукливание личинок наблюдается в апреле при температуре воды 7–12°C. Кровососание не отмечено.

**Места обнаружения:** ручьи поймы р. Северский Донец.

**Общее распространение.** Северный Кавказ, Армения, Азербайджан, юг Украины.

***O. baracornis* (Smart, 1944) (рис. 5, 6).**

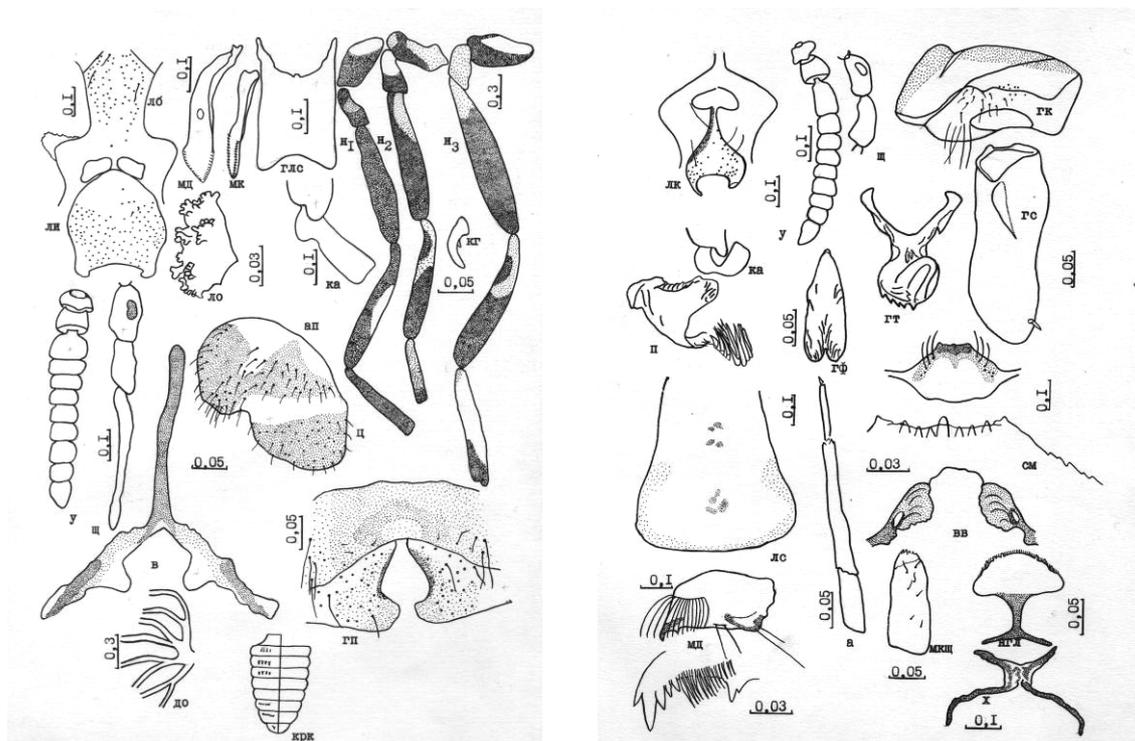
Smart, 1944: 133; Рубцов, 1940; Рубцов, 1956: 661; Рубцов, Янковский, 1984; Янковский, 2002: 18, 458, 466, 473, 479.

**Самка.** Длина тела – 3,0–3,3 мм.

**Голова.** Лоб высокий (0,18 мм), широкий (наименьшая ширина – 0,12 мм, наибольшая – 0,18 мм), неравномерно опушен волосками. Лицо почти круглое (ширина – 0,25 мм, длина – 0,24 мм), опушено в нижней части. Усик темно-коричневый (длина – 0,80 мм), 1-й и 2-й членики светло-коричневые, 3-й членик в 2 раза длиннее 4-го. Щупик светло-коричневый, длинный (0,90 мм), 4-й членик (0,49 мм) почти в 1,5 раза длиннее 2-го и 3-го вместе взятых. Лаутерборнов орган крупный (длина – 0,09 мм, ширина – 0,06 мм), занимает 1/3 длины и менее 1/2 ширины членика. Чувствительные сосочки расположены группами. Мандибула равномерно скошена, по внутреннему краю 13 зубцов, по наружному – 14. Максилла несет по 15 зубцов с обеих сторон. Глоточный склерит прямоугольный (длина – 0,22 мм, ширина – 0,20 мм), с крупными боковыми выростами (0,1 мм) и мелким выростом по середине верхнего края.

**Грудь.** Спинка в центре темная, плечевые поля охряные.

**Ноги.** Желтовато-коричневые, бедра и голени 2-й и 3-й пары ног светлые на 1/4 вершины; голени всех ног со светлыми пятнами. 1-й членик лапки передних ног темно-коричневый, его длина (0,05 мм) в 1,5 раза короче голени. Кальципала крупная (длина – 0,05 мм – равна ширине), занимает больше половины ширины членика на дистальном конце. Коготок с хорошо выраженным мелким зубчиком у основания.



**Рис. 5, 6. *Odagmia baracornis* (Smart, 1944)**  
(условные обозначения – см. рис. 1).

**Брюшко.** Вилочка с высоким (0,25 мм) и утолщенным стержнем, ветви вилочки широко расставлены, образуют угол 100°, лопасти с хитиновыми лентовидными утолщениями и внутренними выростами; вырез между лопастями ромбовидной формы. Базистернум прямоугольный, без выемки по нижнему краю. Генитальные пластинки с вогнутым и более затемненным внутренним краем, опушены волосками. Анальные пластинки крупные, овально-треугольные (длина – 0,07 мм, ширина – 0,10 мм) с тупым наружным краем. Церки небольшие (длина – 0,04 мм, ширина – 0,05 мм) полукруглые.

**Самец.** Длина тела – 2,9–3,0 мм.

**Голова.** Лицевой киль округло-колбовидной формы, опушен длинными волосками, которые располагаются по бокам. Усик темно-коричневый (0,51 мм), 2-й членик равен по длине 4-му и в 2 раза короче 3-го. Щупик светло-коричневый.

**Грудь.** Спинка бархатисто-черная, в золотистых волосках. На плечевых полях заметны серебристые пятна.

**Ноги** черные. Голени средней и задней ног желтоватые у основания; 1-й членик задней лапки желтый более чем наполовину от основания. Кальципала мелкая (длина – 0,01 мм, равна ширине), занимает  $\frac{1}{3}$  ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с едва заметной выемкой.

**Брюшко.** Гоностерн сжат с боков, носок его длинный (0,05 мм) и округлый. Гонококситы прямоугольной формы (длина – 0,06 мм, ширина – 0,12 мм), более густо опушены по нижнему краю. Гоностили вытянутые (длина – 0,30 мм, ширина – 0,10 мм), с почти параллельными краями; несут 1 шип; бугорок у основания невысокий (0,01 мм) и вытянутый (0,09 мм). Гонофурка расширена к вершине (длина – 0,15 мм, ширина – 0,05 мм), резко сужена на проксимальном и рассечена на  $\frac{1}{10}$  длины у дистального конца. Парамеры состоят из более чем 10 разновеликих шипов, расположенных в несколько рядов, и крупных гоноплевритов (длина – 0,16 мм, ширина – 0,14 мм).

**Систематические замечания.** Исследованные нами особи несколько отличаются от описанных И. А. Рубцовым [2] деталями строения вилочки самки и формой вентрального выреза личинки.

**Биология.** Вид малочисленный. В году развивается 3–4 генерации. Личинки отрождаются в октябре – ноябре при температуре воды 9–14°C. Их окукливание и вылет имаго отмечается в апреле-начале мая, когда вода прогревается до 14–17°C. Вылет второго поколения происходит в конце июня-начале июля при температуре воды 19–22°C, третьего – в августе и сентябре при температуре воды 17–21°C. Как кровосос не отмечен.

**Места обнаружения:** ручьи и малые реки юго-востока Украины, за исключением Приазовья.

**Общее распространение.** Карпаты, южная Украина, Северный Кавказ.

***O. deserticola*** (Rubzov, 1940) (рис 7, 8).

Рубцов, 1940: 371 [*Simulium (Odagmia)*]; Рубцов, 1951: 801-804 [*Simulium (Odagmia)*]; Рубцов, 1956: 670-672; Янковский, 2002: 18, 459, 465, 466, 479.

**Самка.** Длина тела – 3,4–3,6 мм.

**Голова.** Лоб высокий (0,20 мм), трапециевидный (наименьшая ширина – 0,17 мм, наибольшая – 0,22 мм), неравномерно опушен волосками. Лицо удлиненное (ширина – 0,32 мм, длина – 0,32 мм), в центре неопушенное. Усик темно-коричневый (длина – 0,70 мм), 1-й и 2-й членики светло-коричневые, 3-й членик в 1,5 раза длиннее 4-го. Щупик светло-коричневый, длинный (0,84 мм), 4-й членик (0,42 мм) более чем в 1,5 раза длиннее 2-го и 3-го вместе взятых. Лаутерборнов орган некрупный (длина – 0,07 мм, ширина – 0,05 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{1}{2}$  ширины членика. Чувствительные сосочки расположены группами. Мандибула имеет 12 зубцов по внутреннему краю, по наружному – 14. Максилла несет 14 зубцов с внутренней стороны и 11 – с наружной. Глоточный склерит прямоугольный (длина – 0,22 мм, ширина – 0,12 мм), с крупными боковыми выростами (0,08 мм) и мелким выростом по середине верхнего края.

**Грудь.** Крылья прозрачные, жилки белые. Жужжальца белые. Ноги желтовато-белые, затемнены вершины передних и задних голеней, вершинная четверть и передний край 1-го членика задней ноги, вершинная половина 2-го членика средней и задней ног. Лапки всех трех ног в остальной части черные. 1-й членик передней лапки слабо расширен, по ширине равен ширине усиков. Кальципала крупная (длина – 0,06 мм, равна ширине), занимает половину ширины членика на дистальном конце. Коготок с хорошо выраженным мелким зубчиком у основания.

**Брюшко.** Вилочка с высоким (0,30 мм) стержнем, ветки вилочки широко расставлены, образуют угол 90°, лопасти с крупными хитиновыми утолщениями. Базистернум прямоугольный, без выемки по нижнему краю. Генитальные пластинки с вогнутым и более затемненным внутренним краем, густо опушены волосками. Анальные пластинки некрупные, овально-треугольные (длина – 0,07 мм, ширина – 0,10 мм) с закругленными краями. Церки небольшие (длина – 0,05 мм, ширина – 0,07 мм) полукруглые.

**Самец.** Длина тела – 3,0–3,3 мм.

**Голова.** Лицевой киль округло-колбовидной формы, опушен длинными волосками, которые располагаются по всему лицевому килю. Усик темно-коричневый (0,51 мм), 2-й членик равен по длине 3-му и в 1,5 раза короче 4-го. Щупик светло-коричневый.

**Грудь.** Крылья прозрачные, жилки белые. Жужжальца светло-лимонно-желтоватые; к основанию затемнены.

**Ноги** в большей части желтоватые; черные – передние лапки, основания средних ног и задние тазики, вершинная треть задней голени, 1-го членика лапки средней и задней ног, вершинная половина 2-го членика лапки средней и задней ног и остальная часть лапок. Кальципала мелкая (длина – 0,01 мм, примерно равна ширине), занимает  $\frac{1}{4}$  ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с едва заметной выемкой.

**Брюшко.** Гоностерн сжат с боков, носок его длинный (0,05 мм) и округлый. Гонококситы округло-прямоугольной формы (длина – 0,10 мм, ширина – 0,16 мм), более густо опушены по нижнему краю. Гоностили вытянутые (длина – 0,20 мм, ширина – 0,07 мм), сапожковидной формы; несут 1 шип; бугорок у основания невысокий (0,01 мм) и вытянутый (0,09 мм).

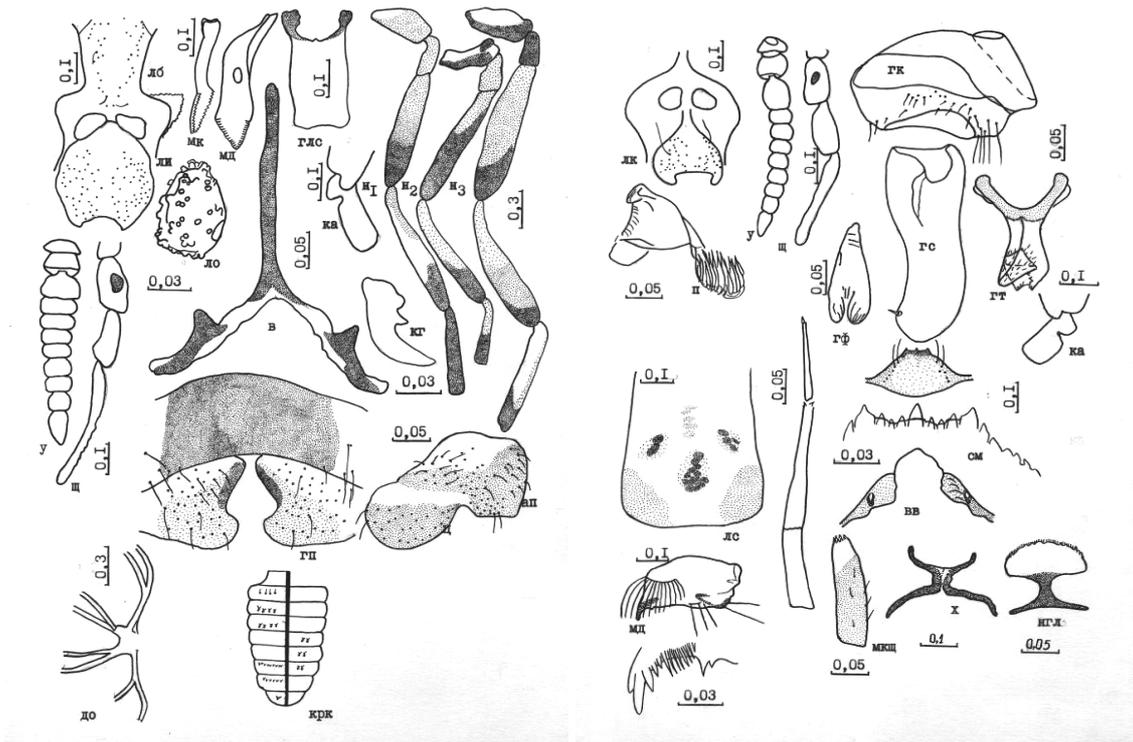


Рис. 7, 8. *Odagmia deserticola* (Rubzov, 1940)  
(условные обозначения – см. рис. 1).

Гонофурка расширена к вершине (длина – 0,15 мм, ширина – 0,05 мм), резко сужена на проксимальном и незначительно рассечена у дистального конца. Парамеры состоят из более чем 10 разновеликих шипов, расположенных в несколько рядов, и крупных гоноплевритов (длина – 0,18 мм, ширина – 0,07 мм).

Систематические замечания. Исследованные нами особи сходны с описанием И. А. Рубцова [2] и отличаются отсутствием внутренних выростов на лопастях вилочки у самки.

Биология. Вид ранневесенний, редко встречающийся. Развивается в чистых родниковых ручьях. Нами отмечена одна генерация. Зимуют личинки. Их развитие заканчивается в марте – начале апреля при температуре воды 2–5°C. Окукливание личинок наблюдается в апреле при температуре воды 7–12°C. Кровососание не отмечено.

Места обнаружения: ручьи поймы р. Северский Донец.

Общее распространение. Юго-восточная Европа, Средняя Азия.

***O. intermedia*** (Roubaud, 1906) (рис. 9).

Roubaud, 1906; Edwards, 1921: 221-225 (*Simulium ornatum*); Рубцов, 1940: 386-387 [*Simulium (Odagmia) ornatum* var. *nitidifrons*]; Grenier, 1953: 118-120 (*Simulium*); Рубцов, 1956: 646-647; Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 134; Янковский, 2002: 19, 457, 465, 471, 479.

Самка. Длина тела – 4,8–5,3 мм.

Голова. Лоб высокий (длина – 0,15 мм, наибольшая ширина – 0,17 мм, наименьшая ширина – 0,13 мм), опушен редкими волосками по бокам. Лицо широкое (длина – 0,23 мм, ширина – 0,25 мм), опушено волосками по бокам и снизу. Усик коричневый, длинный (0,51 мм), 2-й членик (0,04 мм) почти равен 3-му и длиннее 4-го (0,03 мм). Щупик длинный (0,61 мм), 4-й членик (0,30 мм) длиннее 2-го и 3-го вместе взятых. Лаутерборнов орган небольшой (длина – 0,05 мм, ширина – 0,03 мм), густо покрыт чувствительными сосочками, занимает меньше половины длины (0,13 мм) и ширины (0,065 мм) членика. Мандибула имеет 35 внутренних и 16 наружных зубцов. У максиллы по 14 зубцов с обеих сторон. Глоточный

склерит длинный (длина – 0,24 мм, ширина – 0,13 мм), с короткими (0,04 мм) боковыми выростами и одним сосочковидным выростом посередине.

**Грудь.** Серебристые пятна на спинке отчетливые, боковые половинки серебристых пятен почти округлые.

**Ноги** светлые, затемнены лишь вершины бедер и голеней на  $\frac{1}{6}$  их длины. Кальципала небольшая (длина – 0,02 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с маленькой выемкой, занимающей  $\frac{1}{3}$  ширины членика.

**Брюшко.** Вилочка с длинным (0,21 мм) стержнем, тонкими ветвями, «плечи» пологие. Хитинизированные утолщения на лопастях хорошо развиты. Базистернум прямоугольный, опушен единичными волосками по дистальному краю. Генитальные пластинки с вогнутыми внутренними краями, максимальное расстояние между которыми – 0,07 мм; опушены редкими волосками. Анальные пластинки треугольные (длина – 0,09 мм, ширина – 0,16 мм), с рассеченным верхним краем. Церки полукруглые (длина – 0,07 мм, ширина – 0,10 мм).

**Самец.** Длина тела – 4,0–4,3 мм.

**Голова.** Лицо колбовидное (длина – 0,15 мм, ширина – 0,20 мм), опушено редкими длинными волосками по бокам. Усик длинный (0,54 мм), его 2-й членик (0,06 мм) равен 3-му. 4-й членик щупика превышает длину 2-го и 3-го члеников вместе взятых.

**Грудь.** На спинке – отчетливая серебристая кайма.

**Ноги** пятнистые. Задняя голень черная, 1-й членик задней лапки желтый на  $\frac{1}{2}$  длины у основания. Кальципала высокая (длина – 0,03 мм, ширина – 0,04 мм), занимает меньше половины ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с мелкой выемкой, занимающей  $\frac{1}{3}$  ширины членика.

**Брюшко.** Гоностерн сжат с боков, крючья длинные (0,08 мм), равны длине тела, носок длинный (0,05 мм), в пятке 7 зубцов. Гонококситы высокие (длина – 0,15 мм, ширина – 0,20 мм). Латеральный вырост маленький (0,02 мм). Гоностили длинные (длина – 0,25 мм, ширина – 0,09 мм), сужаются к вершине, бугорок у основания невысокий. Гонофурка треугольная, высокая (длина – 0,15 мм, ширина – 0,05 мм), рассечена на проксимальном конце и сужена на дистальном. В параметрах 10 крупных зубцов и мелкие, расположены в 2 ряда. Гоноплевриты треугольные (длина – 0,12 мм, ширина – 0,08 мм).

**Систематические замечания.** От *O. ornata nitidifrons* (Edw.) в описании И. А. Рубцова [2] наши формы отличаются менее глубоким вентральным вырезом головной капсулы личинки.

**Биология.** Вид малочисленный и редкий. В году развивается 3 генерации. Зимуют личинки, которые отрождаются в октябре – ноябре при температуре воды 9–14°C. Окукливание наблюдается в апреле при температуре воды 12–14°C. Развитие второй генерации происходит с мая по июль, третьей – с июля по сентябрь при температуре воды 15–21°C.

**Места обнаружения:** повсеместно, за исключением водотоков Приазовья и Приднепровской низменности.

**Общее распространение:** Карелия, Восточная Сибирь, Германия, Франция.

### ***O. frigida*** (Rubzov, 1940) (рис. 10).

Рубцов, 1940: 531 [*Simulium (Odagmia) ornatum* var.], 1956: 650-651; Каплич, Сухомлин, Усова, 1992; Янковский, 2002: 18, 452, 458, 466, 473, 480; Сухомлин, Зінченко, 2007: 133-139.

**Самка.** Длина тела – 3,1–3,4 мм.

**Голова.** Лоб высокий (0,16 мм) и широкий, его наименьшая ширина (0,14 мм) почти в 1,5 раза меньше наибольшей (0,19 мм), опушен редкими волосками по бокам. Лицо широкое (длина – 0,22 мм, ширина – 0,27 мм), почти круглое, опушено в нижней части по бокам. Усики толстые, коричневые, их длина – 0,53 мм, ширина члеников в 2 раза больше длины. Щупики (0,65 мм) длиннее усиков, 4-й членик (0,30 мм) равен по длине 2-му и 3-му вместе взятым. Лаутерборнов орган маленький (длина – 0,04 мм, ширина – 0,03 мм), занимает  $\frac{1}{3}$  длины и  $\frac{1}{2}$  ширины членика, чувствительные сосочки располагаются группами. Мандибула имеет 13 наружных и 27 внутренних зубцов. Максилла с 12 наружными и 13 внутренними зубцами. Глоточный склерит прямоугольный (длина – 0,24 мм, ширина – 0,13 мм), с широкими боковыми выростами (0,04 мм) и шипом посередине верхнего края.

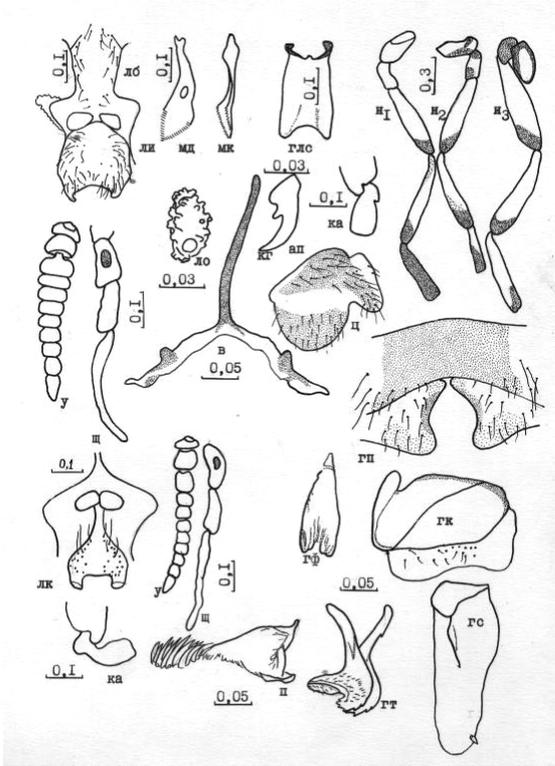


Рис. 9. *Odagmia intermedia* (Roubaud, 1906)

(условные обозначения – см. рис. 1).

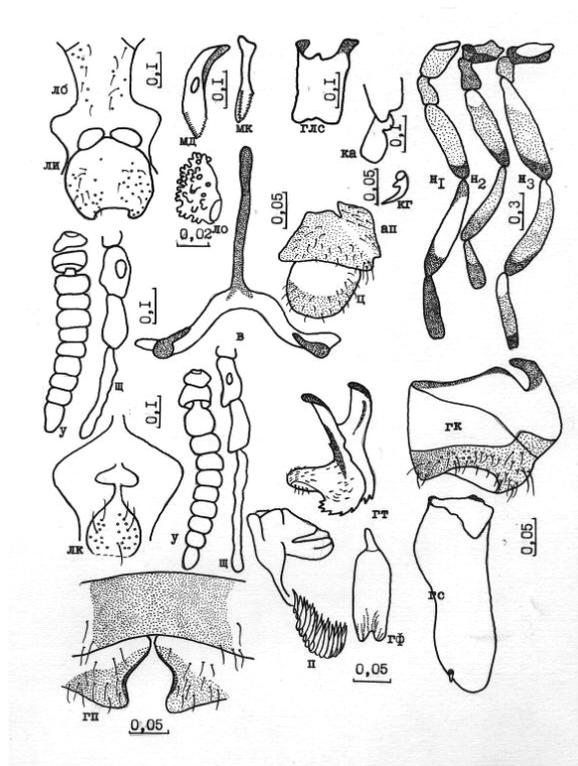


Рис. 10. *Odagmia frigida* (Rubzov, 1940)

**Грудь.** Спинка сероватая, на плечевых полях несет серебристый подковообразный рисунок.

**Ноги** темные, коричневато-желтые, бедра на  $\frac{3}{4}$  длины коричневые, более интенсивно окрашены у вершины. Голени средних и задних ног затемнены на  $\frac{2}{3}$  длины у вершины. 1-й членик лапки передней ноги конический, с серебристым пятном, сильно расширен к вершине, его длина (0,5 мм) в 1,5 раза меньше длины голени. Кальципала высокая (0,04 мм), занимает  $\frac{1}{2}$  ширины членика на дистальном конце. Коготок с мелким зубчиком у основания.

**Брюшко.** Вилочка с высоким (0,19 мм), слегка расширенным на вершине стержнем; ее ветви имеют хорошо выраженные «плечи» и плавно расходятся под углом  $84^\circ$ ; на лопастях пологие хитинизированные утолщения. Базистернум лентовидный, имеет прямоугольное затемнение. Генитальные пластинки с вогнутыми внутренними краями, далеко отстоящими друг от друга, опушены короткими волосками. Анальные пластинки почти овально-квадратные (длина – 0,08 мм, ширина – 0,14 мм), с неглубоким рассечением на переднем крае. Церки овальные (длина – 0,08 мм, ширина – 0,09 мм), опушены более густо в вершинной части.

**Самец.** Длина тела – 2,9–3,2 мм.

**Голова.** Лицевой киль опушен длинными волосками, которые располагаются по бокам. Усик темно-коричневый (0,55 мм), 2-й членик равен по длине 4-му и в 1,5 раза короче 3-го. Щупик светло-коричневый, длинный (0,62 мм), 4-й членик (0,30 мм) в 1,3 раза длиннее 2-го и 3-го вместе взятых.

**Грудь.** Спинка бархатисто-черная, в золотистых волосках, на плечевых полях с серебристым подковообразным рисунком.

**Ноги** коричневато-желтые, с серебристыми пятнами на передних голених. Передняя и средняя голени затемнены на  $\frac{1}{5}$  у основания и  $\frac{2}{5}$  у вершины. Голени задних ног с темным пятном у основания и затемнением на  $\frac{1}{4}$  длины у вершины. 1-й членик лапки передней ноги конусовидный, его длина (0,60 мм) в 1,4 раза меньше голени (0,80 мм). Кальципала крупная (длина – 0,03 мм) и широкая (0,04 мм), занимает половину ширины

членика на дистальном концe. Педисулькус с глубокой выемкой, занимающей  $\frac{1}{2}$  ширины членика.

**Брюшко.** Гоностерн сжат с боков, носок его длинный (0,05 мм) и относительно узкий, опушен мелкими волосками, пятка гоностерна зубчатая, крючья (0,10 мм) чуть длиннее тела (0,09 мм). Гонококситы почти квадратные (длина – 0,17 мм, ширина – 0,20 мм), более густо опушены по заднему краю, особенно у основания; латеральный вырост небольшой (0,03 мм), крючковидный. Гоностили вытянутые (длина – 0,28 мм, ширина – 0,10 мм), сужены и заострены к вершине и несут 1 шип; бугорок у основания невысокий (0,01 мм) и вытянутый (0,08 мм), опушен мелкими волосками. Гонофурка почти прямоугольная (длина – 0,15 мм, ширина – 0,04 мм), резко сужена на проксимальном и рассечена на  $\frac{1}{8}$  длины у дистального конца. Параметры состоят из более чем 20 равновеликих шипов, расположенных в несколько рядов, и крупных гоноплевритов (длина – 0,14 мм, ширина – 0,10 мм).

**Систематические замечания.** Сравнение наших особей с описанием И. А. Рубцова [2] позволило выявить некоторые различия в строении половых придатков взрослых особей. У самок исследованной нами популяции более мелкий лаутерборнов орган, занимающий  $\frac{1}{3}$  длины 2-го членика щупика, генитальные пластинки полностью покрыты мелкими волосками; анальная пластинка овально-квадратной формы. Гонококситы самца высокие (ширина примерно в 2 раза меньше высоты). Гоностили заострены в вершинной части. Гонофурка рассечена на  $\frac{1}{8}$  длины (по И. А. Рубцову [2],  $\frac{1}{3}$ ).

**Биология.** Вид редкий. Имеет 1–2 генерации. Зимуют яйца. Личинки старших возрастов и куколки встречались в конце мая – начале июне при температуре воды 15–20°C.

**Места обнаружения:** ручьи поймы рек Северский Донец, Красная, Айдар.

**Общее распространение:** Европа, Предуралье, Восточная и Западная Сибирь.

### **Биология взрослых мошек рода *Odaqmia* End. на юго-востоке Украины.**

**Фенология.** Лет мошек на территории юго-востока Украины отмечается с конца марта до начала ноября. Раньше других вылетают мошки Приазовья, так как эта территория занимает южное положение и сказывается влияние близости Азовского моря. Первыми вылетают виды, зимующие в фазе личинки: в конце марта начинается лет *O. ornata*. С конца апреля начинается вылет *O. caucasica*, зимующего то в фазе личинки, то в фазе яйца. Лет *O. pratora* и *O. frigida*, зимующих в фазе яйца, наблюдается в мае.

Лет мошек Донецкого края, Приднепровской низменности и Приднепровской возвышенности, расположенных севернее Приазовья на 150–250 км, начинается на 1–2 недели позже, чем в Приазовье. В водотоках поймы р. Северский Донец, защищенных от сильных ветров холмами Донецкого Кряжа, окукливание и лет мошек начинаются на неделю раньше, чем в водотоках Донецкого Кряжа, Приднепровской низменности и Приднепровской возвышенности. Севернее других районов в пределах юго-востока Украины находится Донецкое Плато (на 150–200 км севернее поймы р. Северский Донец). Поэтому окукливание и вылет мошек начинаются здесь на неделю позже, чем в водотоках Донецкого Кряжа, Приднепровской возвышенности и Приднепровской низменности и на 3 недели позже, чем в Приазовье.

Окукливание и вылет первой генерации видов, зимующих в фазе личинки, наблюдается при температуре воды 9–17°C. Виды, зимующие то в фазе яйца, то в фазе личинки окукливаются при температуре воды 11–18°C. Окукливание видов, зимующих в фазе яйца, происходит при температуре 15–20°C.

Вторая генерация поливольтинных видов, зимующих в фазе личинки, развивается в конце мая до середины июля при температуре воды 18–23°C, а у видов, зимующих в фазе яйца, – с середины июля до начала сентября при температуре воды 17–23°C.

Окукливание зимующих личинок начинается неодновременно и продолжается до 3 недель. По-видимому, это связано с тем, что личинки заканчивают развитие в разные сроки.

Места укрытий. В условиях степной зоны Украины основными местами укрытий мошек в дневное и ночное время являются кроны деревьев, кустарников и в меньшей степени травянистая растительность вблизи от мест выплода.

При кошении прибрежной растительности всегда отлавливали имаго видов, которые в это время вылетали из ближайших водотоков. *O. baracornis* встречались только в травянистой растительности (осоки, тростник, череда, кипрей, луговые травы) на расстоянии не более 100–150 м от мест выплода. *O. ornata* были отловлены сачком и на липкую бумагу в прибрежной травянистой растительности, кустарниках и кронах деревьев (ивы, ольхи, клена, тополя и очень редко сосны) на высоте до 5 м на расстоянии до 1 км от мест выплода.

Вылетевшие мошки садятся на сухие стебли трав высотой до 0,3–1,0 м от земли, которые возвышаются над травянистым покровом, хорошо обдуваются ветром и прогреваются солнцем. В этот период мошки с растений не слетают при приближении к ним человека и даже при пошатывании субстрата. Они малоподвижны и проводят в таком состоянии от 30 минут (солнечные дни) до 2–3 часов (в пасмурные дни). Единичные мошки встречались в кронах ив, дубов, кленов, лоха, боярышника, ольхи, сосны, произрастающих около ручьев.

В период длительной засухи или же при отсутствии древесной растительности они прячутся в зарослях тростника или камыша.

На столбах и опорах линии электропередач мошки встречались редко и только поблизости (10–15 м) от мест выплода.

Дальность разлета. Известно, что взрослые мошки распространяются как активно, так и пассивно (воздушными потоками и ветром).

По нашим наблюдениям, мошки не разлетаются на большие расстояния. Их активный разлет связан с поиском пищи и мест укрытий. Пассивное рассеивание определяется перемещением воздушных потоков, ветрами и транспортом. Дальность активного разлета неодинакова у различных видов. Самки *O. ornata* нападали на добычу на расстоянии 1–3 км от мест выплода.

Вдоль русла водотоков мошки разлетаются на гораздо большие расстояния: так, самки *O. ornata* обнаружены на расстоянии 2–5 км. Они были отловлены нами около загрязненных участков водотока (выплод мошек на этом участке не наблюдался), находящихся ниже мест выплода на расстоянии до 5 км.

Пассивный разлет мошек, вызванный ветром, отмечен нами на относительно небольшие расстояния в стороны от русла. Имаго *O. ornata* находили в 1–3 км в сторону от русла. Такая дальность пассивного разлета мошек отмечена в период с апреля до июня, когда на степных просторах Украины дуют сильные юго-восточные ветры. При сильном ветре мошки укрываются в растительности, но в поисках добычи они способны активно пролетать, находясь вблизи поверхности земли, за короткое время многие сотни метров даже против ветра. Мошки, залетевшие в легковые автомобили, автобусы и поезда, «транспортируются» на расстояние до 200–300 км от мест выплода.

Роение мошек. Многие исследователи [2, 3] считают, что роение мошек сопряжено с их копуляцией. Однако спаривание мошек во время роения отмечено лишь для некоторых видов: *Cnephia lapponica* (Enderlein, 1921), *Cnetha verna* (Macquart, 1826), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Schoenbaueria pusilla* (Fries, 1824), *O. ornata*, *Simulium reptans* (Linnaeus, 1756), *Simulium tuberosum* (Lundstrom, 1911), *Simulium noelleri* (Friederichs, 1920), *Simulium truncatum* (Lundstrom, 1911), *Wilhelmia mediterranea* (Puri, 1925), *Wilhelmia turgaica* (Rubzov, 1940), *Wilhelmia paraequina* (Puri, 1933).

Преимущественно роятся самцы и в этот период не отмечено спаривания, поэтому значение роения мошек остается неясным.

Роение самцов *O. ornata* зимующей генерации наблюдали в апреле и мае над ручьями, в которых происходил их выплод при температуре воздуха 12–20°C. Самцы держатся на высоте 1,5–2,5 м. При усилении ветра роение прекращается вообще. Обычно рой встречается с подветренной стороны прибрежных деревьев на освещенном, прогреваемом солнцем

участке. Рой диффузный, в диаметре 4–5 м, одновременно роятся до 10–15 самцов. Насекомые занимают в рое строго определенное место и располагаются на расстоянии 1,0–1,5 м друг от друга.

Яйцекладки. Яйцекладки мошек на территории юго-востока Украины находили в незагрязненных водотоках всех типов, но чаще всего в открытых незатененных ручьях и малых реках; реже мы находили их в ручьях, вытекающих из прудов. Очень редко встречались яйцекладки мошек в р. Северский Донец и в лесных родниковых ручьях.

Самки откладывают яйца, в основном, во второй половине дня (с 16 до 19 часов). В большинстве случаев мы находили яйца мошек на зеленых листьях водных растений.

Нами отмечены случаи совместной откладки яиц самками нескольких видов (*O. ornata*, *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom, 1911), *Nevermannia latigonia* (Rubzov, 1956), *W. mediterranea*) на небольших участках субстрата в отдельных участках водотоков. В то же время яйца не были обнаружены на расположенном рядом, казалось бы, подходящем субстрате.

При рассмотрении типов откладки яиц мошками мы придерживались классификации, предложенной И. А. Рубцовым [2] и З. В. Усовой [3].

1 тип. На смачиваемом субстрате, расположенном на урезе воды, были найдены яйцекладки *O. ornata*. Причем, яйцекладки с самками *O. ornata* встречались как на поверхности воды, так и под водой на глубине 5–10 см. Нередко под ними встречались кладки *W. mediterranea*. Яйца в кладках лежат беспорядочно, четких границ между кладками не отмечается. Яйца прочно склеены слизистым секретом. В яйцекладках *O. ornata* насчитывается от 250 до 320–370 яиц, размером 0,15–0,25 мм.

2. Откладку яиц под водой наблюдали, кроме *O. ornata*, также самками *Boophthora erythrocephala* (De Geer, 1776), *W. mediterranea*. Яйцекладки этих видов встречались на листьях тростника, осок и других линеид под водой на глубине до 25 см. При этом все листья, на которых были найдены яйцекладки, вершинной частью листа достигали поверхности воды. Отрождение личинок из яиц дружное, почти одновременное.

3. Откладку яиц путем сбрасывания их в воду на лету мы наблюдали у *O. baracornis*.

В сентябре, в ясные тихие дни с 17 до 20 часов над участками открытых ручьев, где скорость течения воды равнялась 0,2–0,3 м/сек, мы наблюдали откладку яиц самками *O. baracornis*. Они откладывают яйца на лету в воду по одному или группами по 5–7 шт.

В период откладывания они медленно летают у самой поверхности воды, через несколько мгновений касаются воды концом брюшка, выделяя яйца. Эту самку мы отлавливали сачком и помещали в индивидуальные садки, где они продолжали откладку яиц. Каждая самка откладывает от 260 до 330–350 яиц. Они овально-треугольной формы размером 0,32 x 0,17 мм.

По нашим наблюдениям, в водотоках юго-востока Украины наблюдается растянутость сроков откладки яиц, асинхронность отрождения личинок *O. ornata* из яиц на одну–две, а иногда и три недели для каждой генерации. Это свидетельствует о влиянии на скорость созревания яиц экологических условий водотоков в местах яйцекладки. В этом кроется одна из причин нахождения преимагинальных фаз одного и того же вида на различных стадиях развития в определенный период.

Активность нападения самок отличается как в течение сезона, так и в течение суток. В годы с ранней теплой весной и жарким летом выделяется два максимума активности мошек: весенний и летний. Первый обусловлен нападением (в конце апреля – мае) *O. ornata*, видов гр. *morsitans*, *Simulium posticatum* Meigen, 1838, *N. latigonia*, *N. angustitarsis*. Второй максимум наблюдается в конце июля и в августе. Он вызван нападением *W. mediterranea*, *N. latigonia*, *N. angustitarsis*, *O. ornata*. В годы с холодной весной в связи с поздним вылетом зимующей генерации наблюдается один максимум, который длится с конца мая до августа.

В течение суток выделяется два максимума нападения; утренний (с 8 до 11 часов) и вечерний (с 16 до 19–21 часа). Днем с 11–12 до 16–17 часов активность мошек резко

снижается или прекращается полностью. Мы не наблюдали нападения самок на добычу в ночное время.

По данным многих авторов [2, 3], на активность мошек влияют факторы среды: температура воздуха, освещенность, сила ветра и др. По нашим наблюдениям, в летнее время ведущим фактором, определяющим активность, является освещенность. Нападение мошек прекращалось с наступлением темноты, хотя другие факторы среды находились в пределах оптимума (температура 16–22°C, относительная влажность около 70%). Днем при высокой температуре (более 35°C) нападение прекращается даже при оптимальной освещенности. Весной и осенью, ведущее значение имеет температура воздуха. Нападение мошек прекращается с понижением температуры ниже 15°C, задолго до наступления темноты.

Мы наблюдали нападение самок на добычу при температуре воздуха от 12 до 32°C. Оптимальная температурная зона активности мошек лежит в пределах 19–27°C. При низкой температуре нападали малочисленные самки видов *O. ornata*. Мошки нападали при освещенности от 200–300 лк до 60000 лк. В часы наиболее интенсивного нападения освещенность колебалась от 300–500 лк до 15000–20000 лк. Весной (апрель – май) и осенью (сентябрь – октябрь) нападение мошек отмечалось после 9–10 часов и прекращалось в 17–18 часов, хотя освещенность в эти часы составляла не менее 1000–1200 лк. Ограничивающим фактором активности мошек в этот период явилась низкая температура (9–12°C). В июне, июле и августе мошки нападали до 19–21 часа и прекращение лета зависело от низкой освещенности (5–200 лк), хотя температура воздуха (17–22°C) была в пределах оптимума.

Влажность воздуха имеет второстепенное значение. Во время нападения мошек она колебалась от 20 до 90%. Летом мошки нападали даже во время морозящего дождя.

В часы наибольшей активности мошек обычно дул слабый ветер (до 0,3 м/сек). Ветер свыше 1,0–1,5 м/сек препятствует нападению мошек, хотя самки *O. ornata* нападали даже при силе ветра около 1,0 м/сек. Они держались у поверхности земли и кусали ноги. Отмечались случаи, когда мошки, преследуя добычу, летели на небольшой высоте (20–30 см от земли) навстречу сильному ветру. С июля по август наблюдались скачкообразные пики активности *O. ornata*, которые были обусловлены резкими колебаниями освещенности, силы ветра, температуры и влажности воздуха. Активность нападения мошек обычно увеличивалась за 15–30 минут перед дождями (особенно грозовыми).

### **Выводы**

В результате наших исследований и анализа литературных данных на территории лесостепи и степи юго-востока Украины обнаружено 8 видов мошек рода *Odagmia*: *O. ornata* (Mg.), *O. intermedia* (Roubz.), *O. pratora* (Fried.), *O. rotundata* (Rubz.), *O. caucasica* (Rubz.), *O. baracornis* (Smart.), *O. deserticola* (Rubz.), *O. frigida* (Rubz.).

Лет мошек на территории юго-востока Украины отмечается с конца марта до начала ноября. Раньше других вылетают мошки Приазовья, зимующие в фазе личинки (*O. ornata*).

В условиях степной зоны основными местами укрытий мошек в дневное и ночное время являются кроны деревьев, кустарников и в меньшей степени травянистая растительность вблизи от мест выплода.

Самки *O. ornata* нападали на добычу на расстоянии 1–3 км от мест выплода.

Мошки рода *Odagmia* откладывают яйца на смачиваемом субстрате, расположенном на урезе воды (*O. ornata*), под водой (*O. ornata*), путем сбрасывания их в воду на лету (*O. baracornis*).

### **Список литературы**

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

2. Рубцов И. А. Мошки (сем. Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М.–Л., 1956. – 860 с. (Фауна СССР. Т. 6, вып. 6, 2-е изд.).

3. Усова З. В. Фауна мошек Карелии и Мурманской области (Diptera, Simuliidae) / З. В. Усова. – М.–Л., 1961. – 286 с.
4. Янковский А. В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) / А. В. Янковский. – СПб., 2002. – 568 с.

Поступила в редакцию 22.10.2013

Принята в печать 14.11.2013

Reva M. V.<sup>1</sup>, **Z. V. Usova**, Semushin R. D.<sup>2</sup>

**FAUNA AND BIOLOGY OF BLACK-FLIES IMAGO (DIPTERA, SIMULIIDAE) OF GENUS *ODAGMIA* ENDERLEIN, 1921 IN SOUTHEAST OF UKRAINE**

<sup>1</sup>Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail:eco99@i.ua

<sup>2</sup>Makeevka sanitary-epidemiological station; Transportnaya Str., 1, Makeevka, 86106, Ukraine

Black-flies (Diptera, Simuliidae) have important practical value. Females of *O. ornata* (Mg.) are men and pets bloodsuckers. Besides, females of *O. ornata* (Mg.) and *O. caucasica* (Rubz.) are specific carriers of cattle onchocercosis and birds hemosporidiosis activators. All blood-sucking black-flies also can be nonspecific carriers of tularemia, plague, malignant anthrax, and other diseases activators.

Collection of genus *Odagmia* End. black-flies in different natural zones of southeast of Ukraine from 1965 to present time has been served as a material for work. Collecting of black-flies, laboratory processing of material, and studying of species biology were carried out according to I. A. Rubtsov [2], Z. V. Usova [3] practical standards with some changes. The systematics of genus *Odagmia* End. is given according to A. V. Yankovskiy [4].

As a result of our research in territory of forest-steppe and steppe of southeast of Ukraine 8 species of black-flies of genus *Odagmia* are revealed: *O. ornata* (Mg.), *O. intermedia* (Roubz.), *O. pratora* (Fried.), *O. rotundata* (Rubz.), *O. caucasica* (Rubz.), *O. baracornis* (Smart.), *O. deserticola* (Rubz.), and *O. frigida* (Rubz.). Flying black-flies in territory of southeast of Ukraine are noted from the end of March till the beginning of November. Before others, the black-flies of Priazovye wintering in a phase of larva (*O. ornata*) taken off. In conditions of steppe zone the main places of shelters of black-flies in day and night time are crowns, bushes and to a lesser extent grassy vegetation near the place of breeding. Females of *O. ornata* attacked booty within distance of 1–3 kilometers from place of breeding. Black-flies of genus *Odagmia* postpone eggs in moistened substrate located on a shore line (*O. ornata*), under water (*O. ornata*), by their dropping in water on the fly (*O. baracornis*). Most of species have 2–3 generations in a year.

*Key words:* Diptera, Simuliidae, *Odagmia*, southeast of Ukraine, systematics, biology.

**References**

1. Reva, M.V., Usova, Z.V., & Semushin, R.D. (2012). Black-flies of genus *Odagmia* Enderlein, 1921 of the southeast of Ukraine. *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*, 1(12), 154-168.
2. Rubzov, I.A. (1956). Black-flies (family Simuliidae), 860 p.
3. Usova, Z.V. (1961). Fauna of black-flies of Karelia and Murmansk region (Diptera, Simuliidae), 286 p.
4. Yankovskiy, A.V. (2002). Determinant of black-flies (Diptera, Simuliidae) of Russia and contiguous territories (the former USSR), 568 p.

Received: 22.10.2013

Accepted: 14.11.2013

УДК 598.2

© **О. Г. Суханова<sup>1</sup>, В. А. Сиренко<sup>2</sup>, Н. М. Сиренко<sup>2</sup>**  
**ГНЕЗДЯЩИЕСЯ ПТИЦЫ ОТДЕЛЕНИЯ «КАМЕННЫЕ МОГИЛЫ»**  
**УКРАИНСКОГО СТЕПНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА**

<sup>1</sup>*Донецкий национальный университет*

*83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: suhanova1991@mail.ru*

<sup>2</sup>*Украинский степной природный заповедник*

*Донецкая обл., Тельмановский район, с. Самсоново, отделение «Хомутовская степь»*

**Суханова О. Г., Сиренко В. А., Сиренко Н. М. Гнездящиеся птицы отделения «Каменные Могилы» Украинского степного природного заповедника.** – В данной работе представлены результаты наблюдений 2010-2013 гг. на территории отделения «Каменные Могилы» УСПЗ. За период наблюдения на территории отделения было выявлено 45 гнездящихся видов птиц, которые относятся к 23 семействам и 11 отрядам. Средняя плотность населения гнездящихся птиц составляет 373,8 пар/км<sup>2</sup>. К категории очень редких видов относятся – 3 вида, редких – 12, малочисленных – 15, обычных – 6, многочисленных – 9. Выделены основные экологические группы: дендрофилы – 19 видов (средняя плотность 203,7 пар/км<sup>2</sup>), кампофилы – 11 видов (123,2 пар/км<sup>2</sup>), склерофилы – 10 видов (41,9 пар/км<sup>2</sup>) и лимнофилы – 5 видов (5,4 пар/км<sup>2</sup>). Отмечена тенденция к увеличению численности представителей экологической группы дендрофилов, что связано с распространением в степи древесно-кустарниковой растительности.

*Ключевые слова:* целинные степи, степной орнитокомплекс, гнездящиеся виды птиц, экологические группы.

**Суханова О. Г., Сиренко В. О., Сиренко Н. М. Гніздові птахи відділення «Кам'яні Могили» Українського степового природного заповідника.** – У даній роботі представлені результати спостережень 2010-2013 рр. на території відділення «Кам'яні Могили» УСПЗ. За період спостереження на території відділення було виявлено 45 гніздових видів птахів, які відносяться до 23 родин і 11 рядів. Середня щільність населення птахів складає 373,8 пар/км<sup>2</sup>. До категорії дуже рідкісних видів відносяться – 3 види, рідкісних – 12, малочисельних – 15, звичайних – 6, численних – 9. Виділено основні екологічні групи: дендрофіли – 19 видів (середня щільність 203,7 пар/км<sup>2</sup>), кампофіли – 11 видів (123,2), склерофіли – 10 видів (41,9) та лімнофіли – 5 видів (5,4). Відзначено тенденцію до збільшення чисельності представників екологічної групи дендрофілів, що пов'язано з поширенням в степу деревно-чагарникової рослинності.

*Ключові слова:* цілинний степ, степовий орнітокомплекс, гніздові види птахів, екологічні групи.

## **Введение**

Степная зона расположена на Юго-Востоке Украины и занимает около трети её площади. На протяжении прошлого столетия и по сей день, степи подвержены трансформационным процессам. Небольшие по площади участки степи вошли в состав природно-заповедного фонда Украины. На территории Донецкой области целинные участки вошли в состав 4 отделений Украинского степного природного заповедника: «Хомутовская степь», «Каменные Могилы», «Кальмиусское», «Меловая флора».

Отделение «Каменные Могилы» находится в юго-восточной части Приазовской возвышенности и представляет восточный край Украинского кристаллического щита. В течении XX века природа степей Приазовской возвышенности существенно изменялась под влиянием хозяйственной деятельности человека. Степные участки, на базе которых были основаны заповедники, продолжительное время с большей либо меньшей интенсивностью использовались в качестве пастбищ и сенокосов [13]. На одном из подобных участков в 1927 г. был сформирован заповедник «Каменные Могилы». Но, несмотря на заповедный статус, данную территорию продолжали использовать для выпаса. Вследствие этого к началу 50-х годов XX в. степь превратилась в пастбище. Катастрофически обеднела флора и фауна. Исчезло большинство видов птиц гнездящихся здесь ещё в 30-е годы, а в растительном покрове доминировали крайние степени дигрессии [13]. На данный момент территория уже более 50 лет полностью изъята из хозяйственного пользования и минимально подвержена влиянию антропогенного фактора.

Степные экосистемы являются основой жизни уникальной и достаточно специфической биоты. Растительный комплекс и особенности ландшафта создали благоприятные условия для развития степной орнитофауны.

Начиная с 20-х годов XX века, начинается активное изучение природы Приазовья. В изучении заповедного фонда принимают участие известные учёные: Ю. Д. Клеопов, В. С. Вальх, Е. М. Авраменко, М. В. Клеопов, С. И. Медведев. Первые орнитологические наблюдения на территории заповедника «Каменные Могилы» были проведены В. Г. Кавериним. Далее инвентаризация орнитофауны Украинского степного природного заповедника была проведена в 1973 г. Более поздняя работа В. А. Сиренко и В. В. Мартынова [11] о наземных позвоночных УСПЗ посвящена составу орнитофауны и характеру пребывания птиц на территории отделений. В работе Д. В. Пилипенко с соавторами [8] представлены материалы десятилетних наблюдений за орнитофауной в среднем течении р. Берда, где приведены интересные данные о гнездовании и численности некоторых видов птиц.

Таким образом, степные участки являются уникальными биотопами и их исследование является актуальным на сегодняшний день.

### **Характеристика места исследования**

Степная зона северо-восточного Приазовья включает в себя Приазовскую возвышенность и северо-восточное низменное побережье Азовского моря. Приазовская возвышенность занимает центральную и северную часть Приазовских степей. Здесь хорошо развита овражно-балочная система, занимающая 40% площади возвышенности. Отделение Украинского степного природного заповедника «Каменные Могилы» находится в юго-восточной части Приазовской возвышенности Андреевско-Володарского географического района Левобережноднепровско-Приазовского края Северо-степной подзоны Степной зоны Восточно-Европейской равнины и представляет собой восточный край Украинского кристаллического щита. Административно территория отделения расположена на территории Донецкой (Володарский район – 289,2 га) и Запорожской (Куйбышевский район – 100 га) областей [2]. Отделение «Каменные Могилы» – один из живописнейших и интереснейших уголков, сохранившихся среди степей Украины. Особенностью заповедного участка являются своеобразные древние выходы кристаллических пород, которые представлены невысокими горными грядами, выделяющимися на фоне равнинного ландшафта степной местности. Достаточно мощные гранитные выходы занимают практически половину площади заповедника. Два параллельных горных хребта простираются с северо-запада на юго-восток вдоль небольшой речки Каратыш (приток р. Берда). Из-за близости глубокой речной долины, восточная гряда кажется более высокой и крутой, гранитные выходы практически непрерывны в отличие от западной гряды [13].

Между хребтами кристаллических пород образовалась долина, по центру которой проходит достаточно глубокая балка (пересыхающее русло р. Каратюк). В юго-восточной части массива гранитные выходы имеют вид плоских плит, формирующих плато. «Каменные Могилы» – это один из уникальных степных заповедных участков Украины. Разнотравно-типчачово-ковыловые степи заповедника следует отнести к петрофитному типу. Своеобразие и специфичность растительности обусловлены особенностью рельефа и поверхностных отложений. Гранитные выходы обуславливают своеобразный растительный и животный комплексы [13].

### **Материал и методика исследования**

Изучение гнездящейся орнитофауны отделения «Каменные Могилы» Украинского степного природного заповедника проводилось в весенне-летние периоды 2010-2013 гг. методом картографирования гнездящихся пар птиц, а также проводился маршрутный учёт с фиксированной полосой учёта 100 м [10].

На території заповідника можна виділити наступні типи біотопів, по яким проводились також і маршрутні учётi: северная щербистая степь, плакорная степь, гранитные выходы (восточная и западная гряды), абсолютно заповідная степь, плоскогорье и долина реки.

Территория заповідника розбита на квадрати, с длиной стороны 100 м, формирующие гектарную сеть, благодаря которой облегчается привязка местности к карте заповідника [3–5].

В основе картографирования гнездящихся видов лежит методика учёта птиц на пробных площадях [6]. В выбранном квадрате на местности учитывалась каждая гнездящаяся пара птиц и фиксировалась в соответствующем квадрате на карте, т. е. проводился учёт каждого квадрата гектарной сети. Таким образом, учёт гнездящихся птиц является максимально приближенным к абсолютному.

Сведения о гнездовом составе птиц и о его изменениях представлены в табл. 1. Видовые названия птиц и их систематическое положение приведены согласно Л. С. Степаняну [12].

### Результаты и обсуждение

За время исследований на территории отделения «Каменные Могилы» и в его окрестностях выявлено 99 видов птиц, из которых 45 вид гнездящиеся (см. табл. 1) и относятся к 11 отрядам: соколообразные (Falconiformes) – 1 вид, курообразные (Galliiformes) – 3 вида, журавлеобразные (Gruiformes) – 1 вид, голубеобразные (Columbiformes) – 1 вид, кукушкообразные (Cuculiformes) – 1 вид, совообразные (Strigiformes) – 2 вида, удообразные (Upuriformes) – 1 вид, козодоеобразные (Caprimulgiformes) – 1 вид, ракшеобразные (Coraciiformes) – 1 вид, дятлообразные (Piciformes) – 1 вид и воробьинообразные (Passeriformes) – 35 видов.

Таблица 1

#### Виды гнездящихся птиц, выявленные на территории отделения «Каменные Могилы»

№	Вид	1997 (по данным Сиренко, Мартынова [11])	2010	2011	2012	2013
1.	Болотный лунь <i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	Гн	–
2.	Серая куропатка <i>Perdix perdix</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
3.	Перепел <i>Coturnix coturnix</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
4.	Фазан <i>Phasianus colchicus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
5.	Коростель <i>Crex crex</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	–
6.	Клинтух <i>Columba oenas</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	–	–	–	–
7.	Вяхирь <i>Columba palumbus</i> (Linnaeus, 1758)	–	Гн	Гн	Гн	Гн
8.	Кукушка <i>Cuculus canorus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	–	–
9.	Сплюшка <i>Otus scops</i> (Linnaeus, 1758)	Зал	–	–	Гн	–
10.	Сыч домовый <i>Athene noctua</i> (Scopoli, 1769)	Гн	Гн	Гн	–	Гн
11.	Ушастая сова <i>Asio otus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	–	–	Пгн	Пгн
12.	Болотная сова <i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Гн	–	–	Зим	–
13.	Козодой обыкновенный <i>Caprimulgus europaeus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	–	Гн
14.	Удод <i>Upupa epops</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
15.	Зимородок обыкновенный <i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	Лет	Гн	Гн	Гн	Гн
16.	Вертишейка <i>Jynx torquilla</i> (Linnaeus, 1758)	–	Гн	Гн	–	Гн
17.	Ласточка деревенская <i>Hirundo rustica</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
18.	Степной жаворонок <i>Melanocorypha calandra</i> (Linnaeus, 1766)	Гн	–	–	–	–
19.	Малый жаворонок <i>Calandrella cinerea</i> (Gmelin, 1789)	Гн	–	–	–	–
20.	Полевой жаворонок <i>Alauda arvensis</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн

№	Вид	1997 (по данным Сиренко, Мартынова [11])	2010	2011	2012	2013
21.	Хохлатый жаворонок <i>Galerida cristata</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
22.	Полевой конёк <i>Anthus campestris</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	–	Гн
23.	Желтая трясогузка <i>Motacilla flava</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
24.	Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i> (Linnaeus, 1758)	Пр	Гн	Гн	Гн	Гн
25.	Обыкновенный жулан <i>Lanius collurio</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
26.	Иволга <i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	Гн	Гн	–
27.	Скворец обыкновенный <i>Sturnus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
28.	Сорока <i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
29.	Серая ворона <i>Corvus cornix</i> (Linnaeus, 1758)	–	Гн	–	–	–
30.	Соловьиный сверчок <i>Locustella luscinioides</i> (Savi, 1824)	Гн	–	–	–	Гн
31.	Дроздовидная камышевка <i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
32.	Садовая славка <i>Sylvia borin</i> (Boddaert, 1783)	Гн	–	–	–	–
33.	Серая славка <i>Sylvia communis</i> (Latham, 1787)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
34.	Луговой чекан <i>Saxicola rubetra</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
35.	Черноголовый чекан <i>Saxicola torquata</i> (Linnaeus, 1766)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
36.	Каменка обыкновенная <i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
37.	Каменка-плясунья <i>Oenanthe isabellina</i> (Temminck, 1829)	Гн	–	–	–	Гн
38.	Каменка-пleshанка <i>Oenanthe pleschanka</i> (Lepechin, 1770)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
39.	Соловей <i>Luscinia luscinia</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
40.	Горихвостка-чернушка <i>Phoenicurus ochruros</i> (Gmelin, 1774)	–	Гн	Гн	Гн	Гн
41.	Ремез <i>Remiz pendulinus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
42.	Большая синица <i>Parus major</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	–	Гн
43.	Домовый воробей <i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
44.	Полевой воробей <i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
45.	Зяблик <i>Fringilla coelebs</i> (Linnaeus, 1758)	Зим	Гн	Гн	–	–
46.	Зеленушка <i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
47.	Щегол черноголовый <i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
48.	Коноплянка <i>Acanthis cannabina</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
49.	Просянка <i>Emberiza calandra</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	–	–	Гн	Гн
50.	Овсянка черноголовая <i>Emberiza melanocephala</i> (Scopoli, 1769)	Гн	Гн	Гн	Гн	–
51.	Овсянка садовая <i>Emberiza hortulana</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
52.	Овсянка обыкновенная <i>Emberiza citrinella</i> (Linnaeus, 1758)	Гн	Гн	Гн	Гн	Гн
Всего видов		44 Гн, 1 Пр, 1 Зим, 1 Лет	39 Гн	40 Гн	38 Гн	41 Гн

Примечание: «–» – вид не отмечался, **Гн** – вид гнездится, **Зим** – вид отмечен на зимовке, **Зал** – отмечались одиночные встречи вида, **Пр** – вид отмечается на пролёте, **Лет** – отмечались встречи вида в гнездовой период, **Пгн** – вид предположительно гнездится на данной территории.

Из приведенного выше списка видно, что по сравнению с исследованиями 1998 г., на данный момент некоторые виды птиц изменили свой характер пребывания на территории отделения [3–5, 11].

**Болотный лунь.** В районе «Каменных Могила» летом 2010 г. регулярно встречались две пары луня болотного. В весенне-летний период 2011 г. в долине Каратыша отмечалась одна пара. На гнездовании в 2012 г. отмечено две пары в долине Каратыша – одна из них на территории отделения и две пары на водоеме возле отделения. В предыдущие годы отмечались единичные встречи как на пролёте, так и в гнездовой период.

Клинтух, по данным ранее проводимых наблюдений, достаточно обычный вид, встречался на территории заповедника. За последние годы вид изменил характер пребывания и встречался только на пролёте.

Вяхирь. В последние годы вид регулярно гнездится на территории отделения (от 3 до 5 пар), его гнездование связано с достаточно мощной древесно-кустарниковой растительностью. В предыдущие годы вид отмечался на гнездовании только в окрестных лесополосах. К концу 90-х годов наблюдалось увеличение численности.

Сплюшка. В предыдущие годы – крайне редкий вид, одиночные залёты фиксировались в летнее время. За последние годы вид изменил свой статус на гнездящийся и, очевидно, возросла его численность. В 2012 г. сплюшка отмечена на гнездовании на территории усадьбы заповедника. Также регулярно гнездится в прилегающих к территории лесополосах.

Ушастая сова. По результатам наблюдений последних лет, вид отмечался в гнездовой период и является предположительно гнездящимся на территории отделения. Ранее вид отмечался на гнездовании в количестве 3-4 пар.

Болотная сова также ранее отмечалась на гнездовье и зимовках. По данным наблюдений за последние годы вид стал встречаться на пролётах и зимовье.

Зимородок обыкновенный. Ранее очень редкий вид, отмечались одиночные особи залетающие в летний период для кормёжки. В последние годы вид регулярно гнездится в количестве 1–2 пар.

Вертишейка. Ранее очень редкий вид, отмечались одиночные встречи на территории усадьбы. По данным последних лет наблюдения, вид регулярно отмечается на гнездовании на территории отделения и в окрестных лесополосах. В 2011 и 2013 гг. пара гнездящихся птиц отмечалась на территории усадьбы заповедника. Гнездовье вертишейки на территории заповедника привязано к старым дуплистым деревьям, либо же гнёзда устраиваются в скворечниках на территории усадьбы.

Степной жаворонок в предыдущие годы отмечался на гнездовании как редкий вид [9, 11]. За последние годы вид на гнездовании в пределах заповедного участка не обнаружен. Гнездование данного вида отмечено на окрестных полях и пастбищах.

Малый жаворонок также ранее отмечался на гнездовании как редкий вид [9, 11]. В последние годы на гнездовье не обнаружен.

Белая трясогузка в предыдущие годы не обнаружена на гнездовании, являлась многочисленным видом на пролёте. В последние годы вид регулярно отмечается на гнездовании в количестве 4–6 пар. Гнездование данного вида приурочено к влажным балкам и берегам ручьев, а также к постройкам человека.

Иволга. В последние годы места гнездовий этого вида были обнаружены не только в прилегающих к отделению лесополосах, но и на территории заповедного участка. На гнездовье в пределах заповедника отмечается 1–2 пары, в окрестных лесополосах – 3–5 пар. В предыдущие годы вид отмечался как редкий гнездящийся только в окрестных лесополосах.

Серая ворона на гнездовании в пределах заповедника за последние годы была отмечена только один раз в 2010 г. В предыдущие годы первое успешное гнездование было зафиксировано в 1989 г.

Горихвостка-чернушка. В предыдущие годы вид не обнаружен на пролёте и гнездовании. В последние годы горихвостка-чернушка в количестве 1–3 пар регулярно гнездится на территории усадьбы и на участках с выходами гранита.

Зяблик по результатам наблюдений предыдущих годов встречался только на зимовках. В последние годы вид отмечен на гнездовании в пределах территории заповедника и в окрестных лесополосах. На территории заповедника регулярно отмечается 1–3 пары.

Просянка ранее отмечалась как редкий гнездящийся вид и встречалась на территории заповедника локально, по окраинам. В последние годы прослеживается тенденция к увеличению численности и проникновению вида вглубь заповедной территории. Так, в 2013 г. на гнездовании было отмечено 18 пар.

По результатам картирования 2010–2013 гг. выявлено 45 видов птиц, средняя плотность населения которых составляет 373,8 пар/км<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2

**Структура населения гнездящихся птиц отделения «Каменные Могилы»**

№	Вид	Ср. плотность населения, пар/км <sup>2</sup>	Экол. группа
Очень редкие, < 0,1			
1.	Болотный лунь	0,08	Л
2.	Сплюшка	0,08	Д
3.	Серая ворона	0,08	Д
Редкие, < 1			
4.	Соловьиный сверчок	0,13	Л
5.	Вертишейка	0,2	Д
6.	Иволга	0,3	Д
7.	Каменка-плясунья	0,3	К
8.	Зимородок	0,35	Л
9.	Зяблик	0,5	Д
10.	Горихвостка чернушка	0,53	С
11.	Каменка-пleshанка	0,58	С
12.	Сыч домовый	0,63	С
13.	Козодой	0,7	Д
14.	Овсянка черноголовая	0,9	Д
15.	Скворец обыкновенный	0,95	С
Малочисленные, 1 < 5			
16.	Вяхирь	1,05	Д
17.	Белая трясогузка	1,58	Л
18.	Коростель	1,6	К
19.	Полевой конёк	1,63	К
20.	Желтая трясогузка	1,65	К
21.	Удод	3,73	С
22.	Хохлатый жаворонок	3,85	К
24.	Полевой воробей	1,38	С
25.	Большая синица	1,478	Д
26.	Ремез	1,73	Л
27.	Дроздовидная камышевка	1,88	Л
28.	Просянка	2,3	К
29.	Зеленушка	2,5	Д
30.	Овсянка обыкновенная	3,28	Д
Обычные, 5 < 10			
31.	Ласточка деревенская	5,33	С
32.	Сорока	5,53	Д
33.	Щегол	6,3	Д
34.	Серая куропатка	6,7	К
35.	Фазан	7,03	Д
36.	Черноголовый чекан	7,1	К
Многочисленные, 10 < 100			
37.	Коноплянка	11,63	Д
38.	Перепел	12,23	К
39.	Жулан	15,53	Д
40.	Соловей	25,2	Д
41.	Каменка обыкновенная	27,3	С
42.	Полевой жаворонок	40,35	К
43.	Луговой чекан	45,68	К
44.	Овсянка садовая	55,45	Д
45.	Серая славка	65,48	Д
Всего		373,8	

Примечание. Экологическая группа: Д – дендрофил, К – кампофил, Л – лимнофил, С – склерофил [1].

Скворец обыкновенный – регулярно гнездящийся вид. Ранее гнезился только на территории усадьбы. Гнездование этого вида в настоящее время связано со скворечниками и дуплистыми деревьями. За время наших наблюдений регулярно отмечается от 3 до 5 гнездящихся пар.

Соловьиный сверчок. Гнездование данного вида приурочено к долине реки и плотным тростниковым зарослям. В пределах долины Каратыша – это обычный гнездящийся вид, но на участке реки, относящимся к заповеднику, встречается нерегулярно. Так, в 2103 г. было отмечено гнездящихся 2 пары.

Каменка-плясунья. По данным предыдущих наблюдений отмечалась как редкий гнездящийся вид [7, 11]. Её гнездовые участки на территории заповедника привязаны к выходам гранитов. За последние годы этот вид встречался преимущественно на пролётах, в 2012 г. на гнездовании было отмечено 5 пар.

Каменка-пleshанка. Регулярно на территории заповедника гнездится 2–3 пары. Гнездовые пleshанки приурочено к восточной и западной горным грядам. Ранее отмечалась как очень редкий вид (до 5 гнездящихся пар).

Овсянка черноголовая – редкий вид, занесенный в Красную книгу Украины. Ранее распространение овсянки по территории заповедника было привязано к северному участку. В последние годы от 3 до 7 пар гнездится в южной части заповедника.

Коростель. Ранее отмечался как очень редкий гнездящийся во влажные годы вид. За время наших наблюдений регулярно гнезился в количестве от 5 до 11 пар.

Хохлатый жаворонок и полевой конёк ранее пребывали в статусе редких гнездящихся видов. Гнездовые участки хохлатого жаворонка привязаны к северному участку заповедника и плоскогорью (от 4 до 23 пар), в подобных биотопах можно встретить и полевого конька (от 2 до 22 пар).

Гнездование полевого и домового воробьев привязано к территории усадьбы. Птицы устраивают гнёзда под крышами хозяйственных построек.

Гнездование ласточки деревенской также связано с территорией усадьбы. Ласточка устраивает гнёзда в хозяйственных постройках в пределах усадьбы, регулярно отмечается 20–23 гнездящихся пары.

Овсянка садовая – один из наиболее многочисленных гнездящихся видов. На территории заповедника регулярно гнездится от 125 до 275 пар.

Наиболее многочисленно на территории отделения представлена серая славка, на гнездовании регулярно отмечается от 216 до 284 пар.

Выявленные виды птиц можно отнести к 4 экологическим группам, а именно: дендрофилы – 19, кампофилы – 11, лимнофилы – 5, склерофилы – 10 видов (рис. 1).

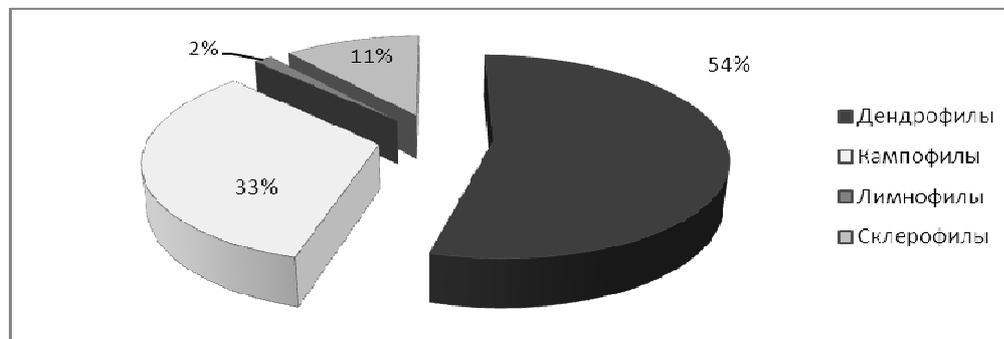


Рис. 1. Соотношение экологических групп птиц на территории отделения «Каменные Могилы» (плотности гнездования, пар/км<sup>2</sup>).

Существенное преобладание группы дендрофилов (общая плотность 203,7 пар/км<sup>2</sup>) на территории заповедника объясняется наличием достаточно распространённой древесно-кустарниковой растительности на степных участках, у подножья гранитных выходов, а также непосредственно на самих скалах. Этим фактором обуславливаются оптимальные условия для гнездования представителей данной экологической группы. В последние годы отмечается увеличение численности дендрофилов.

Группа кампофилов составляет треть от общего количества (123,2 пар/км<sup>2</sup>). Среди представителей этой группы доминируют полевой жаворонок и луговой чекан. Наивысшая гнездовая плотность полевого жаворонка на плакорном участке и плоскогорье. Минимальная плотность этого вида зафиксирована на абсолютно заповедном участке. Данный вид тяготеет к плакорным участкам с изреженным травостоем. Гнездовые участки лугового чекана практически однородно распределены по территории заповедника.

Гнездовья представителей группы склерофилов в основном привязаны к гранитным выходам. В этом биотопе преобладает каменка обыкновенная и распространён угод. Также следует отметить гнездование сыча домового на восточной гряде.

Минимально представлена группа лимнофилов. Гнездовья представителей этой группы привязаны к долине реки и влажным балкам. Небольшая доля лимнофилов объясняется отсутствием обширных тростниковых зарослей долины реки на территории заповедника. Доминирующим видом данной группы является дроздовидная камышевка, также достаточно распространены ремез и белая трясогузка.

### **Выводы**

По результатам наблюдений 2010–2013 гг. на территории отделения было выявлено 45 гнездящихся видов птиц, которые относятся к 23 семействам и 11 отрядам.

Установлено, что некоторые виды птиц (болотный лунь, клинтух, вяхирь, сплюшка, ушастая сова, болотная сова, зимородок обыкновенный, вертишейка, степной жаворонок, малый жаворонок, белая трясогузка, иволга, серая ворона, горихвостка-чернушка, зяблик, просянка) изменили статус пребывания на территории заповедника.

Средняя плотность населения гнездящихся птиц составляет 373,8 пар/км<sup>2</sup>. К категории очень редких видов относятся – 3 вида, редких – 12, малочисленных – 15, обычных – 6, многочисленных – 9.

Современная гнездовая фауна птиц «Каменных Могил» включает в себя виды разных экологических групп: дендрофилы – 19 (средняя плотность 203,7 пар/км<sup>2</sup>), кампофилы – 11 (123,2 пар/км<sup>2</sup>), склерофилы – 10 (41,9 пар/км<sup>2</sup>) и лимнофилы – 5 (5,4 пар/км<sup>2</sup>).

Отмечена тенденция к увеличению численности представителей экологической группы дендрофилов, что связано с распространением в степи древесно-кустарниковой растительности.

### **Список литературы**

1. *Белик В. П.* Биотопическое распределение и экологическая структура / В. П. Белик // Птицы степного Придону: формирование фауны, её антропогенная трансформация и вопросы охраны. – 2000. – С. 72–83.
2. *Ланько А. И.* Физико-географическое районирование Украинской ССР / А. И. Ланько / Под ред. В. П. Попова, А. М. Маринича, А. И. Ланько. – К.: Наук. думка, 1960. – С. 413–423.
3. Літопис природи. Український степовий природний заповідник НАН України. Відділення «Кам'яні Могили». – 2010.
4. Літопис природи. Український степовий природний заповідник НАН України. Відділення «Кам'яні Могили». – 2011.
5. Літопис природи. Український степовий природний заповідник НАН України. Відділення «Кам'яні Могили». – 2012.

6. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных / Г. А. Новиков. – М.: Советская наука, 1949. – С. 153–159.
7. Панченко С. Г. О новых находках каменки-плясуньи (*Oenanthe isabellina* Temm.) на Украине / С. Г. Панченко // Вестн. зоол. – 1976. – № 6. – С. 24–27.
8. Пилипенко Д. В. Орнитофауна среднего течения бассейна р. Берда / Д. В. Пилипенко, В. О. Сиренко, О. Г. Суханова // Кам'яні могили – минуле та сучасність (ювілейна збірка). – 2012. – Вип. 2, ч. 1. – С. 256–269.
9. Попенко В. М. Особливості розподілу жайворонків (*Aves*, *Alaudidae*) в основних біотопах Лівобережного степу України / В. М. Попенко // Вісн. зоол. – 1979. – № 2. – С. 40–43.
10. Равкин Е. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учёту птиц / Е. С. Равкин, М. Г. Челенцов. – М., 1990. – 40 с.
11. Сиренко В. А. Фауна наземных позвоночных Украинского степного природного заповедника (Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие. Аннотированный список видов) / В. А. Сиренко, В. В. Мартинов // Тр. Укр. степного природного заповедника «Каменные Могили» (юбилейный сборник). – К.: Фитосоциоцентр, 1997. – Вып. 1. – С. 63–82.
12. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны СССР. – М.: Наука, 1990. – 728 с.
13. Ткаченко В. С. Украинский природный степной заповедник. Растительный мир / В. С. Ткаченко, Я. П. Дидух, А. П. Генюв и др. – К., 1998. – С. 25–27.

Поступила в редакцию 29.11.2013

Принята в печать 20.12.2013

Sukhanova O. G.<sup>1</sup>, Sirenko V. A.<sup>2</sup>, Sirenko N. M.<sup>2</sup>

NESTING BIRDS OF UKRAINE STEPPE NATURE RESERVE «KAM'YANI MOGYLY» BRANCH

<sup>1</sup>Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: suxanova1991@mail.ru

<sup>2</sup>Ukraine Steppe Nature Reserve

Telmanovsky district village Samsonovo branch «Khomutovskaya steppe», Donetsk region, Ukraine

The territory of reserve is deprived of economic influence of human for more than 50 years that is very important for preservation and restoration of steppe biota natural complex. The unique combination of granite outputs and steppe areas creates favorable conditions for nesting of many bird's types. Researches of avifauna were conducted in 2010–2013 by methods of mapping and route registration of nesting birds. Over the observation period on the territory of Branch was revealed 45 species of nesting birds that belongs to 23 families and 11 orders. The average population density of nesting birds is 373.8 pairs/km<sup>2</sup>. Some variations in nested structure of birds were analyzed. The list of nesting species and average population density of birds are presented. On the basis of average population density the following groups of birds are allocated: very rare, rare, usual and numerous. The following ecological groups of birds are pointed out: dendrophils – 19 species, kampophils – 11, sklerophils – 10, limnophils – 5. Tendency to increase the number of members in ecological group of dendrophils is marked. This is connected with the proliferation in the steppe of trees and shrubs.

*Key words:* virgin steppe, steppe ornithological complex, nesting birds, environmental groups.

#### References

1. Belik, V.P. (2000). Biotopic distribution and ecological structure. Steppe birds Pridonya: Formation fauna, its Anthropogenous transformation of and issues of protection, 72–83.
2. Lanko, A.I. (1960). Physico-geographical regionalization of the Ukrainian SSR, 413–423.
3. Litopis Nature (2010). Ukraine Steppe Nature Reserve NAS of Ukraine. «Kam'yani Mogyly».
4. Litopis Nature (2011). Ukraine Steppe Nature Reserve NAS of Ukraine. «Kam'yani Mogyly».
5. Litopis Nature (2012). Ukraine Steppe Nature Reserve NAS of Ukraine. «Kam'yani Mogyly».
6. Novikov, G.A. (1949). Field studies of the ecology of terrestrial vertebrates, Moscow, 153–159.
7. Panchenko, S.G. (1976). About new findings Isabelina wheatear (*Oenanthe isabellina* Temm.) in Ukraine. Vestnik Zool., 6, 24–27.
8. Pilipenko, D.V., Sirenko, V.A., & Sukhanova, O.G. (2012). The avifauna of the middle reaches of the catchment basin r. Berda. Kam'yani Mogyly – Past and Present, 2(1), 256–269.
9. Popenko, V.M. (1979). Features of the distribution larks (*Aves*, *Alaudidae*) basically biotope Left-bank steppe of Ukraine. Vestnik Zool., 2, 40–43.
10. Ravkin, E.S., & Chelentsov, M.G. (1990). Methodical recommendations on integrated routing accounts which of birds. Moscow, 40 p.

11. Syrenko, V.A., & Martinov, V.V. (1997). Terrestrial vertebrate fauna of the Ukraine Steppe Nature Reserve (reptiles, birds, mammals. Annotated list of species). Proceedings Ukraine Steppe Nature Reserve «Kam'yani Mogyly». Kiev, 1, 63-82.
12. Stepanian, L.S. (1990). Synopsis of the ornithological fauna of the USSR. Moscow, 728 p.
13. Tkachenko, V.S., Didukh, J.P., & Genov, A.P. (1998). Ukraine Steppe Nature Reserve. Flora. Kiev, 25-27.

Received: 29.11.2013

Accepted: 20.12.2013

УДК 592 : 595.423

© Н. Н. Ярошенко

**ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ (ACARIFORMES, ORIBATEI) И ДРУГАЯ МЕЗОФАУНА РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА «КРАМАТОРСКИЙ» (ДОНЕЦКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eco99@i.ua*

**Ярошенко Н. Н.** Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) и другая мезофауна регионального ландшафтного парка «Краматорский» (Донецкая область). – В четырех экотопах участка № 4 «Белокузьминовка» в ноябре 2012 г. из 22 почвенных проб извлечено 260 экз. (28,57%) панцирных клещей, плотность – 4728 экз./м<sup>2</sup>. Обнаружено 37 видов орибатид, относящихся к 29 родам, 22 семействам. В мае 2013 г. в этих же экотопах в 40 пробах почвы дополнительно определено 22 вида. Всего на данном участке отмечено 59 видов, относящихся к 43 родам и 32 семействам. Другая мезофауна в ноябре составила 71,43% (650 экз., средняя плотность – 11816 экз./м<sup>2</sup>). В апреле 2013 г. в трех экотопах участка № 1 «Беленькое» в 30 почвенных пробах учтено 461 экз. (54,30%) панцирных клещей со средней плотностью населения 6147 экз./м<sup>2</sup>, других почвообитателей – 388 экз. (45,70%), плотность – 5172 экз./м<sup>2</sup>. Определено 50 видов орибатид, относящихся к 35 родам и 22 семействам. На участках № 1 и № 4 РЛП «Краматорский» впервые отмечено 79 видов панцирных клещей, относящихся к 55 родам и 33 семействам. Общими для исследуемых участков являются 20 видов (индекс Жаккара – 22,22%), что свидетельствует о разнообразии и уникальности фауны орибатид заповедных участков, расположенных среди высоко урбанизированных территорий г. Краматорска. В связи с этим, предлагается включить в состав РЛП «Краматорский» следующие урочища байрачного типа: «Широкий лес», «Долгий яр» окр. пос. Ясногорка; «Росоховатое», «Цигляровое» (пос. Шабельковка); «Коханчене» (пос. Александровка) и лесной массив на северном берегу водохранилища г. Краматорска.

*Ключевые слова:* панцирные клещи, орибатиды, мезофауна, экотоп, доминант, региональный парк.

**Ярошенко М. М.** Панцирні кліщі (Acariformes, Oribatei) та інша мезофауна регіонального ландшафтного парку «Краматорський» (Донецька область). – У чотирьох екотопах ділянки № 4 «Білокузьминівська» у листопаді 2012 р. з 22 ґрунтових проб вилучено 260 екз. (28,57%) панцирних кліщів, щільність – 4728 екз./м<sup>2</sup>. Виявлено 37 видів орибатид, що відносяться до 29 родів та 22 родин. У травні 2013 р. у цих же екотопах у 40 пробах ґрунту додатково визначено 22 види. Усього на даній ділянці визначено 59 видів, що відносяться до 43 родів і 32 родин. Інша мезофауна в листопаді склала 71,43% (650 екз., щільність – 11816 екз./м<sup>2</sup>). У квітні 2013 р. у трьох екотопах ділянки № 1 «Біленьке» у 30 пробах враховано 461 екз. (54,30%) панцирних кліщів із середньою щільністю населення 6147 екз./м<sup>2</sup>, інших мешканців ґрунту – 388 екз. (45,70%), щільність – 5172 екз./м<sup>2</sup>. Визначено 50 видів орибатид, що відносяться до 35 родів і 22 родин. На ділянках № 1 і № 4 РЛП «Краматорський» уперше відзначено 79 видів панцирних кліщів, що відносяться до 55 родів і 33 родин. Подібними для досліджуваних ділянок є 20 видів (індекс Жаккара – 22,22%), що свідчить про розмаїтість і унікальність фауни орибатид заповідних ділянок, розташованих серед високо урбанізованих територій м. Краматорська. У зв'язку із цим, пропонується включити до складу РЛП «Краматорський» наступні урочища байрачного типу: «Широкий ліс», «Довгий яр» окр. с. Ясногорка; «Росоховате», «Циглярове» (с. Шабельківка); «Коханчене» (с. Олександрівка) і лісовий масив на північному березі водоймища м. Краматорська.

*Ключові слова:* панцирні кліщі, орибатиди, мезофауна, екотоп, доміант, регіональний парк.

### **Введение**

Почвенная мезофауна, в том числе и преобладающая по численности группа панцирных клещей – орибатид, принимает активное участие в круговороте веществ. Почвенные членистоногие участвуют в почвообразовательных процессах, способствуют минерализации и гумификации почвы. Мониторинговые исследования панцирных клещей на природоохранных территориях Донбасса проведены еще недостаточно полно. В связи с этим, нами впервые была изучена фауна и экология панцирных клещей, а также сопутствующей мезофауны в условиях РЛП «Краматорский»

### **Материал и методика исследования**

На участке № 4 «Белокузьминовка» в четырех экотопах (склон оврага, тропа меловой скалы, вершина и подножье меловой скалы) материал собран в ноябре 2012 г. (22 пробы) и в апреле 2013 г. (40 проб). На участке № 1 «Беленькое» в трех экотопах (участки целинной

степи, сосновых и кленово-дубовых насаждений) почвенные пробы собраны в апреле 2013 г. (30 проб). В каждом экотопе пробы брали в «шахматном порядке» объемом 250 см<sup>3</sup> в 10-кратной повторности. Камеральную обработку собранного материала проводили в лаборатории акарологии кафедры зоологии и экологии ДонНУ по общепринятым методикам Е. М. Булановой-Захваткиной [2], М. С. Гилярова [3], Н. Н. Ярошенко [6]. Пересчет панцирных клещей и других почвообитателей проводили на 1 повторность. Среднюю плотность мезофауны определяли по методике К. К. Фасулати [4]. Индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей и других членистоногих исследуемых экотопов (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5% – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [1]. Общность видового состава панцирных клещей двух участков парка определяли по формуле Жаккара:  $K = (C/A+B-C) \times 100\%$ , где *A* и *B* – число видов 1-го и 4-го участков соответственно, *C* – число общих видов для двух участков.

### Результаты и обсуждение

На территории РЛП «Краматорский» панцирные клещи ранее не изучались, в связи с этим нами впервые в ноябре 2012 г. проведены исследования в четырех экотопах отделения № 4 «Белокузьминовка». На территории участка среди целинной кальцефитной ковыльно-разнотравно-типчаковой степи расположены скалоподобные обнажения верхнего мела с разнообразной флорой.

На склоне оврага преобладали злаковые растения и разнотравье. Поверхностный слой (0–10 см) субстрата пылеобразный (рН = 6,55), с низкой влажностью – 12,36%. В шести пробах обнаружен минимум численности панцирных клещей – 19 экз. (8,80%), плотность – 1268 экз./м<sup>2</sup>. Определено 7 видов: *R. clavipectinata* – 4 экз. (28,58%), этот вид доминировал у основания меловой скалы, единичные экземпляры встречались на её вершине, не обнаружен на тропе; *Z. exarata* – 5 экз. (35,72%), доминировал в трех экотопах, часто встречался у основания меловой горы. Остальные 5 видов (*P. africanus*, *S. punctatus*, *O. angustollamellata*, *S. latipes*, *G. lanceata*) представлены одним экземпляром каждый (по 7,14%). На склоне оврага при отсутствии растительной подстилки и низкой влажности субстрата отмечены минимальные показатели видового богатства и численности орибатид. Других почвенных обитателей учтено 197 экз. (91,20%), плотность – 13132 экз./м<sup>2</sup>. Преобладали коллемболы 87,31% (172 экз.) и гамазовые клещи – 6,59% (13 экз.). Часто встречалась сборная группа акариформных клещей – 3,55% (7 экз.), остальные представители (пауки, почвенные нематоды, тироглифоидные клещи, многоножки, двукрылые) были малочисленны (табл. 1). Общая численность почвенных обитателей невысокая – 216 экз., плотность – 14400 экз./м<sup>2</sup>, что в целом характерно для кальцефитных экотопов [5].

Вдоль тропы меловой скалы преобладали пырей ползучий и хвощи. Здесь из 8 проб почвы при температуре воздуха +6°С и влажности почвы 20,48% (рН = 6,4) учтено панцирных клещей в 3 раза больше, чем на склоне оврага – 63 экз. (26,81%), плотность – 3152 экз./м<sup>2</sup>. Определено 15 видов. Доминировали 8: *X. tegeocranus* – 8,00%, доминировал в трех экотопах, на склоне оврага не встречался; *P. africanus* – 6,00%; *O. pallida* – 8,00%, единичен на вершине скалы, в остальных экотопах не обнаружен; *Z. exarata* – 22,00%; *L. similis* – 8,00%, 1 экз. найден на вершине скалы, в двух других экотопах не встречался; *P. monodactylus* – 12,00%, часто встречаемый вид в двух других экотопах, на склоне оврага отсутствовал; *P. zachvatkini* – 10,00% и *E. cribrarius* – 6,00%, в других экотопах не встречались. К часто встречаемым видам отнесены *Xenillus descrapans* Gr. (новый вид для фауны Донбасса), *E. inexpectata*, *P. pilosus*; к редким – *O. angustolamellata*, *T. punctulatus*, *G. lanceata*, *P. lanatus*. Других почвенных обитателей учтено небольшое количество – 172 экз. (73,19%), плотность – 8600 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы – 89,54%, часто встречались гамазовые и сборная группа акариформных клещей. Остальные представители (почвенные нематоды, краснотелковые клещи, двукрылые, личинки жуков) были малочисленны. Общая численность почвообитателей составила 235 экз., плотность – 11752 экз./м<sup>2</sup> (см. табл. 1).

**Панцирные клещи и другие почвообитатели участка № 4 «Белокузьминовка»  
РЛП «Краматорский» (ноябрь 2012 г.)**

Вид	Овраг	Тропа	Вершина скалы	Подножье скалы	Всего
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	-	-	-	7/9,09	7/3,41
<i>Epilomannia inexpectata</i> Schuster	-	2/4,00	-	2/2,60	4/1,95
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	-	-	2/3,13	1/1,30	3/1,46
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	-	-	-	2/2,60	2/0,98
<i>Camisia horrida</i> (Herm.)	-	-	-	2/2,60	2/0,98
<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berl.)	-	-	-	2/2,60	2/0,98
<i>Hermanniella punctulata</i> Berlese	-	-	1/1,56	-	1/0,49
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	-	-	4/6,25	2/2,60	6/2,92
<i>Belba dubinini</i> B.-Z.	-	-	-	2/260	2/0,98
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	-	-	4/5,19	4/1,95
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Herm.)*	-	4/8,00	12/18,75	5/6,49	21/10,24
<i>Xenillus discrepans</i> Gr.	-	2/4,00	-	-	2/0,98
<i>Carabodes reticulatus</i> Berl.	-	-	-	6/7,79	6/2,92
<i>Tectocepheus velatus</i> Mich.*	-	-	-	1/1,30	1/0,49
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	-	-	2/3,13	2/2,60	4/1,95
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Mih)	4/28,58	-	1/1,56	4/5,19	9/4,39
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forss.)	-	-	-	2/2,60	2/0,98
<i>Passalozetes africanus</i> Gr.	1/7,14	3/6,00	-	-	4/1,95
<i>Scutovertex minutus</i> (Koch)*	-	-	2/3,13	3/3,89	5/2,44
<i>S. punctatus</i> Sitnikova	1/7,14	-	-	-	1/0,49
<i>Oribatula pallida</i> Banks	-	4/8,00	1/1,56	-	5/2,44
<i>Oribatula angustolamellata</i> Iord.	1/7,14	1/2,00	1/1,56	2/2,60	5/2,44
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	5/35,72	11/22,00	26/40,62	3/3,89	45/21,95
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)*	-	-	-	1/1,30	1/0,49
<i>Liebstadia similis</i> (Mich.)*	-	4/8,00	1/1,56	-	5/2,44
<i>Hemilieus initialis</i> Berl.	-	-	1/1,56	3/3,89	4/1,96
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	1/7,14	-	2/3,13	2/2,60	5/2,44
<i>Peloribates pilosus</i> Hammer	-	2/4,00	2/3,13	11/14,29	15/7,32
<i>Peloribates europaeus</i> Will.*	-	-	3/4,68	-	3/1,46
<i>Protoribates monodactylus</i> (Hall.)	-	6/12,00	2/3,13	2/2,60	10/4,87
<i>Trichoribates novus</i> (Selln.)*	-	-	-	3/3,89	3/1,46
<i>Trichoribates punctatus</i> Schald.	-	1/2,00	-	-	1/0,49
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	5/10,00	-	-	5/2,44
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	1/7,14	1/2,00	1/1,56	2/2,60	5/2,44
<i>Psammogalumna thysanura</i> (Kriv.)	-	-	-	1,30	1/0,49
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	-	3/6,00	-	-	3/1,46
<i>Phthiracarus lanatus</i> Feid. et Suci	-	1/2,00	-	-	1/0,49
Всего орибатид (имаго), экз.	14	50	64	77	205
Количество проб	6	8	7	1	22
Количество экз. на 1 пробу	2,33	6,25	9,14	77	9,32
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	932	2500	3656	30800	3728
Количество видов	7	15	17	26	37
Доминирующих	7	8	3	6	3
Часто встречаемых	-	7	7	16	12
Редких	-	-	7	4	22
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	73,68	79,37	82,05	77,00	78,85
Количество преимагинальных фаз орибатид, экз.	5	13	14	23	55
Количество проб	6	8	7	1	22
Количество на 1 пробу, экз.	0,83	1,625	2	23	2,5
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	332	650	800	9200	1000
Процентное отношение к общему числу орибатид	26,32	20,63	17,95	23,01	21,15

Вид	Овраг	Тропа	Вершина скалы	Подножье скалы	Всего
Всего панцирных клещей, экз.	19	63	78	100	260
Количество проб	6	8	7	1	22
Количество экз. на 1 пробу	3,17	7,88	11,14	100	11,82
Плотность на 1 м <sup>2</sup> (экз./м <sup>2</sup> )	1268	3152	4456	40 000	4728
Процентное отношение орибатид к общему числу почвообитателей	8,80	26,81	25,16	67,11	28,57
Класс Nematoda	1/0,51	1/0,58	3/1,30	-	5/0,77
Класс Arachnida. Отр. Aranei	1/0,51	-	-	-	1/0,15
Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	13/6,59	8/4,65	6/2,58	4/8,16	31/4,77
Отр. Acariformes. Сем. Trombiculidae	-	1/0,58	2/0,86	-	3/0,46
Сем. Acaridae	1/0,51	-	-	-	1/0,15
Прочие семейства отр. Acariformes	7/3,55	5/2,91	3/1,30	38/77,55	53/8,16
Класс Мугиарода. Подкл. Chilopoda	1/0,51	-	-	-	1/0,15
Кл. Insecta. Отр. Podura	172/87,31	154/89,54	216/93,10	6/12,25	548/84,31
Отр. Diptera	1/0,51	1/0,58	1/0,43	-	3/0,46
Отр. Coleoptera (имаго)	-	-	-	1/2,04	1/0,15
Отр. Coleoptera (личинки)	-	2/1,16	-	-	2/0,32
Отр. Neuroptera. Сем. Mermeleontidae (личинки муравьиного льва)	-	-	1/0,43	-	1/0,15
Всего других почвообитателей, экз.	197	172	232	49	650
Количество проб	6	8	7	1	22
Количество на 1 пробу, экз.	32,83	21,5	33,14	49	29,54
Плотность, экз./м <sup>2</sup>	13132	8600	13256	19600	11816
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	91,20	73,19	74,84	32,89	71,43
Всего почвенного населения, экз.	216	235	310	149	910
Количество проб	6	8	7	1	22
Количество экз. на 1 пробу	36	29,38	44,28	149	41,36
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	14400	11752	17712	59600	16544

## Примечания:

- \* – виды панцирных клещей, которые могут принимать участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplосerphalidae;
- в числителе – количество экземпляров / в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

На вершине меловой скалы преобладал пырей ползучий и разнотравье, влажность субстрата – 20,48%, pH = 6,8. В 7 пробах учтено 78 экз. (25,16%) панцирных клещей, плотность – 4456 экз./м<sup>2</sup>. Определено 17 видов, из них доминировали 3: *L. theleproctus* – 6,24%, часто встречаемый у основания меловой скалы, в других экотопах не обнаружен; *X. tegeocranus* – доминант трех экотопов, на склоне оврага не обнаружен; *Z. exarata* – 21,95%, доминировал в трех экотопах, часто встречался у основания меловой скалы. К часто встречаемым отнесены 7 видов: *E. styriaca*, *O. nova*, *S. minutus*, *S. latipes*, *P. europaeus*, *P. pilosus*, *P. monodactylus*; к редким – 7 видов: *H. punctulata*, *R. clavipectinata*, *O. pallida*, *O. angustolamellata*, *L. similis*, *H. initialis*, *G. lanceata*. Численность других почвообитателей увеличилась в 1,1 – 1,3 – 4,7 раза, по сравнению с оврагом, тропой и основанием меловой горы, соответственно, – 232 экз. (74,84%), плотность – 13256 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы – 93,10%, часто встречались гамазовые клещи – 2,58%. Остальные представители (почвенные нематоды, краснотелковые и другие акариформные клещи, двукрылые, сетчатокрылые (личинки муравьиного льва)) были малочисленны. На вершине меловой скалы отмечена максимальная численность почвенного населения – 310 экз., плотность – 17712 экз./м<sup>2</sup> (см. табл. 1).

У основания меловой скалы преобладали пырей ползучий и хвощи. Учтено 149 экз. почвообитателей, плотность – 59600 экз./м<sup>2</sup>. Из них панцирных клещей – 100 экз. (67,11%), плотность – 40000 экз./м<sup>2</sup>, других почвообитателей – 49 экз. (32,89%), плотность – 19600 экз./м<sup>2</sup>. Определено максимальное количество видов орибатид – 26. Доминировали виды: *S. dilutus* – 9,09%, *M. pulverulenta* – 5,19% и *C. reticulatus* – 7,79%, эти виды в остальных

эктопах не встречались; *X. tegeocranus* – 6,49%, доминировал в трех экотопах; *R. clavipectinata* – 5,19%, *P. pilosus* – 14,29%, часто встречаемый вид на тропе и вершине меловой скалы, на склоне оврага не обнаружен. К часто встречаемым отнесены 16 и к редким – 4 вида. Среди других обитателей почвы преобладали сборная группа акариформных клещей – 77,55%, гамазовые клещи – 8,16% и коллемболы – 12,25%. Остальные представители были малочисленны (см. табл. 1).

Таким образом, всего из 22 проб было извлечено 910 экз. почвообитателей, со средней плотностью населения 16544 экз./м<sup>2</sup>. Из них панцирных клещей – 260 экз. (28,57%), плотность – 4728 экз./м<sup>2</sup>, других почвообитателей – 650 экз. (71,43%), плотность – 11816 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы (84,31%), сборная группа акариформных клещей (8,16%), часто встречались гамазовые клещи (4,77%), редко встречаемые виды составили 2,76% (см. табл. 1, рис. 1). Определено 37 видов панцирных клещей, относящихся к 29 родам и 22 семействам, из них 8 видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей из сем. Anoplocephalidae. Доминировали 3 вида: *X. tegeocranus* – 10,24%, доминировал в трех экотопах, на склоне оврага не обнаружен; *Z. exarata* – 21,95%, доминант трех экотопов, часто встречаемый у основания меловой скалы; *P. pilosus* – 7,32%, доминировал у основания меловой скалы, часто встречаемый на тропе и вершине меловой скалы, на склоне оврага не обнаружен. Часто встречались 12 и редко – 22 вида (см. табл. 1, рис. 1). Следует отметить, что в мае 2013 г. в исследуемых экотопах обнаружено дополнительно еще 23 вида орибатид: *Phylozetes turanicus* Gord. (новый вид для фауны Донецкой области), *E. cylindrica*, *P. scaliger*, *G. austriacus*, *L. undulatus*, *Z. micronichus*, *M. emeryi*, *D. moraviacus*, *C. areolatus*, *T. knullei*, *M. glabra*, *O. fixa*, *A. chitinophincta*, *M. brevipes*, *L. licnophorus*, *S. longus*, *S. pallidulus*, *P. glaber*, *Ceratozetes laticuspidatus* Menke (новый вид для фауны Донецкой области), *C. bulanovae*, *C. gracilis*, *T. ornatus*, *H. pavidus*. Таким образом, на участке № 4 в исследуемых экотопах обнаружено 60 видов панцирных клещей, относящихся к 43 родам и 32 семействам. Следует отметить, что разнообразие видового спектра обусловлено благоприятными эдафическими условиями для жизнедеятельности панцирных клещей, что характерно для заповедных территорий [6].

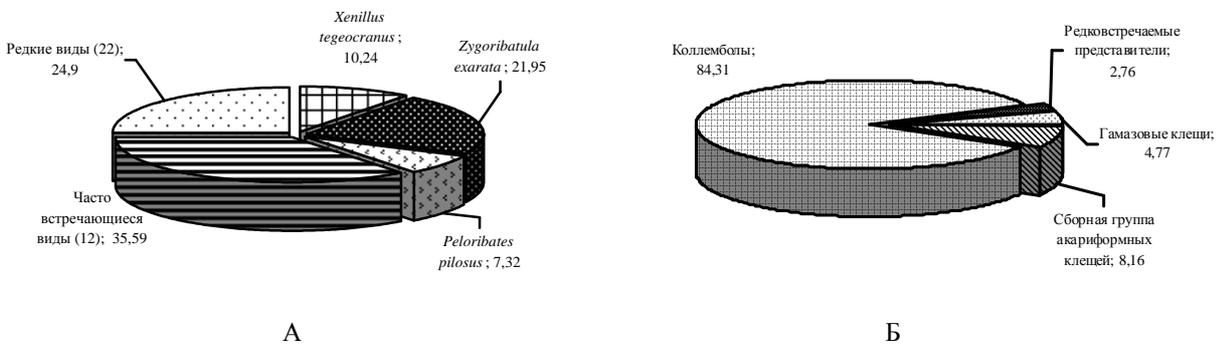


Рис. 1. Распределение панцирных клещей (А) и другой мезофауны (Б) на участке № 4 «Белокузминовка» РЛП «Краматорский» (2012-2013 гг.)

На территории участка № 1 «Беленькое» среди ковыльно-разнотравно-типчаковой степи расположены сосновые и кленово-дубовые насаждения. В трех стационарах из 30 проб извлечено 849 экз. почвенных микроартропод со средней плотностью населения 11320 экз./м<sup>2</sup>.

В ковыльно-разнотравно-типчаковой степи из 10 проб извлечено 97 экз. имагинальных форм панцирных клещей (88,99%), плотность – 3880 экз./м<sup>2</sup> и 12 экз. преимагинальных фаз (личинок и нимф) (11,01%), плотность – 480 экз./м<sup>2</sup>. Всего панцирных клещей учтено 109 экз. (44,67%), плотность – 4360 экз./м<sup>2</sup>, что в 1,6 раза меньше, чем в сосновом и кленово-дубовом насаждениях, что связано с открытостью степного экотопа и хорошим прогреванием поверхностного слоя почвы. Здесь отмечено минимальное видовое богатство панцирных клещей – 22. Доминировали 6 видов: *O. nova* – 10,32%, доминировал в сосновых, часто встречался в кленово-дубовых насаждениях; *M. minus* – 16,49%, преобладал в кленово-

дубовом, редкий вид в сосновом экотопе; *D. cylindrica* – 7,22%, редок в кленово-дубовом экотопе, в сосновом стационаре не обнаружен; *Z. exarata* – 14,44%, часто встречаемый в сосновом стационаре, редкий в кленово-дубовом стационаре; *P. allifera* – 14,44%, доминировал в сосновом экотопе, часто встречался в кленово-дубовом насаждении. Часто встречались 9 и редко – 7 видов (табл. 2).

Таблица 2

**Панцирные клещи и другие почвообитатели участка № 1 «Беленькое»  
РЛП «Краматорский» Донецкая область (апрель 2013 г.)**

Вид	Целинная степь	Сосновая посадка	Дубово-кленовая посадка	Всего
<i>Hypochthonius rufulus rufulus</i> Koch	-	-	6/4,69	6/1,66
<i>Hypochthonius rufulus europaeus</i> D. Kriv.	-	-	6/4,69	6/1,66
<i>Sphaerochthonius dilutus</i> Serg.	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Cosmochthonius lanatus</i> Mich.	2/2,06	-	-	2/0,55
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	1/1,03	-	-	1/0,28
<i>Papillacarus aciculatus</i> (Berl.)	-	-	1/0,78	1/0,28
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	2/2,06	-	-	2/0,55
<i>Epilohmannia styriaca</i> Schuster	1/1,03	4/2,92	1/0,78	6/1,66
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	-	-	1/0,78	1/0,28
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	1/1,03	-	-	1/0,28
<i>Allodamaeus starki</i> B.-Z.	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Belba dubinini</i> B.-Z.	2/2,06	3/2,19	-	5/1,38
<i>Metabelba papillipes</i> (Nic.)	-	-	7/5,47	7/1,93
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	-	4/3,13	4/1,10
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	2/2,06	3/2,19	-	5/1,38
<i>Tectocepheus velatus</i> Mich.*	1/1,03	8/5,84	1/0,78	10/2,76
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz	-	3/2,19	15/11,72	18/4,97
<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudms.)	-	-	7/5,47	7/1,93
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forsslund)	-	2/1,46	7/5,47	9/2,49
<i>Suctobelbella opistodentata</i> Golosova	-	2/1,46	-	2/0,55
<i>Multioppia glabra</i> Mih.	-	-	4/3,13	4/1,10
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Mich.)	-	-	5/3,91	5/1,38
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	10/10,32	19/13,87	6/4,69	35/9,67
<i>Epimerella smirnovi</i> var <i>longisetosa</i> Kul.	-	-	1/0,78	1/0,28
<i>Micropopia minutissima</i> (Selln.)	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Micropopia minus</i> (Paoli)	16/16,49	1/0,73	11/8,59	28/7,73
<i>Lauropopia maritima</i> (Willmann)	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Lauropopia neerlandica</i> (Oudms.)	1/1,03	-	11/8,59	12/3,31
<i>Oppia krivolutskyi</i> Kul.	2/2,06	-	-	2/0,55
<i>Oppia nitens</i> Koch	-	-	1/0,78	1/0,28
<i>Berniniella bicarinata</i> (Paoli)	-	-	1/0,78	1/0,28
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	7/7,22	-	-	7/1,93
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Mih)	-	-	10/7,81	10/2,76
<i>R. mihelcici</i> (Perez-Inigo)	-	-	2/1,56	2/0,55
<i>Passalozetes africanus</i> (Berl.)	2/2,06	-	-	2/0,55
<i>Scutovertex punctatus</i> Sitnikova	1/1,03	-	1/0,78	2/0,55
<i>Oribatula pallida</i> Banks	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Oribatula angustolamellata</i> Iord.	1/1,03	12/8,76	-	13/3,59
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)	-	32/23,35	-	32/8,84
<i>Zygoribatula terricola</i> v. d. Hammen	-	3/2,19	-	3/0,83
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	14/14,44	3/2,19	1/0,78	18/4,97
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	-	1/0,73	-	1/0,28
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	2/2,06	-	2/1,56	4/1,10
<i>Protoribates monodactylus</i> (Haller)	-	-	2/1,56	2/0,55
<i>Trichoribates novus</i> (Sellnick) *	-	7/5,10	-	7/1,93
<i>Ceratozetes sellnicki</i> (Rajski)	4/4,12	1/0,73	-	5/1,38
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	-	-	1/0,78	1/0,28

Вид	Целинная степь	Сосновая посадка	Дубово-кленовая посадка	Всего
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	2/2,06	1/0,73	-	3/0,83
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	14/14,44	23/16,79	4/3,13	41/11,73
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	9/9,28	4/2,92	9/7,03	22/6,08
Всего орибатид (имаго), экз.	97	137	128	362
Количество проб	10	10	10	30
Количество экз. на 1 пробу	9,7	13,7	12,8	12,07
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	3880	5480	5120	4828
Количество видов	22	24	28	50
Доминирующих	6	6	8	5
Часто встречаемых	9	7	8	7
Редких	7	11	12	38
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	88,99	77,40	73,14	78,52
Количество преимагинальных фаз (личинки и нимфы) орибатид, экз.	12	40	47	99
Количество проб	10	10	10	30
Количество экз. на 1 пробу	1,2	4,0	4,7	3,3
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	480	1600	1880	1320
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	11,01	22,60	26,86	21,48
Всего панцирных клещей, экз.	109	177	175	461
Количество проб	10	10	10	30
Количество экз. на 1 пробу	10,9	17,7	17,5	15,37
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	4360	7080	7000	6148
Процентное отношение к общему числу почвенного населения	44,67	72,84	48,34	54,30
Класс Nematoda	-	1/1,52	-	1/0,26
Класс Arachnida. Отр. Aranei	-	1/1,52	-	1/0,26
Отр. Pseudoscorpiones	1/0,74	-	1/0,54	2/0,52
Отр. Parasitiformes. Надсем. Gamasoidea	3/2,22	2/3,03	7/3,74	12/3,09
Отр. Acariformes. Сем. Trombiculidae	2/1,48	2/3,03	-	4/1,03
Надсем. Acaridea (имаго)	1/0,74	-	7/3,74	8/2,06
Гипопусы	-	1/1,52	17/9,09	18/4,64
Прочие семейства отр. Acariformes	29/21,48	28/42,41	34/18,18	91/23,45
Класс Мугіарода. Подкл. Chilopoda	1/0,74	1/1,52	-	2/0,52
Подкл. Diplopoda ( <i>Polyxena lagurus</i> )	3/2,22	2/3,03	-	5/1,29
Кл. Insecta. Отр. Podura	20/14,82	13/19,69	107/57,21	140/36,08
Отр. Diplura	-	-	5/2,68	5/1,29
Отр. Psocoptera	54/40,00	1/1,52	-	55/14,17
Отр. Hemiptera	-	-	1/0,54	1/0,26
Отр. Thysanoptera	8/5,93	2/3,03	3/1,60	13/3,35
Отр. Hymenoptera. Надсем. Formicoidea	2/1,48	2/3,03	-	4/1,03
Отр. Homoptera. Подотр. Aphidinea	3/2,22	1/1,52	-	4/1,03
Личинки насекомых	8/5,93	9/13,63	5/2,68	22/5,67
Всего других почвообитателей, экз.	135	66	187	388
Количество проб	10	10	10	30
Количество экз. на 1 пробу	13,5	6,6	18,7	12,93
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	5400	2640	7480	5172
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	55,33	27,16	51,66	45,70
Всего почвенного населения, экз.	244	243	362	849
Количество проб	10	10	10	30
Количество экз. на 1 пробу	24,4	24,3	36,2	28,3
Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	9760	9720	14480	11320

Примечания:

- \* – виды панцирных клещей, которые могут принимать участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplосerphalidae;
- в числителе – количество экз. / в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

Других почвенных обитателей учтено 135 экз. (55,33%), плотность – 5400 экз./м<sup>2</sup>. К доминирующим группам отнесены: сборная группа различных семейств отряда Acariformes (21,48%) и коллемболы (14,82%) – доминировали в трех экотопах; сеноеды (40,00%) и 1 экз. найден в сосновом стационаре; трипсы – 5,93%, часто встречаемые в сосновом и редкие – в кленово-дубовом стационаре; личинки насекомых – 5,93%, доминировали в сосновом и редко встречались в дубово-кленовом насаждении. Часто встречались гамазовые клещи, тли и *Polixena laguri*, остальные представители – малочисленны (см. табл. 2).

Общая численность почвенного зооценоза на степном стационаре составила 244 экз. со средней плотностью 9760 экз./м<sup>2</sup> и почти одинакова с сосновыми насаждениями, но в 1,48 раза меньше, чем в кленово-дубовом насаждении, что связано с закрытостью экотопов лесного характера с подстилкой, сохраняющей в жаркий период влагу субстрата, необходимую для жизнедеятельности мезофауны.

На стационаре сосновых насаждений в 10-ти пробах учтено практически одинаковое со степным экотопом количество почвенного населения – 243 экз., плотность – 9720 экз./м<sup>2</sup>. Панцирных клещей учтено 177 экз. (22,60%), плотность – 7080 экз./м<sup>2</sup> (имаго – 137 экз. (77,40%), плотность – 5480 экз./м<sup>2</sup>; личинки и нимфы – 40 экз. (22,60%), плотность – 1600 экз./м<sup>2</sup>). Определено 24 вида панцирных клещей. Доминировали 6 видов: *T. velatus* – 5,84%, в остальных экотопах редкий вид; *O. nova* – 13,87%; *O. angustolamellata* – 8,76%, редок в степи, в кленово-дубовом стационаре не встречался; *Z. frisiae* – 23,35%, *T. novus* – 5,10%, в остальных двух экотопах не обнаружены; *P. allifera* – 16,79%. Часто встречались 7 и редко – 11 видов (см. табл. 2). Количество взрослых форм панцирных клещей в сосновых насаждениях в 1,4 – 1,1 раз выше, чем в степном и кленово-дубовом экотопах, соответственно. В данном случае биотопы лесного характера более благоприятные для обитания и развития клещей, по сравнению с открытым степным биотопом. Других почвенных обитателей здесь учтено минимальное количество – 66 экз. (27,16%), плотность – 2640 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали сборная группа акарифомных клещей (42,41%), коллемболы (19,69%) и личинки насекомых (13,63%). Часто встречались гамазовые и краснотелковые клещи, *Polixena laguri*, трипсы и муравьи. Остальные представители были малочисленны. Вероятно, хвойная подстилка как грубый пищевой субстрат, снижает численность отдельных групп почвенной мезофауны.

На стационаре кленово-дубовых насаждений в 10-ти пробах учтено максимальное количество почвенного населения – 362 экз., плотность – 14480 экз./м<sup>2</sup>, что почти в 1,5 раза выше, чем в степи и сосновых насаждениях. Высокая численность почвенной мезофауны обусловлена мощной лесной подстилкой, которая сохраняет влагу в верхних горизонтах почвы и является прекрасным укрытием, пищевым субстратом для представителей с развитым грызущим ротовым аппаратом. Панцирные клещи составили 48,37% (175 экз.), плотность – 7000 экз./м<sup>2</sup>. Имаго орибатид – 73,14% (128 экз.), плотность – 5120 экз./м<sup>2</sup>, личинки и нимфы – 26,86% (47 экз.), плотность – 1880 экз./м<sup>2</sup>. Высокая численность панцирных клещей характерна для лесных экотопов Донбасса [6]. На данном стационарном участке обнаружено максимальное число видов – 28. Доминировали 8 видов: *M. papillipes* – 5,74%, на остальных стационарах участка № 1 не встречался; *S. latirostris* – 5,47% и *S. subtrigona* – 5,47%, редкие виды в сосновых насаждениях, в степи не обнаружены; *S. alloenasuta* – 11,72%, часто встречаемый в сосновом экотопе, в степи не отмечен; *L. neerlandica* – 8,59% и *M. minus* – 8,59%, редкие виды в степи, в сосновых насаждениях не обнаружены; *R. clavipectinata* – 7,81%, в двух других экотопах не встречался; *E. cribrarius* – 7,03%. Часто встречались 8 и редко – 12 видов (см. табл. 2). На данном участке отмечен максимум других почвообитателей – 187 экз. (51,66%), плотность – 7480 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы (57,21%), сборная группа акарифомных клещей (18,18%) и гипопусы тироглифоидных клещей (9,09%). Часто встречались гамазовые и тироглифоидные клещи, двухвостки и личинки насекомых. Остальные представители (ложноскорпионы, клопы, трипсы) были единичны (см. табл. 2).

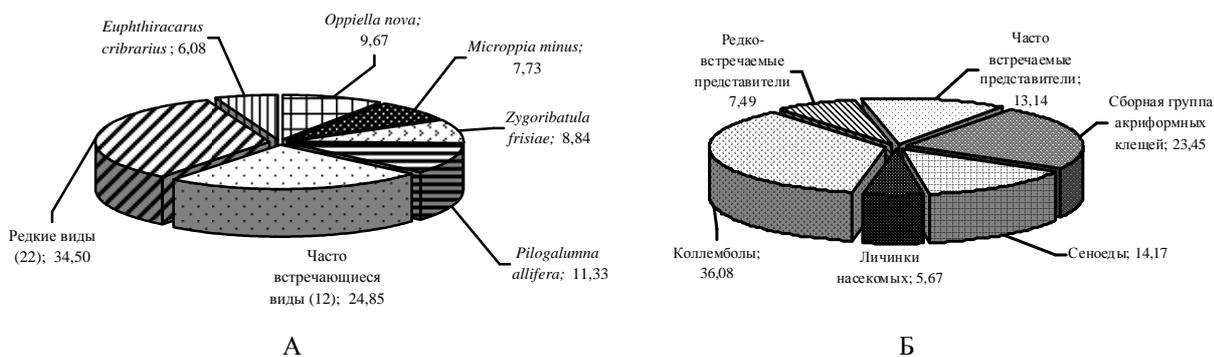


Рис. 2. Распределение панцирных клещей (А) и другой мезофауны (Б) на участке № 1 «Беленькое» РЛП «Краматорский» (апрель 2013 г.)

Таким образом, на трех стационарах участка № 1 «Беленькое» в 30 пробах обнаружено 461 экз. панцирных клещей (21,48%), плотность – 6148 экз./м<sup>2</sup>, что в 1,3 раза выше, чем на участке № 4 «Белокузьминовка» с открытыми кальцефитными экотопами степного характера. Это обусловлено различием эдафических условий исследуемых экотопов для панцирных клещей и других представителей почвенной мезофауны. Взрослые формы панцирных клещей составили 78,52% (362 экз.), плотность – 4828 экз./м<sup>2</sup>, преимагинальные фазы (личинки и нимфы) – 21,48% (99 экз.), плотность – 1320 экз./м<sup>2</sup>. Определено 50 видов, относящихся к 35 родам и 22 семействам, что в 1,35 раза больше, чем в экотопах участка № 4. Доминировали 5 видов: *O. nova* – 9,67%, часто встречался в кленово-дубовом стационаре, доминировал в степи и сосновом стационаре; *M. minus* – 7,73%, преобладал в степи и кленово-дубовых насаждениях, редок в сосновом стационаре; *Z. frisiae* – 8,84%, доминант только соснового экотопа; *P. allifera* – 11,33%, доминировал в двух экотопах, часто встречаемый в кленово-дубовых насаждениях; *E. cribrarius* – 6,08%, доминант двух экотопов, часто встречаемый в сосновых насаждениях. Часто встречались 7 и редко – 38 видов (см. табл. 2, рис. 2).

Других почвенных обитателей на трех стационарных участках учтено 388 экз. (45,70%), плотность – 5172 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали: коллемболы (36,08%) и сборная группа акриформных клещей (23,45%) – в трех экотопах; сеноеды (14,17%) – доминанты на степном участке, редкие в сосновом экотопе, в кленово-дубовом не обнаружены; личинки насекомых (5,67%) – доминировали на двух стационарах, часто встречались в кленово-дубовом экотопе (см. табл. 2, рис. 2). Из количественных характеристик видно, что панцирные клещи являются одной из доминирующих групп среди почвенного населения. Их доминирующие и часто встречаемые виды обуславливают высокую численность всего почвенного зооценоза в исследуемых экотопах, для каждого из которых характерен определенный видовой спектр панцирных клещей.

Таким образом, на заповедной территории двух участков впервые найдено 79 видов панцирных клещей, относящихся к 55 родам и 33 семействам. Из них 10 видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей из семейства Anoplocephalidae, паразитирующих в теле домашних и диких животных. При сравнении обеих фаун отмечено 20 общих видов (индекс Жаккара – 22,22%), что свидетельствует об уникальности каждого заповедного участка.

Следует отметить, что в пределах территории г. Краматорска до настоящего времени сохранились естественные природные фрагменты, неподверженные антропогенному прессу. Это лесные урочища байрачного типа: «Широкий лес», «Долгий яр» окр. пос. Ясногорка; «Росоховатое», «Цигляровое» (пос. Шабельковка); «Коханчене» (пос. Александровка) и лесной массив на северном берегу водохранилища г. Краматорска, которые целесообразно отнести к заповедным и включить в состав РЛП «Краматорский».

## Выводы

1. На территории участков № 1 «Беленькое» и № 4 «Белокузьминовка» РЛП «Краматорский» в 2012–2013 гг. впервые проведены мониторинговые исследования почвообитающих панцирных клещей – орибатид и других почвенных обитателей в семи экотопах. Определено 79 видов клещей – орибатид, относящихся к 55 родам и 33 семействам. Для фауны Донецкой области впервые указываются виды *Xenillus descrepans* Grandjean, *Ceratozetes laticuspidatus* Menke и *Phylozetes turanicus* Gord.

2. В исследуемых экотопах участка № 4 (ноябрь 2012 г.) панцирные клещи составили 28,57% (260 экз.), плотность – 4728 экз./м<sup>2</sup>. Такие показатели характерны для степных экотопов Донбасса. Определено 37 видов, относящихся к 29 родам и 22 семействам. Доминировали 3 вида: *X. tegeocranus* (10,24%), *Z. exarata* (21,45%) и *P. pilosus* (7,32%). Количество доминирующих видов, в зависимости от характера экотопа, варьировало от 3 (вершина меловой скалы) до 8 (тропа меловой скалы). Другие почвенные обитатели составили 71,43% (650 экз.), плотность – 11816 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы (84,31%) и сборная группа клещей отряда Acariformes (8,16%), часто встречались гамазовые клещи, остальные представители были малочисленными. В апреле 2013 г. дополнительно определено 23 вида панцирных клещей. Таким образом, всего на данном участке отмечено 60 видов панцирных клещей, относящихся к 43 родам и 32 семействам.

3. На участке № 1 в трех экотопах панцирные клещи составили 54,30% (461 экз.) от всего почвенного населения, плотность – 6148 экз./м<sup>2</sup>. Видовое богатство орибатид увеличилось до 50 видов, относящихся к 35 родам и 22 семействам. Доминировали 5 видов: *O. nova* (9,67%), *M. minus* (7,73%), *Z. frisiae* (8,84%), *P. allifera* (11,33%) и *E. cribrarius* (6,08%). Количество доминирующих видов в экотопах варьировало от 6 (степь, сосновые насаждения) до 8 (кленово-дубовые насаждения). Другие почвенные обитатели составили 45,70% (388 экз.), плотность – 5172 экз./м<sup>2</sup>. Доминировали коллемболы (36,08%), сборная группа акариформных клещей (23,45%), сеноеды (14,17%) и личинки насекомых (5,67%), часто встречались гамазовые клещи, трипсы, гипопусы. Максимальная плотность населения отмечена в кленово-дубовых насаждениях – 7480 экз./м<sup>2</sup>, минимальная – в сосновых насаждениях – 2640 экз./м<sup>2</sup>, что, очевидно, связано с характером лесной подстилки.

4. Общими для исследуемых участков являются 20 видов панцирных клещей (индекс Жаккара составляет 22,22%), что свидетельствует о разнообразии и уникальности фауны орибатид заповедных участков, расположенных среди высоко урбанизированных территорий г. Краматорска. В этой связи предлагается включить в состав РЛП «Краматорский» следующие урочища байрачного типа: «Широкий лес», «Долгий яр» окр. пос. Ясногорка; «Росоховатое», «Цигляровое» (пос. Шабельковка); «Коханчене» (пос. Александровка) и лесной массив на северном берегу водохранилища г. Краматорска.

## Список литературы

1. Беклемишев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов / В. Н. Беклемишев // Зоол. журн. – 1961. – Вып. 2. – С. 143–158.
2. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – орибатиды / Е. М. Буланова-Захваткина. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
3. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
4. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высш. шк., 1971. – 421 с.
5. Штирц А. Д. Структура и динамика населения панцирных клещей заповедных степей юго-востока Украины / А. Д. Штирц, Н. Н. Ярошенко. – Донецк: Норд, 2003. – 269 с.
6. Ярошенко Н. Н. Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины / Н. Н. Ярошенко. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.

Yaroshenko N. N.

**ORIBATID MITES (ACARIFORMES, ORIBATEI) AND OTHER MESOFAUNA OF REGIONAL LANDSCAPE PARK «KRAMATORSKY» (DONETSK REGION)**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail:eco99@i.ua*

Oribatid mites are inhabitants of all soil types and plant litter of natural and man-made ecotopes. They are actively involved in the soil-forming processes and circulation of substances in the nature. In natural and anthropogenically disturbed ecotopes oribatid mites are indicators of the environment state. Conducted cadastral-monitoring studies of mites and invertebrates in Donbass protected areas still insufficient. Regarding this, first time we conducted research in four ecotopes of area № 4 «Belokuzminovka» (slope of the ravine, trail, top and bottom of the Cretaceous mountain) and three ecotopes of area № 1 «Belenky» RLP «Kramatorsky» of Donetsk region (virgin steppe, pine, maple, and oak plantations). Samples were taken in 10 replicates, 250 cm<sup>3</sup>. Collected materials were proceeded by the standard technique of Bulanova-Zahvatkina [2] and Yaroshenko [6].

We for the first time conducted monitoring studies of oribatid mites and other soil inhabitants in seven ecotopes of RLP «Kramatorsky» areas № 1 «Belenky» and № 4 «Belokuzminovka» in 2012-2013. 79 species of oribatid mites, belonging to 55 genera and 33 families, were determined that is high value for Donbass protected areas. For Donetsk region fauna for the first time identified species *Xenillus descrepans* Grandjean, *Ceratozetes laticuspidatus* Menke, and *Phylozetes turanicus* Gord.

In the studied ecotopes of area № 4 (November 2012) oribatid mites represents 28.57% (260 ind.) with density of population 4728 ind./m<sup>2</sup>. These data are typical for Donbass steppe ecotops. 37 species of 29 genera and 22 families were determined. Three species were dominated: *Xenillus tegeocranus* (10.24%), *Zygoribatula exarata* (21.45%) and *Peloribates pilosus* (7.32%). Amount of dominant species ranged from 3 (top of chalk cliffs) to 8 (trail chalk cliffs) depending on the nature of ecotope. Other soil inhabitants amounted 71.43% (650 ind.), density – 11816 ind./m<sup>2</sup>. Collembola (84.31%) and united team of squad mites Acariformes (8.16%) were dominated, often met gamasid mites, other representatives were small. Further defined 23 species of oribatid mites in April, 2013. Thus, in general noted at the site 60 species of oribatid mites belonging to 43 genera and 32 families.

Oribatid mites amounted 54.30% (461 ind.) on the site № 1 in three ecotopes. Density of the total soil population – 6148 ind./m<sup>2</sup>. Oribatid mites increased to 50 species belonging to 35 genera and 22 families. Five species were dominated: *Oppiella nova* (9.67%), *Micropoppia minus* (7.73%), *Zygoribatula frisiae* (8.84%), *Pilogalumna allifera* (11.33%) and *Euphthiracarus cribrarius* (6.08%). Amount of dominant species in ecotopes ranged from 6 (steppe, pine plantations) to 8 (maple and oak plantations). Other soil inhabitants amounted to 45.70% (388 ind.) with density 5172 ind./m<sup>2</sup>. Collembola (36.08%), united team of squad mites Acariformes (23.45%), Psocoptera (14.17%), and insect larvae (5.67%) were dominated, often met gamasid mites, thrips, and gipopus. Maximal population density observed in maple and oak plantations – 7480 ind./m<sup>2</sup>, minimal – in pine plantations – 2640 ind./m<sup>2</sup>, that is obviously due to the nature of the forest floor.

20 species of oribatid mites were common to the test plots (Jaccard index 22.22%) that indicated the diversity and uniqueness of oribatid fauna of protected areas located near the highly urbanized Kramatorsk areas. Therefore it is proposed to include in the RLP «Kramatorsky» following tracts: «Wide forest», «Long Yar» village Yasnogorka; «Rosohovatoe», «Tsiglyarovoe» (village Shabelkovka); «Kohanchene» (village Alexandrovka) and woodland on the north shore of the Kramatorsk reservoir.

*Key words:* oribatid mites, mesofauna, ecotop, dominant, regional landscape park.

**References**

1. Beklemishev, V.N. (1961). Terms and concepts necessary for the quantitative study of populations ectoparasites and nidikol. *Zool. J.*, 2, 143-158.
2. Bulanova-Zakhvatkina, E.M. (1967). Oribatid mites. Moscow, 254 p.
3. Gilyarov, M.S. (1965). Zoological method of diagnosis of soil. Moscow, 278 p.
4. Fasulati, K.K. (1971). Field study of terrestrial invertebrates. Moscow, 421 p.
5. Shtirts, A.D., & Yaroshenko, N.N. (2003). Structure and dynamics of oribatid mites' population in prohibited steppes on south-east of Ukraine. Donetsk, 269 p.
6. Yaroshenko, N.N. (2000). Oribatid mites (Acariformes, Oribatei) of Ukraine nature ecosystems. Donetsk, 313 p.

Received: 10.12.2013

Accepted: 20.12.2013

**ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ  
ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ  
PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY**

---

УДК 582.284 : 577.152.321

© С. М. Бойко, М. В. Малюга

**ЗАВИСИМОСТЬ ПЕКТОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ  
БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ ОТ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ  
СРЕДЫ**

*Донецкий национальный университет*

83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: bsm73@ukr.net; malyuga\_marina@mail.ru

**Бойко С. М., Малюга М. В. Зависимость пектолитической активности некоторых базидиальных грибов от качественного состава питательной среды.** – Изучена зависимость активности экзопектиназ некоторых базидиальных грибов от качественного состава питательной среды. Выявлена перспективная культура Rs-1 *Ramaria stricta* (Pers.) Quél. способная проявлять высокую пектолитическую активность. Из растительных компонентов вносимых в состав питательной среды наиболее благоприятной для синтеза пектиназ является ткань клубня картофеля в концентрации 10 г/л.

*Ключевые слова:* пектиназы, базидиальные грибы, питательная среда.

**Бойко С. М., Малюга М. В. Залежність пектолітичної активності деяких базидіальних грибів від якісного складу живильного середовища.** – Вивчена залежність активності екзопектиназ деяких базидіальних грибів від якісного складу живильного середовища. Виявлено перспективну культуру Rs-1 *Ramaria stricta* (Pers.) Quél., яка здатна виявляти високу пектолітичну активність. З рослинних компонентів, що входять до складу живильного середовища найбільш сприятливою для синтезу пектиназ є тканина бульби картоплі у концентрації 10 г/л.

*Ключові слова:* пектинази, базидіальні гриби, живильне середовище.

### **Введение**

При решении серьезных научных проблем ученые чаще всего обращаются к природе и ее механизмам функционирования. При помощи природных объектов человечество научилось получать кормовые продукты, синтезировать необходимые вещества для медицины и пищевой промышленности, контролировать и влиять на природные процессы [3, 16]. Производство ферментных препаратов занимает одно из ведущих мест в современной биотехнологии и относится к отраслям, объём продукции которых постоянно растёт, а сфера применения неуклонно расширяется [2, 3]. Одним из таких препаратов являются – пектиназы, катализирующие деградацию пектина посредством реакций деполимеризации и деэтерификации. Препараты пектиназ широко применяются в пищевой и текстильной промышленности, медицине, а также в области биотехнологии [5, 7]. Пектиназы составляют около 7,5% мирового рынка промышленных ферментов, оценивающегося десятками миллионов долларов США [10]. Несовершенные грибы, такие как *Aspergillus*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Verticillium*, *Sclerotium*, *Geotrichum*, *Botrytis* являются основными продуцентами пектиназ, но лидирующее положение при промышленном производстве принадлежит представителям рода *Aspergillus* [9, 12, 15, 17]. Растущая потребность в препаратах пектолитического действия обуславливает актуальность поиска активных продуцентов среди объектов живой природы [15]. Изученность высших базидиальных грибов в данном контексте остается недостаточной [1, 4, 8, 13].

### **Материалы и методы исследования**

Объектами исследования были культуры базидиальных дереворазрушающих грибов: Tv-4 *Trametes versicolor* (L.) Pilat; Cs-1 *Coriolus sinuosus* (Fr.) Bondartsev & Singer; Rs-1 *Ramaria stricta* (Pers.) Quél.; Sh-1-4 *Stereum hirsutum* (Willd.) Gray.

Для исследования пектолитической активности культуральных фильтратов штаммы инкубировали на пектин-пептонной среде следующего состава (г/л): пектин-3; пептон-3;  $K_2HPO_4$  – 0,4;  $KH_2PO_4$  – 0,6;  $MgSO_4 \times 7H_2O$  – 0,5;  $ZnSO_4 \times 7H_2O$  – 0,001;  $CaCl_2$  – 0,05. В дальнейшем в состав среды вносили изменения, а именно: вместо пектина и пептона использовали растительную ткань (клубень картофеля и кожура яблока) из расчета 10 и 40 г/л. Культивирование проводили в колбах Эрленмейера на 250 мл, содержащих 50 мл питательной среды, при оптимальной температуре – 28°C. Кислотность питательной среды довели до pH 4,0 при помощи 10% раствора HCl. Активность пектиназ определяли в культуральном фильтрате на 6 и 9 сутки культивирования грибов. Активность пектолитических ферментов определяли по методу Кертесза с использованием автоматического титровального аппарата ТПР-М-УХЛ 4.2 (Россия) [11]. За единицу пектолитической активности принимали такое количество фермента, которое при гидролизе пектина образовывало 1  $\mu$ M галактуроновой кислоты за 1 мин в условиях опыта (pH = 4, t = 28°C).

Исследования проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований обрабатывали статистически, методами дисперсионного анализа, а сравнение средних величин проводили методом Дункана [6].

### Результаты и обсуждение

В ходе исследования была изучена динамика общей активности пектолитических ферментов базидиальных культур Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum*. Изменение общей пектолитической активности базидиальных культур на стандартной пектин-пептонной среде представлено на рис. 1.

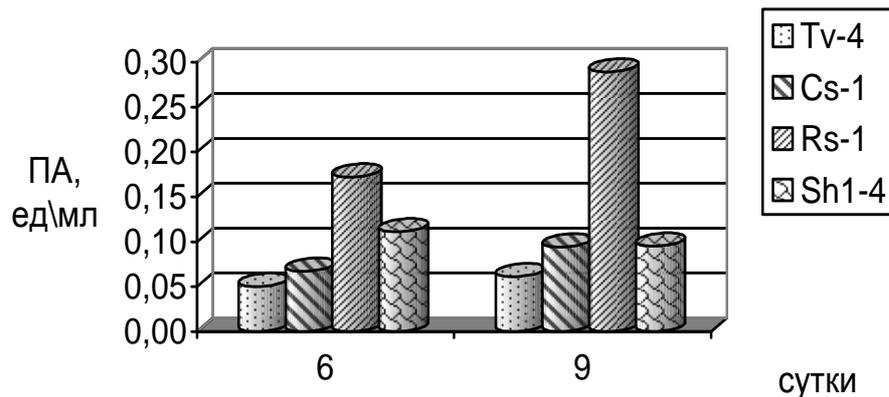
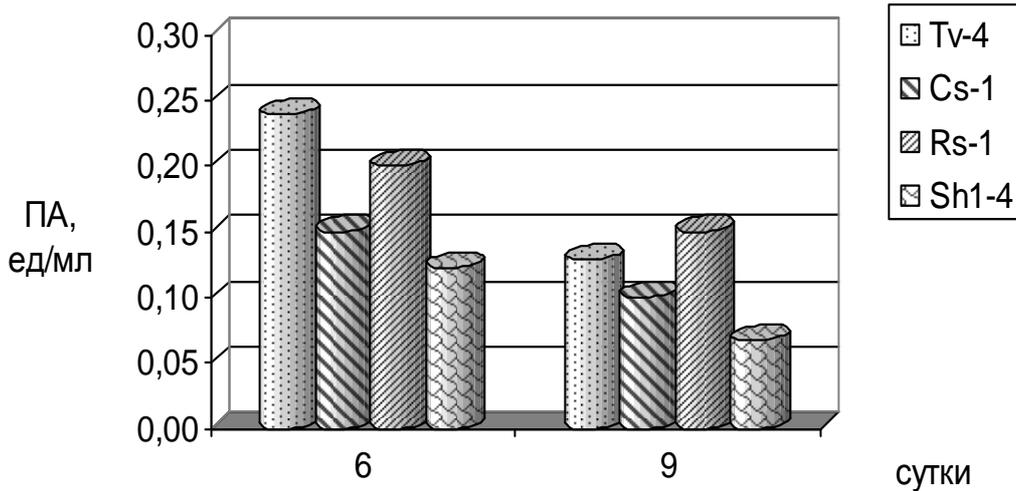


Рис. 1. Динамика общей активности пектолитических ферментов культур Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* на пектин-пептонной питательной среде.

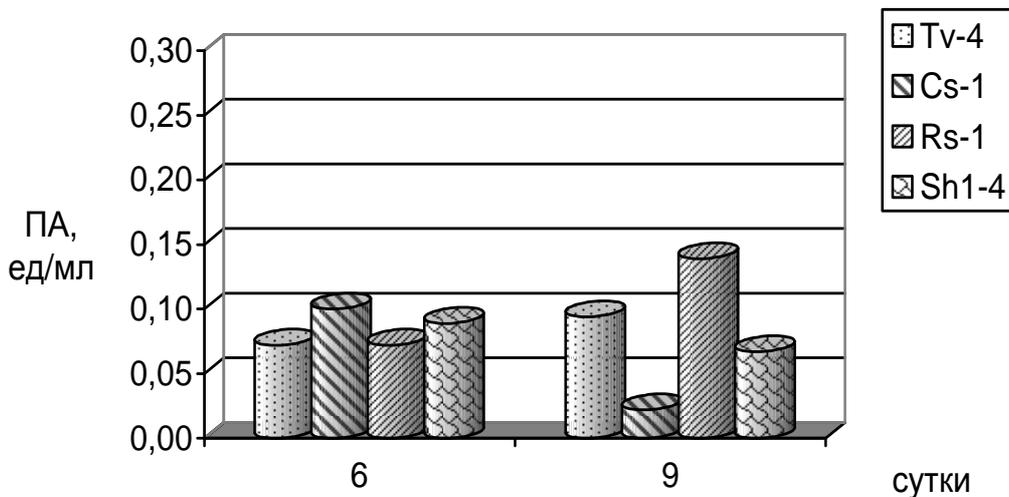
Как видно на рис. 1, культура Rs-1 *R. stricta* показала абсолютный максимум активности ферментов среди всех изученных культур. Следует отметить, что для культур Tv-4 *T. versicolor* и Sh-1-4 *S. hirsutum* с увеличением срока культивирования уровень общей пектолитической активности оставался на одинаковом уровне (в среднем 0,056 и 0,105 ед/мл соответственно), а у культур Cs-1 *C. sinuosus* и Rs-1 *R. stricta* наблюдался рост активности ферментов. Наиболее значимый рост общей активности пектиназ обнаружен на 9 сутки культивирования для культуры Rs-1 *R. stricta* (0,289 ед/мл), что в более чем 3 раза превышает остальные активные культуры.

Динамика общей пектолитической активности базидиальных культур при культивировании на среде с тканью клубня картофеля представлена на рис. 2. Как можно видеть уже на 6 сутки все изученные культуры показали свой максимум активности пектиназ (культура Tv-4 *T. versicolor* – 0,239 ед/мл; Cs-1 *C. sinuosus* – 0,15 ед/мл; Rs-1 *R. stricta* – 0,20 ед/мл; Sh-1-4 *S. hirsutum* – 0,122 ед/мл). Для выращивания культур Tv-4 и Sh-1-4 можно рекомендовать среду с содержанием ткани картофеля с целью получения максимальной активности пектолитических ферментов.



**Рис. 2.** Динамика общей активности пектолитических ферментов культур Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* на питательной среде, содержащей ткань клубня картофеля (10 г/л)

Так же были проведены исследования по изучению влияния кожуры яблока, как одного из компонентов питательной среды, на уровень активности пектиназ. Влияние кожуры яблок в концентрации 10 г/л представлено на рис. 3. Как можно видеть абсолютный максимум пектолитических ферментов наблюдался для культуры Rs-1 *R. stricta* на 9 сутки культивирования (0,139 ед/мл), однако он оказался ниже, чем на предыдущих питательных средах. Ни для одной из исследуемых базидиальных культур данная среда не может быть рекомендована для их культивирования с целью получения энзимов. Было предположено, что подобная реакция культур грибов наблюдается по причине меньшей концентрации белков и углеводов, содержащихся во вносимых растительных тканях в сравнении с предыдущими. Следующим этапом, было повышение количества вносимой ткани яблока до 40 г/л. Изменение активности пектиназ для исследуемых базидиальных грибов при повышении количества вносимых растительных тканей яблока представлено на рис. 4. Как видно из графика факт повышенного внесения растительных тканей в состав питательной среды в большей мере негативно отразился на общей пектолитической активности грибов. Исключение составила культура Sh-1-4 *S. hirsutum* для нее проявляемая активность пектиназ осталась достоверно неизменной.



**Рис. 3.** Динамика общей активности пектолитических ферментов культур Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* на питательной среде, содержащей ткань яблока (10 г/л).

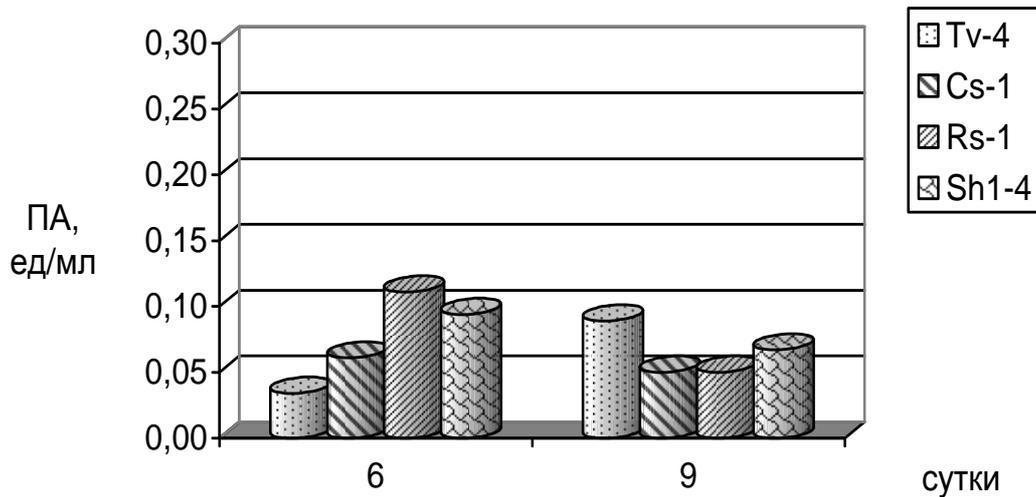


Рис. 4. Динамика общей активности пектолитических ферментов культур Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* на питательной среде, содержащей ткань яблока (40 г/л).

Параллельно исследовался характер изменения кислотности культуральных фильтратов грибов Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* в ходе выращивания (рис. 5). Существенно отличалась по данному показателю от других, среда содержащая ткань яблока в концентрации 40 г/л. Кислотность у всех изучаемых культур оставалась достоверно на одном уровне и не отличалась от контрольного значения (рН 4,0). Возможно, это связано с тем, что при повышенном содержании растительных тканей, в среду, после стерилизации, попадает большое количество веществ кислой природы с буферными свойствами. Не исключено, что такие «новые свойства» питательной среды оказывают негативное влияние на активность ферментов пектолитического действия.

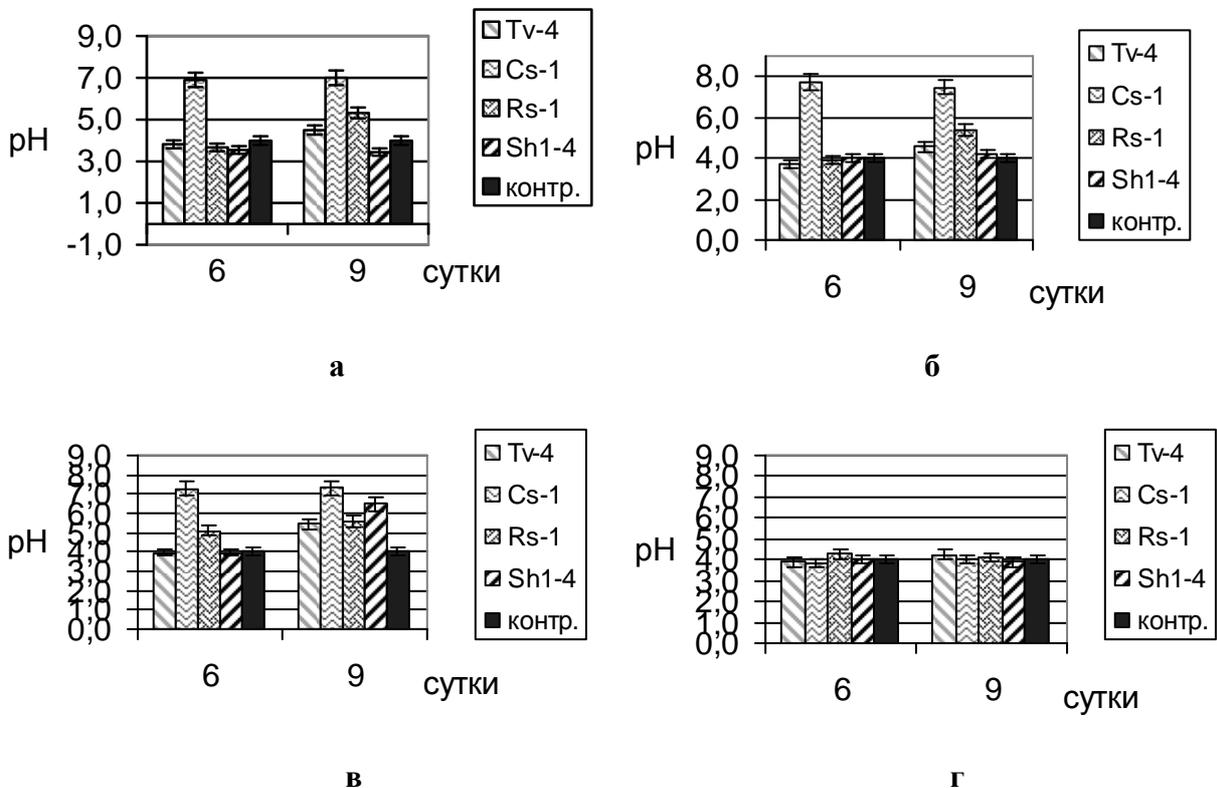


Рис. 5. Характер изменения кислотности культуральных фильтратов Tv-4 *T. versicolor*, Cs-1 *C. sinuosus*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* на различных питательных средах: а – пектин-пептонная среда; б – среда с тканью клубня картофеля (10 г/л); в – среда с тканью яблока (10 г/л); г – среда с тканью яблока (40 г/л)

Обращает на себя внимание и культура Cs-1 *C. sinuosus*, которая существенно изменяет рН питательной среды до значений рН 7–8. Учитывая данный факт и проявляемую пектолитическую активность, можно говорить о присутствии в культуральном фильтрате пектиназ активных при нейтральных условиях. По аналогии для культур Tv-4 *T. versicolor*, Rs-1 *R. stricta* и Sh-1-4 *S. hirsutum* характерно присутствие пектиназ активных в кислой среде. Наличие грибных пектиназ с разным оптимумом рН действия подтверждают и литературные данные [14, 18].

### Выводы

На основании полученных данных, нам удалось выявить перспективную культуру Rs-1 *Ramaria stricta* способную проявлять высокую пектолитическую активность. Из растительных компонентов, вносимых в состав питательной среды, наиболее благоприятной для синтеза пектиназ изученных грибов является ткань клубня картофеля. Резкое изменение рН культуральной жидкости базидиальных культур и проявляемая ими пектолитическая активность позволяет говорить о присутствии пектиназ с различным оптимумом рН действия.

### Список литературы

1. Бойко С. М. Дослідження ендополігалактуроназної та целюлозолітичної активності культур дереворуйнівних грибів *Irpex lacteus* Fr. та *Inonotus radiatus* (Sowerby) P. Karst. в залежності від температури культивування та джерела вуглецевого живлення / С. М. Бойко, К. Г. Древаль // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2009. – № 1 (9). – С. 158–164
2. Грачева И. М. Технология ферментных препаратов / И. М. Грачева, А. Ю. Кривога. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 178–197.
3. Даниляк Н. И. Ферментные системы высших базидиомицетов / Н. И. Даниляк, В. Д. Семичаевский, Л. Г. Дудченко и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 280 с.
4. Древаль К. Г. Пектолітична активність штамів вищих базидіальних грибів – активних продуцентів целюлозолітичних ферментів / К. Г. Древаль, О. С. Семилетова, С. М. Бойко, М. І. Бойко // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2010. – № 1 (10). – С. 195–199.
5. Калашникова Н. А. Обработка плодово-ягодного сырья композициями ферментных препаратов / Н. А. Калашникова, Р. Н. Гребешова, Г. Б. Купцова и др. // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1982. – № 8. – С. 1–3.
6. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
7. Семенова М. В. Использование препарата грибной пектинлиазы в пищевой промышленности / М. В. Семенова, О. А. Сеницына, В. В. Морозова, Е. А. Федорова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 681–685.
8. Antov M. G. Production of pectinase by *Polyporus squamosus* in aqueous two-phase system / M. G. Antov, D. M. Pericin // Enzyme Microb. Technol. – 2001. – 28. – P. 467–472.
9. Bailey M. J. Strain and process for production of polygalacturonase / M. J. Bailey, E. Pessa // Enzyme Microb. Technol. – 1990. – 12. – P. 266–271.
10. Kashyap D. R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review / D. R. Kashyap, P. K. Vohra, S. Chopra, R. Tewari // Biores. Technol. – 2001. – 77. – P. 215–227.
11. Kertesz Z. I. Methods in enzymology / Z. I. Kertesz. – 1955. – Vol. 2. – P. 162–164.
12. Maldonado M. C. Regulation of the production of polygalacturonase by *Aspergillus niger* / M. C. Maldonado, S. Caceres, E. Galli, A. R. Navarro // Folia Microbiol. – 2002. – 47. – P. 409–412.
13. Pericin D. Rapid method for detection of low basal activity of exo-pectinase of *Polyporus squamosus* / D. Pericin, M. Antov, N. Dimic, B. Vujicic // Biotechnol. Tech. – 1997. – 11. – P. 833–836.

14. Poonam Singh. Evaluation of pectinase activity from the psychrophilic fungal strain *Truncatella angustata*-BPF5 for use in wine industry / Singh Poonam, Burhan Hamid, Mansoor Ahmad Lone et al. // Journal of Endocytobiosis and Cell Research. – 2012. – P. 57–61.
15. Rombouts F. M. Pectic enzymes. Microbial Enzymes and Bioconversion / F. M. Rombouts, W. Pilnik. – London: Academic Press, 1990. – P. 227–282.
16. Smith J. E. The role of polysaccharides derived from medicinal mushrooms in cancer treatment programs: Current perspectives (Review) / J. E. Smith, R. Sullivan, N Rowan // Int. J. Med. Mushr. – 2003. – 5. – P. 217–234.
17. Teixeira M. F. S. Carbon sources effect on pectinase production from *Aspergillus japonicus* 586 / M. F. S. Teixeira, J. L. L. Lima Filho, N. Duran // Brazil. J. Microbiol. – 2000. – 31. – P. 286–290.
18. Xavier-Santos S. Screening for pectinolytic activity of wood-rotting Basidiomycetes and characterization of the enzymes / S. Xavier-Santos, C. C. Carvalho, M. Bonfa et al. // Folia Microbiol. – 2004. – 49 (1). – P. 46–52.

Поступила в редакцію 3.10.2013

Принята в печать 18.11.2013

**Boiko S. M., Maluga M. V.**

**DEPENDENCE OF SOME BASIDIOMYCETES PECTOLYTIC ACTIVITY FROM THE CULTURE MEDIUM QUALITATIVE COMPOSITION**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine  
e-mail: bsm73@ukr.net; malyuga\_marina@mail.ru*

Growing demand for preparations of pectolytic activities determines the relevance of search for active producers among natural objects. Pectinases preparations are widely used in the food and textile industry, medicine and biotechnology. Pectinases constitute about 7.5% of the world market of industrial enzymes and estimated tens of millions of U.S. dollars.

The paper presents the results of the study of pectolytic activities of Basidiomycetes depending from the qualitative composition of the culture medium.

The most significant increase in the total activity of pectinases found on the ninth day of cultivation culture Rs-1 *R. stricta* (0.289 U/mL), those more than three times more than remaining active cultures. When cultured on a medium with potato tuber tissue maximum values of pectinase activities were achieved by sixth day. On average activity of pectinases amounted to culture Tv-4 *T. versicolor* – 0.239 U/ml; Cs-1 *C. sinuosus* – 0.15 U/ml; Rs-1 *R. stricta* – 0.20 U/ml; Sh-1-4 *S. hirsutum* – 0.122 U/ml.

For the cultivation of strains Tv-4 and Sh-1-4 can be recommended medium containing potato tissue in order to obtain the maximum activity of pectolytic enzymes. Nutrient medium containing the apple tissue at concentrations of 10 and 40 g/l showed an inhibiting effect on the activity of fungi pectolytic enzymes. A significant change in the acidity of cultural liquid of fungi and their enzymatic activity suggests the presence of pectinases with different pH optimum action.

*Key words:* pectinases, Basidiomycetes, nutrient medium.

**References**

1. Boiko, S.M., & Dreval, K.G. (2009). Research of endopolygalacturonase and cellulase activity of cultures wood-destroying fungi *Irpex lacteus* Fr. and *Inonotus radiatus* (Sowerby) P. Karst. depending on temperature cultivation and a source of carbon nutrition. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(9), 158-164.
2. Grachev, I.M. (1987). Technology of enzymatic preparations, 178-197.
3. Danilyak, N.I. (1989). Enzymatic systems of higher basidiomycetes, 280.
4. Dreval, K.G., Semiletova, A.S., Boiko, S.M., & Boiko, M.I. (2010). Pectolytic activity of higher basidiomycetes – active producers of cellulolytic enzymes. Problems of ecology and nature protection of technogenic region, 1(10), 195-199.
5. Kalashnikov, N.A. (1982). Processing fruit raw material compositions enzyme preparations. Canning and Vegetable Drying CCIA, 8, 1-3.
6. Prisedsky, Yu.G. (1999). Statistical analysis of the results of biological experiments. Donetsk, 210.
7. Semenov, M.V. (2006). Use the fungal pectin preparation in the food industry. Applied Biochemistry and Microbiology, 42(6), 681-685.
8. Antov, M.G., & Pericin, D.M. (2001). Production of pectinase by *Polyporus squamosus* in aqueous two-phase system. Enzyme Microb. Technol., 28, 467-472.
9. Bailey, M.J., & Pessa, E. (1990). Strain and process for production of polygalacturonase. Enzyme Microb. Technol., 12, 266-271.

10. Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S., & Tewari, R. (2001). Applications of pectinases in the commercial sector: a review. *Biores. Technol.*, 77, 215-227.
11. Kertesz, Z.I. (1955). *Methods in enzymology*, 2, 162-164.
12. Maldonado, M.C., Caceres, S., Galli, E., & Navarro, A.R. (2002). Regulation of the production of polygalacturonase by *Aspergillus niger*. *Folia Microbiol.*, 47, 409-412.
13. Pericin, D., Antov, M., Dimic, N., & Vujicic, B. (1997). Rapid method for detection of low basal activity of exo-pectinase of *Polyporus squamosus*. *Biotechnol. Tech.*, 11, 833-836.
14. Poonam Singh, Burhan Hamid, Mansoor Ahmad Lone, Kamlesh Ranjan, Asfaq Khan, Vinod K. Chaurse, & Sanjay Sahay (2012). Evaluation of pectinase activity from the psychrophilic fungal strain *Truncatella angustata*-BPF5 for use in wine industry. *Journal of Endocytobiosis and Cell Research*, 57-61.
15. Rombouts, F.M., & Pilnik, W. (1990). Pectic enzymes. *Microbial Enzymes and Bioconversion*. Academic Press, London, 227-282.
16. Smith, J.E., Sullivan, R., & Rowan, N. (2003). The role of polysaccharides derived from medicinal mushrooms in cancer treatment programs: Current perspectives (review). *Int. J. Med. Mushr.*, 5, 217-234.
17. Teixeira, M.F.S., Lima Filho, J.L.L., & Duran, N. (2000). Carbon sources effect on pectinase production from *Aspergillus japonicus* 586. *Brazil. J. Microbiol.*, 31, 286-290.
18. Xavier-Santos, S., Carvalho, C.C., Bonfa, M., Silva, R., Capelari, M., & Gomes, E. (2004). Screening for pectinolytic activity of wood-rotting Basidiomycetes and characterization of the enzymes. *Folia Microbiol.*, 49(1), 46-52.

Received: 3.10.2013

Accepted: 18.11.2013

УДК 577.151.01 : 663.15

© К. Г. Древаль, В. В. Бойко, М. І. Бойко

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ КУЛЬТИВУВАННЯ НА АМІЛОЛІТИЧНУ АКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРАЛЬНИХ ФІЛЬТРАТИВ ДЕЯКИХ ШТАМІВ БАЗИДИОМІЦЕТІВ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46  
e-mail: k.dreval@gmail.com

*Древаль К. Г., Бойко В. В., Бойко М. І.* Вплив температури культивування на амілолітичну активність культуральних фільтратів деяких штамів базидіоміцетів. – Вивчено активність  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілаз культуральних фільтратів різних штамів вищих сапротрофних дереворуйнівних грибів, що культивувались за різних температур. За всіх досліджуваних температур культивування амілази з'являються в культуральній рідині базидіоміцетів вже до 3 доби ферментації. Для більшості штамів найбільш оптимальним терміном культивування для отримання максимальної активності амілаз є 7–9 діб. Температура проведення ферментації істотно впливає на синтез та активність екзоензимів амілолітичної дії базидіоміцетів. Оптимальна температура для синтезу  $\alpha$ -амілаз не співпадає з оптимальною температурою продукції  $\beta$ -амілаз базидіоміцетами. Для отримання культуральних фільтратів штамів *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 та *Trametes versicolor* 4 з найвищою активністю  $\alpha$ -амілаз культивування слід проводити за температури 30°C, базидіоміцетів *Irpex lacteus* K-1, А-Дон-02, Д-1 та *Trametes hirsutum* 3 – за температури 32°C, а культури *Trichaptum biforme* T.bif – за температури 34°C. З метою одержання екзоензимів  $\beta$ -амілазної дії штамів *Irpex lacteus* А-Дон-02 та *Trametes hirsutum* 3 ферментацію потрібно проводити за температури 30°C, культур *Irpex lacteus* K-1, Д-1 – за температури 32°C, а штамів *Trichaptum biforme* T.bif, *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 та *Trametes versicolor* 4 – за температури 34°C.

*Ключові слова:*  $\alpha$ -амілаза,  $\beta$ -амілаза, базидіоміцети, температура, динаміка.

*Древаль К. Г., Бойко В. В., Бойко М. І.* Влияние температуры культивирования на амилолитическую активность культуральных фильтратов некоторых базидиомицетов. – Изучены активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз культуральных фильтратов различных штаммов высших сапротрофных дереворазрушающих грибов, которые культивировались при различных температурах. При всех исследуемых температурах культивирования амилазы появляются в культуральной жидкости базидиомицетов уже на 3-и сутки ферментации. Для большинства штаммов наиболее оптимальным сроком культивирования для получения максимальной активности амилаз является 7–9 суток. Температура проведения ферментации существенно влияет на синтез и активность экзоферментов амилолитического действия базидиомицетов. Оптимальная температура для синтеза  $\alpha$ -амилаз не совпадает с оптимальной температурой продукции  $\beta$ -амилаз базидиомицетами. Для получения культуральных фильтратов штаммов *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 и *Trametes versicolor* 4 с наивысшей активностью  $\alpha$ -амилаз культивирование следует проводить при температуре 30°C, базидиомицетов *Irpex lacteus* K-1, А-Дон-02, Д-1 и *Trametes hirsutum* 3 – при температуре 32°C, а культуры *Trichaptum biforme* T.bif – при температуре 34°C. С целью получения экзоферментов  $\beta$ -амилазного действия штаммов *Irpex lacteus* А-Дон-02 и *Trametes hirsutum* 3 ферментацию следует проводить при температуре 30°C, культур *Irpex lacteus* K-1, Д-1 – при температуре 32°C, а штаммов *Trichaptum biforme* T.bif, *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 и *Trametes versicolor* 4 – при температуре 34°C.

*Ключевые слова:*  $\alpha$ -амилаза,  $\beta$ -амилаза, базидиомицеты, температура, динамика.

Амілази мають важливе промислове значення серед ферментів, що гідролізують крохмаль [2]. Дослідження амілолітичних ензимів зумовлене широкими перспективами щодо їх використання у медицині, харчовій і легкій промисловості як ефективних та безпечних біокатализаторів [7]. Амілолітичні ферменти широко використовують в промислових процесах переробки крохмалю: у виробництві глюкозних сиропів і етилового спирту [11], в хлібопекарстві, у виробництві паперу [4]. В останні роки  $\alpha$ -амілазу почали широко використовувати в медичній і клінічній хімії [3], що в свою чергу потребує ензимів з високою активністю. Віднедавна амілази почали використовувати як компоненти екологічно безпечних мийних засобів [9]. Глюкоамілази та амілази, які є ключовими ензимами при біоконверсії гідролізаторів крохмалю, належать до препаратів, які інтенсивно використовують у світі – виробництво їх становить декілька тисяч тонн на рік [11]. У наш час проводиться активний пошук продуцентів амілолітичних ферментів і їх дослідження, а також роботи над удосконаленням існуючих штамів. Саме тому пошук і дослідження нових штамів – продуцентів амілаз актуальне як з практичної, так і теоретичної точок зору.

Метою роботи було вивчення впливу температури культивування на амілолітичну активність базидіоміцетів.

### Матеріал і методи дослідження

В якості об'єктів дослідження обрано 7 штамів вищих базидіальних грибів: К-1, А-Дон-02, Д-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schrot., 3 *Trametes hirsutum* (Wulfen) Pilat., 4 *Trametes versicolor* (L.) Pilat, T.bif. *Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvardeen. Плодові тіла грибів зібрано з деревних рослин, що зростали на території м. Донецька та Донецької області. Виділення чистих культур проводили відповідно до загальноприйнятих методик [6, 9].

Для дослідження амілолітичної активності штами культивували на рідкому середовищі Чапека такого складу (г/л) [6]:  $\text{NaNO}_3$  – 2,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,5,  $\text{KCl}$  – 0,5,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,01. На основі попередніх досліджень в якості єдиного джерела вуглецю до живильного середовища вносили крохмаль у кількості 4 г/л. рН живильного середовища доводили до 5 од. за допомогою 10% розчину  $\text{HCl}$  або  $\text{NaOH}$  на аналізаторі іонів AI-123 (Україна). Культивування проводили за оптимальних температур росту штамів: 30, 32 та 34°C.

При обчисленні результатів за одиницю активності приймали таку кількість ферменту, яка утворювала 1 мкмоль редуруючих цукрів протягом 1 хв. в умовах досліду. Редууючі цукри визначали за методом Шомодь–Нельсона [14]. Калібрувальну криву будували за мальтозою.

Всі дослідження проводили у трикратній повторності. Отримані дані статистично обробляли методами дисперсійного аналізу, порівняння середніх арифметичних величин здійснювали за методом Дункана [10].

### Результати та їх обговорення

Встановлено динаміку  $\alpha$ -амілазної активності штамів К-1, А-Дон-02, Д-1 *Irpex lacteus*, AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa*, 3 *Trametes hirsutum*, 4 *Trametes versicolor*, T.bif *Trichaptum biforme*, яка показана на рис 1. Для всіх культур спостерігалась певна періодичність активності амілолітичних ензимів у їх культуральних фільтратах.

Для культури К-1 *I. lacteus*  $\alpha$ -амілазна активність різко зростала з 3 по 7 та з 9 по 12 добу культивування за температури 32°C, а за температур 30 та 34°C не досягала високих значень. Для штаму Д-1 *I. lacteus*  $\alpha$ -амілазна активність найвища з 7 по 9 добу вирощування за температури 32°C. У культури AnSc-1 *D. confragosa*  $\alpha$ -амілазна активність нижча за температур 34 і 32°C з 3 доби культивування, ніж за температури 30°C. У культури А-Дон-02 *I. lacteus* спостерігалось різке зростання  $\alpha$ -амілазної активності з 3 по 7 добу ферментації та поступове її зниження з 12 по 15 добу культивування за температури 32°C. Для культур 4 *T. versicolor* та 3 *T. hirsuta*  $\alpha$ -амілазна активність незначна порівняно із іншими штамми. Різке збільшення  $\alpha$ -амілазної активності штаму T.bif. *T. biforme* спостерігалось з 7 по 9 добу за температур 30, 32 та 34°C і різке зниження – на 15 добу ферментації. Певну періодичність активності  $\alpha$ -амілаз у культуральних фільтратах можна пояснити зміною концентрації ферменту та субстрату, а також процесами регуляції біосинтезу ферментів на різних етапах життєвих фаз базидіоміцетів.

Найвищу  $\alpha$ -амілазну активність встановлено у штамів К-1 *I. lacteus* з 3 по 7 та з 9 по 12 добу культивування та А-Дон-02 *I. lacteus* з 3 по 7 добу ферментації за температури 32°C.

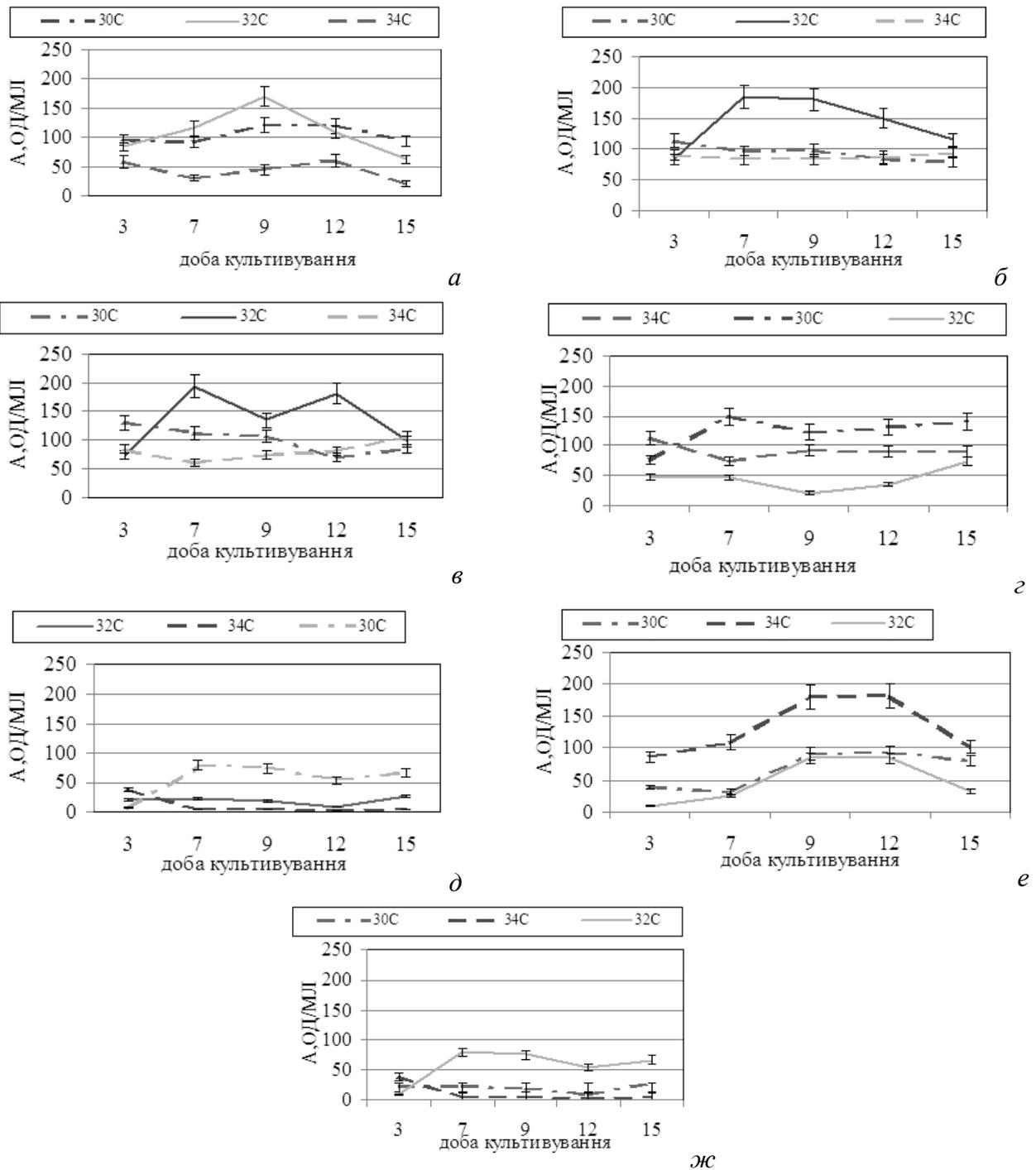


Рис. 1. Динаміка  $\alpha$ -амілазної активності штамів *Irpex lacteus* К-1 (а), А-Дон-02 (б), Д-1 (в), *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 (г), *Trichaptum biforme* T.bif (д), *Trametes versicolor* 4 (е) та *Trametes hirsutum* 3 (ж) за різних температур культивування.

Динаміку  $\beta$ -амілазної активності базидіальних грибів показано на рис. 2.  $\beta$ -амілазна активність штаму К-1 *I. lacteus* різко зростала з 3 по 7 добу культивування за температури 32°C, а з 3 по 9 добу за температури 30°C – знижувалась. Для штаму Д-1 *I. lacteus*  $\beta$ -амілазна активність найвища на 9 добу експерименту за температури культивування 30°C. У культури AnSc-1 *D.confragosa*  $\beta$ -амілазна активність зростала до 12 доби ферментації за температури 34°C, а у штаму А-Дон-02 – на 7 та 9 добу культивування за температури 30°C. Для штаму T.bif. *T.biforme*  $\beta$ -амілазна активність за температур 30, 32 та 34°C незначна порівняно з іншими штамми. У культури 4 *T. versicolor* спостерігалось різке збільшення  $\beta$ -амілазної активності на 9 добу вирощування за температур 32 та 34°C з наступним різким зниженням

на 12 добу ферментації. Для штаму 3 *T.hirsuta* β-амілазна активність зростала з 7 по 9 добу за температур 30 та 32°C, а за температури 34°C – була незначною.

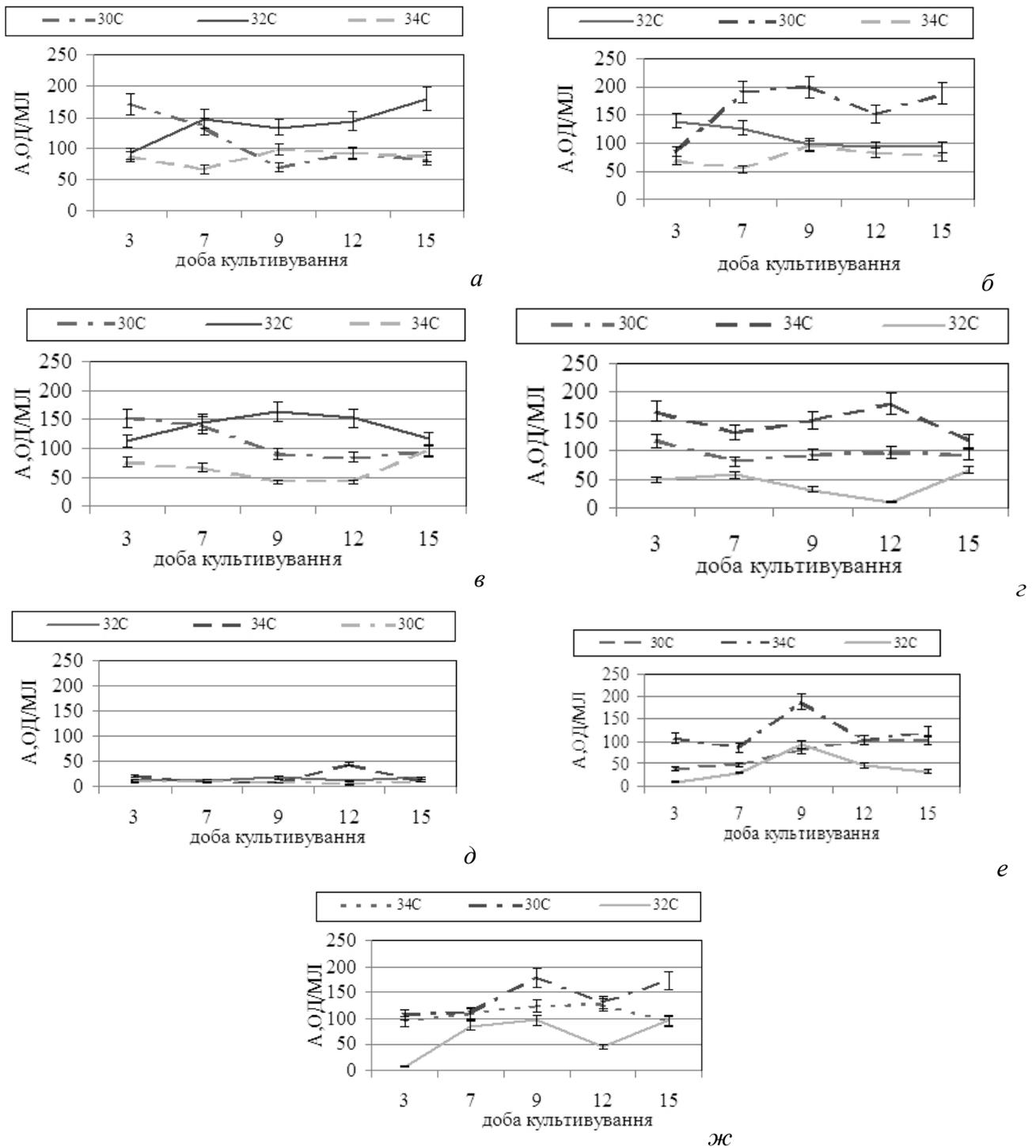


Рис. 2. Динаміка β-амілазної активності штамів *Irpex lacteus* К-1 (а), А-Дон-02 (б), Д-1 (в), *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 (г), *Trichaptum biforme* Т.бif (д), *Trametes versicolor* 4 (е) та *Trametes hirsutum* 3 (ж) за різних температур культивування.

Таким чином, за всіх досліджених температур культивування амілази з'являються у культуральній рідині базидіоміцетів вже до 3 доби ферментації. Для більшості штамів найбільш оптимальним терміном культивування для отримання максимальної активності амілаз є 7–9 діб. Температура проведення ферментації істотно впливає на синтез та активність екзоензимів амілолітичної дії базидіоміцетів. Оптимальна температура для синтезу α-амілаз не співпадає з оптимальною температурою продукції β-амілаз

базидіоміцетами. Для отримання культуральних фільтратів штамів *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 та *Trametes versicolor* 4 з найвищою активністю  $\alpha$ -амілаз культивування слід проводити за температури 30°C, базидіоміцетів *Irpex lacteus* К-1, А-Дон-02, Д-1 та *Trametes hirsutum* 3 – за температури 32°C, а культури *Trichaptum biforme* Т.бif – за температури 34°C. З метою одержання екзоензимів  $\beta$ -амілазної дії штамів *Irpex lacteus* А-Дон-02 та *Trametes hirsutum* 3 ферментацію потрібно проводити за температури 30°C, культур *Irpex lacteus* К-1, Д-1 – за температури 32°C, а штамів *Trichaptum biforme* Т.бif, *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 та *Trametes versicolor* 4 – за температури 34°C.

### Список літератури

1. Арефьев С. П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов: монография / С. П. Арефьев. – Новосибирск: Наука, 2010. – 257 с.
2. Амилолитические ферменты гриба *Aspergillus niger*: выделение и свойства / Н. Ю. Шарова, Т. А. Никифорова, В. П. Комов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 3. – С. 42–44.
3. Белова Н. В. Современные направления экспериментального исследования базидиомицетов / Н. В. Белова // Микология и фитопатология. – 1997. – Т. 31, № 6. – С. 345–348.
4. Белова Н. В. Виды базидиомицетов и их использование в отечественной промышленной биотехнологии / Н. В. Белова, А. В. Обрезкова, И. И. Шамолина // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та технологии и дизайна. – 2011. – № 1. – С. 27–32.
5. Билай В. И. Основы общей микологии / В. И. Билай. – К.: Наук. думка, 1973. – 243 с.
6. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – К.: Наук. думка, 1973. – 243 с.
7. Древаль К. Г. Динаміка синтезу целлюлоз вищими дереворуйнівними базидіальними грибами / К. Г. Древаль, К. В. Кузнецова, А. В. Юдіна, М. І. Бойко // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – № 4. – С. 52–59.
8. Мишарина Т. А. Влияние состава полисахаридов в желатинизированном кукурузном крахмале на связывание спиртов / Т. А. Мишарина, А. Л. Самусенко, М. А. Калинин // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, № 6. – С. 703–707.
9. Перт С. Д. Основы культивирования микроорганизмов и клеток: пер. с англ. / С. Д. Перт. – М: Мир, 1978. – 331с.
10. Приседский Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседский. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
11. Стручкова И. В. Амилазная и оксидоредуктазная активность миксодекструктора *Aspergillus terreus* при его росте на полимерных материалах / И. В. Стручкова, Е. С. Лазарева, В. Ф. Смирнов // Вестник Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. – 2010. – № 2 (2). – С. 591–595.
12. Соловьев В. А. Дереворазрушающая способность грибов: меры определения, эскизные модели и параметры / В. А. Соловьев, О. Н. Малышева // Грибные сообщества лесных экосистем. – Петрозаводск, 2004. – Т. 2. – С. 197–220.
13. Травень В. Ф. Сравнительный анализ продуктов гидроксиэтилирования картофельного и кукурузного крахмалов // Химия растительного сырья. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 57–61.
14. Nelson N. A photometric adaptation of the Shomogyi method for the determination of sugars / N. Nelson // J. Biol. Chem. – 1944. – Vol. 153, N 2. – P. 375–379.

Надійшла до редакції 17.11.2013

Прийнята до друку 23.12.2013

**Dreval K. G., Boyko V. V., Boyko M. I.**  
**INFLUENCE OF CULTIVATION TEMPERATURE ON AMYLOLYTIC ACTIVITY OF SOME  
BASIDIOMYCETE STRAINS**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: k.dreval@gmail.com*

Amylases are of great industrial importance among enzymes that hydrolyze starch. Researching of amylolytic enzymes caused because of wide prospects for their use in medicine, food and light industries as a safe and effective biocatalysts. Nowadays producers of amylolytic enzymes are under active searching and it defines their research and work on improving of existing strains. That is why the search and investigation of new strains – producers of amylases is relevant both from practical and theoretical points of view. The aim of this study was to investigate the effect of temperature on amylase activity of basidiomycete culture liquids.

In this research  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase activity of cultural filtrates of different strains of higher saprotrophic wood-destroying fungi, cultivated at different temperatures, were studied. The research were carried out on seven strains of higher basidiomycetes: K-1, A-ДОН-02, Д-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schrot. 3 *Trametes hirsutum* (Wulfen) Pilat., 4 *Trametes versicolor* (L.) Pilat, T.bif. *Trichaptum bifforme* (Fr.) Ryvardeen. Cultivation was carried out under temperatures close to the optimal growth temperatures of strains: 30, 32 and 34°C. Per unit of amylase activity were took the amount of enzyme that formed 1 micromole of reducing sugars (as maltose) in 1 min under the conditions of experiment ( $t = 40^\circ\text{C}$ ).

Amylases appeared in the culture liquid of basidiomycetes by the 3<sup>rd</sup> day of fermentation under all investigated cultivation temperatures. The optimal cultivation period of most strains for obtaining maximum amylase activity is 7-9 days. Fermentation temperature significantly affects the synthesis and activity of amylase exoenzymes of basidiomycetes. The optimum temperature for the synthesis of  $\alpha$ -amylase does not coincide with the optimum temperature of  $\beta$ -amylase production by basidiomycetes. For strains *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 and *Trametes versicolor* 4 the highest activity of  $\alpha$ -amylase observed under the cultivation temperature 30°C, for basidiomycetes *Irpex lacteus* K-1, A-ДОН-02, Д-1 and *Trametes hirsutum* 3 – under the temperature 32°C, and for the culture *Trichaptum bifforme* T.bif – under the temperature 34°C. To obtain exoenzymes with  $\beta$ -amylase action strains *Irpex lacteus* A-ДОН-02 and *Trametes hirsutum* 3 should be cultivated at the temperature 30°C, cultures *Irpex lacteus* K-1, Д-1 – at the temperature 32°C and strains *Trichaptum bifforme* T.bif, *Daedaleopsis confragosa* AnSc-1 and *Trametes versicolor* 4 – at the temperature 34°C.

*Key words:*  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, basidiomycetes, temperature, dynamics.

#### References

1. Arefeva, S.P. (2010). Systems analysis of wood-mushrooms. Novosibirsk, 257 p.
2. Scharova, N.Y., Nikiforov, T.A., & Komov, P.V. (2006). Amylolytic enzymes of the fungus *Aspergillus niger*: separation and properties. Storage and processing of farm products, 3, 42-44.
3. Belov, N.V. (1997). Modern experimental studies of basidiomycetes. Mikology and phytopathology, 31, 6, 345-348.
4. Belov, N.V., Obrezkova, A.V., & Shamolyna, I.I. (2011). Types of basidiomycetes and their using in biotechnology. Bulletin of Saint-Petersburg Technology and Design State University, 1, 27-32.
5. Bilai, V.I. (1973). Fundamentals of mycology. Kyiv, 243 p.
6. Bilai, V.I. (1982). Methods of experimental mycology. Kyiv, 552 p.
7. Dreval, K.V., Kuznetsova, K.V., Yudina, A.V., & Boyko, M.I. (2011). Dynamics of cellulase synthesis by higher wood-degrading Basidiomycetes. Microbiology and Biotechnology, 4(16), 52-60.
8. Mysharyna, T.A., Samusenko, A.L., & Kalynchenko, M.A. (2003). Effect of polysaccharides composition in gelled corn starch on alcohols binding. Applied biochemistry and microbiology, 39, 6, 703-707.
9. Perth, S.D. (1978). Fundamentals of microorganisms and cells cultivation. Moscow, 331 p.
10. Prysedsky, Yu.G. (1999). Statistical analysis of the results of biological experiments. Donetsk, 210 p.
11. Stryuchkova, I.V., Lazarev, E.S., & Smirnov, V.F. (2010). Amylolytic and oxidoreductase activity of myksodestroyer *Aspergillus terreus* grown on polymer materials. Journal of N.I. Lobachevskoho Nyzhehorodsky University, 2(2), 591-595.
12. Soloviev, V.A., & Malysheva, O.N. (2004). Mushrooms wood-degrading ability: determining ways, scetch-models and parameters. Fungal communities of forests ecosystems, Petrozavodsk, 2, 197-220.
13. Traven, V.F. (2009). Comparative analysis of hydroxyethylating products of potato and corn starches. Chemistry of plant raw material, 1, 3, 57-61.
14. Nelson N. (1944). A photometric adaptation of the Shomogyi method for the determination of sugars. Journal of Biological Chemistry, 153, 2, 375-379.

Received: 17.11.2013

Accepted: 23.12.2013

© K. G. Dreval, M. I. Boyko

## NEW STRAINS OF BASIDIOMYCETES FOR INDUSTRIAL CONVERSION OF LIGNOCELLULOSIC MATERIALS

*Donetsk National University*

*Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: k.dreval@gmail.com*

**Dreval K. G., Boyko M. I. New strains of basidiomycetes for industrial conversion of lignocellulosic materials.** – Here we characterize newly isolated basidiomycetes strains and describe biotechnological procedure of purification of lignocellulolytic enzyme complex from their liquid culture. Among 61 basidiomycetes strains spanning over 18 species of 17 genera selected and explored 4 new cellulase-producing strains of Basidiomycetes. For the latter, determined optimal conditions for synthesis of cellulases (temperature and initial pH of medium), the dynamics of cellulolytic enzyme activity in the culture filtrates, optimal composition of the culture medium on sources of nitrogen and carbon.

As a result, we developed a method of purifying enzymatic preparations of cellulases from the cultural medium of basidiomycetes. A fundamentally new to this method is the elution of cellulases from the liquid medium of basidiomycetes. Applying our method allows purification of the enzymatic preparations with a high degree of purification within 3 stages (salting out the proteins, dialysis, and gel chromatography). With this method of obtaining cellulase preparations, we obtained original products of basidiomycetes strains *Irpex lacteus* K-1, A-Дон-02, Д-1 and *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* AnSc-1. Further, we compared some basic physical and chemical properties (pH- and thermolability, pH- and thermostability) and associated enzymatic activities of cellulases derived from the cultural liquids of basidiomycetes with the lower fungi's one both commercial and laboratory origin was conducted.

Thus we proved that cellulolytic enzymes from basidiomycetes are more active than those from lower fungi. The cellulases from both basidiomycetes and lower fungi were found to exhibit a number of associated enzymatic activities, but cellulolytic enzymes from basidiomycetes have significantly higher activity of enzymes that act on starch, pectin and lignin.

*Key words:* lignocellulose bioutilisation, cellulases, ligninases, endoglucanases, cellobiases, basidiomycetes, plant biomass conversion.

### Introduction

A persistently growing need for fossil resources, as well as a number of environmental problems caused a significant increase in interest in the world of science to the production of fuels and various chemical products from renewable sources using biotechnological processes [20, 24, 26]. Development of technologies exploiting enzymes that hydrolyze cellulose, can lead to the development of environmentally friendly means of production, thus reducing technogenic load on the environment [19]. One of the most promising technologies exploiting cellulases [8, 11] is processing of vegetable raw materials (including waste) to obtain clean biofuel [1, 7, 23] that is particularly relevant in current conditions in Ukraine. A further development of the technology of fuel ethanol production from plant biomass and its widespread adoption in industry has a significant economic value [31] and can be considered as one of the factors to ensure energy independence of Ukraine [9]. Transformation of raw materials containing cellulose is promising not only from the point of view creation of independent technologies but also from the point of view of the reduction of environmental risk of some enterprises which process vegetable raw materials [16]. The main prerequisite for the development of biotechnology-based industry of lignocellulose materials is finding bacteria or fungi that are capable of hydrolysing materials such as wood pulp, bagasse and other waste products, as well as understanding of the processes underlying the degradation of lignocelluloses by these organisms [20, 32]. It is out of doubt that the wood-destroying basidiomycetes play a significant role in decomposition of lignocelluloses [10, 29]. In the last decade a growing number of studies on the basidiomycetous fungi addressed their properties as producers of biologically active substances, including wood-destroying enzymes [2]. The potential of different strains to use cellulose or lignin varies [4, 15]. Moreover, the lack of highly active and economically effective producers is one of the main restrictions on the industrial exploitation of enzymes that capable to hydrolyze lignocellulose [6, 28, 30].

The aim of this study was to find new strains of basidiomycetes for industrial conversion of lignocellulosic materials, to study their physiological and biochemical features, their ability to utilize lignocellulosic wastes, to purify their enzymatic preparations and to compare them with commercial one.

### Materials and methods

Basidiomycetes were cultivated on the base of Čapek's nutrient medium. We analyzed the cellulolytic activity of the cultural liquid of 61 strains of Basidiomycetes from 17 genera: *Schizophyllum*, *Trichaptum*, *Irpex*, *Fomes*, *Trametes* (= *Coriolus*), *Pleurotus*, *Daedaleopsis*, *Lepista*, *Inonotus*, *Stereum*, *Heterobasidion*, *Auricularia*, *Chondrostereum*, *Phellinus*, *Hirschioporus*, and *Flammulina*. We optimized the initial acidity of the medium and the cultivation temperature for the maximal production rate of cellulases. During the screening, the strains were cultivated at the temperatures optimal for the growth and on the medium with initial pH 5.0. During the optimization, the strains were cultivated at the temperatures from 24°C to 36°C on the medium with initial pH ranging from 3.0 to 9.0. Precipitation of proteins from the cultural liquid was performed by salting. The protein precipitate was dialyzed against cold (+6±1°C) distilled water. The protein solutions were subjected to gel chromatography on Sephadex G-75 (Sigma, Germany) columns.

For the measurement of the cellulolytic activities of the cultural liquids of the strains, we used a panel of substrates, namely, the filter paper (filter paper activity, FPA), Na-carboxymethylcellulose, hydroxyethylcellulose (endoglucanase activity), and cellobiose (cellobiase activity) solutions. One unit of enzyme activity was defined as the amount of enzyme, releasing 1 μmol of reducing sugars (for polymer substrates) or 1 μmol of glucose (for cellobiose) per minute. As substrates for the measurement of the lignolytic activities, we used Remazol brilliant blue R (general lignolytic activity, GLA), syringaldazine, guaiacol, and pyrocatechol (laccase activity, LcS, LcG, LcP). Pectinolytic activities were determined as ability to act on apple pectin by viscometric (endopolygalacturonase activity, EPG) and iodometric methods (pectinesterase activity). The composition of the reaction mixtures and conditions were set up according to IUPAC recommendations [22] and generally accepted methods [1, 12, 18, 25, 27].

In all assays, the release of reducing sugars was measured with the Shomogui-Nelson technique (glucose standard curve were used) [12]. The glucose concentration was measured using glucose oxidase-peroxidase method according to the manufacturer's protocol (Dnipropetrovsk, Ukraine). Protein concentration was assayed spectrophotometrically on the SF46 supplier (Russia) [1]. The specific activity (U/mg protein) was calculated as general activity to protein concentration ratio.

The enzymatic preparations were purified according to standard techniques for enzyme purification, modified for cellulases of basidiomycetes. As a reference for the Basidiomycetous preparations we used following preparations: «Xybeten-Xi» and «Xybeten-Cel» (JSC «Biovet», Bulgaria), kindly given us by Prof. Dr. A. Sinitsyn (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia), «Celluclast 1,5L» («Sigma», Germany) and laboratory preparation *Penicillium* sp., kindly given us by Dr. María Jesús Martínez (Centro de Investigaciones Biológicas, Madrid, Spain) and «Cellulase» (Ladyzhin enzymes factory, Ukraine).

All assays were performed at least three times. The data obtained were subject to ANOVA; comparison of arithmetic averages was conducted using Duncan method [13].

### Results and discussion

Basidiomycetes are active producers of cellulases and can be perspective objects for the biotechnology of cellulolytic enzymes. It was found, that cellulases of strains *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. K-1, A-ДОН-02 and Д-1 and *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* (Bolton) J. Schröt. AnSc-1 have the highest FPA between researched cultures of Basidiomycetes (fig. 1). The difference in activity of cellulases and in composition of cellulase complex between different strains of one species of basidiomycetous fungi was established.

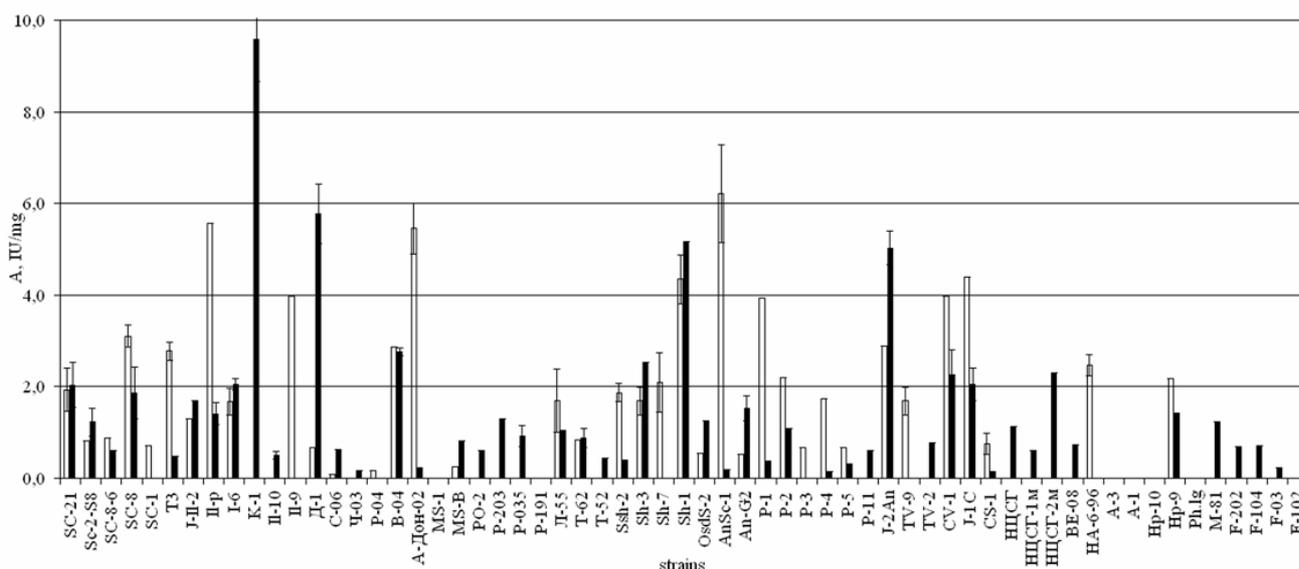


Fig. 1. Filter paper activity of basidiomycetes on 7th (□) and 14th (■) days of cultivation.

Selected strains show high endoglucanase and cellobiase activities. Additionally, the strains mentioned showed activity of lignin- and pectin-degrading enzymes (Table 1). It should be mentioned that activities of ligninases in their cultural liquids were significantly higher on the 7<sup>th</sup> day of cultivation compared to the 14<sup>th</sup> day. This fact means that selected strains are more promising as far as low time of enzyme synthesis is one of the most important parameter for biotechnological promising organisms.

Afterselecting the best producers of cellulases, we induced the synthesis of the cellulases and tried to intensify their products to the culture medium. As the result of optimization the values of the total cellulolytic activity increased by 16-159%, and the specific one increased by 9-143% dependent on the strain. The optimal initial acidity of the medium for production of the cellulolytic enzymes was found to be pH 7.0 for all strains. The optimal cultivation temperature for strains *I. lacteus* K-1, A-ДОН-02 and Д-1 is 34°C, and 32°C for the strain *D. confragosa* f. *confragosa* AnSc-1. On the 7<sup>th</sup> day of cultivation, the FPA of the strain K-1 displays a sharp peak (t=34 °C, pH 7.0), which is shifted (t=32°C, pH 5.0) by 14<sup>th</sup> day of the experiment (fig. 2).

Table 1

Activities of wood-destroying enzymes in cultural liquids of the studied basidiomycetes strains, U/mg protein

Strain	Enzymatic activity				
	EPG	GLA	LcS	LcG	LcP
7 <sup>th</sup> day of cultivation					
Д-1	0,3	193,2	2,9	4166,7	60,1
A-ДОН-02	0,5	59,7	1,0	630,3	55,6
AnSc-1	0,9	237,2	3,4	649,4	24,6
K-1	0,3	91,5	1,8	1253,1	19,0
14 <sup>th</sup> day of cultivation					
Д-1	0,4	123,3	0,7	759,9	23,0
A-ДОН-02	0,9	59,7	0,1	315,1	23,8
AnSc-1	0,1	50,4	0,1	155,3	11,8
K-1	0,3	59,5	0,1	549,5	27,7

Note. Mean are given in table, standart errors are less then 5%; p<0,05.

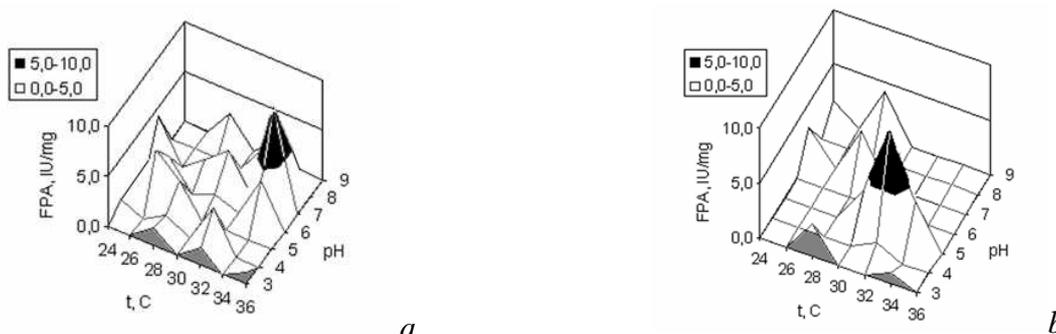


Fig. 2. Filter paper activity of strain *Irpex lacteus* K-1 on 7<sup>th</sup> (a) and 14<sup>th</sup> (b) days of cultivation depending from initial acidity of nutrient medium and temperature of cultivation.

Presented in table 2 received results are shows that enzymatic preparations Д-1 and K-1 have the highest activity of cellulase complex components but are incapable to hydrolyze filter paper. Regarding that this activity has their initial cultural liquids it can be suggested that some linking component was removed during purifying process or its autolysis occurs.

Researching of pH influence on endoglucanase and cellobiase activities of basidiomycetes and lower fungi enzymatic preparations showed that optimum of endoglucanase action is varying between pH 4 (preparations А-ДоН-02, Д-1 and K-1, synthesized by basidiomycetous fungi) and pH 5 (another enzymatic preparations), which agrees with literature data [14]. High pH values has negative effect on endoglucanase activity both basidiomycetes and lower fungi. At the same time, maximal cellobiase activity is in higher values of reaction mixture pH. Cellobiase in preparations «Xybeten-Xyl», «Xybeten-Cel», «Cellulase», Celluclast 1,5L, А-ДоН-02, Д-1 and AnSc-1 have maximal activity at pH 5, and in preparations *Penicillium crude* and K-1 – at pH 6.

It was established, that endoglucanase in preparation Celluclast 1,5L shows maximal activity at temperature 40 °C, in preparations «Xybeten-Xyl», «Xybeten-Cel» and Д-1 – at 45°C, in preparations «Cellulase», А-ДоН-02, K-1 and AnSc-1 – at 50°C, and in preparation *Penicillium crude* – at 55°C. Endoglucanases in all preparations did not inactivate at 50% under reaction temperatures 30°C or 80°C.

Table 2

#### Activity of cellulase complex of enzymatic preparations, U/mg protein

Preparation	Producer	Protein, mg/ml	Substrate		
			FP	Na-CMC	Cellobiose
Xybeten-Xyl	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	0,38	19,5	276,1	617,6
Xybeten-Cel		0,54	18,0	224,8	506,5
Cellulase	<i>Trichoderma viride</i>	0,20	9,9	455,9	301,6
<i>Penicillium crude</i>	<i>Penicillium sp.</i>	0,26	17,2	353,1	303,9
Celluclast 1,5L	<i>Trichoderma reesei</i>	0,24	76,0	534,8	406,8
А-ДоН-02	<i>Irpex lacteus</i>	0,04	4,19	590,0	912,1
Д-1		0,03	0	1030,0	1531,9
K-1		0,03	0	1327,9	1807,2
AnSc-1	<i>Daedaleopsis confragosa f. confragosa</i>	0,16	5,6	174,9	481,53

Note. FP – filter paper, Na-CMC – Na-carboxymethyl cellulose; the mean value are given in table, errors are less then 5%;  $p < 0,05$ .

Cellobiase optimum varied in a broader temperature range. Activity of this enzyme in preparations «Xybeten-Xyl», «Xybeten-Cel», «Cellulase» and Д-1 were maximal at 40°C; in preparations *Penicillium crude*, Celluclast 1,5L and AnSc-1 it was at 45°C, in preparation K-1 at

55°C, and in preparation A-ДОН-02 at 60°C. Thus the optimal temperatures of enzymes produced by basidiomycetes lied in higher temperatures what might allow intensification of industrial processes of their exploitation.

The associated activities are known to be the important characteristics of cellulase preparations [1, 6, 17, 21]. It was established that researched preparations are capable to hydrolyze related to cellulose compounds such as lignin, pectin and starch (Table 3). It should be noted that basidiomycetous preparations showed higher lignolytic activity than preparations from lower fungi. Moreover, activity of cellulolytic preparations from basidiomycetes showed significantly higher activity of pectin and starch conversion. One can argue that enzymatic preparations from basidiomycetous fungi are more prospective for using in biotechnologies, where complex conversion of plant substances is required [16].

Thus we have shown that the best cellulolytic preparation is the A-ДОН-02, synthesized by basidiomycetous fungi *Irpex lacteus*, as it contain the most stable endoglucanase and cellobiase which have the least lose of activity depending from holding time at optimal temperature at pH. The study of the associated activities showed that preparations from both basidiomycetes and lower fungi exhibit a number of associated enzymatic activities, but cellulolytic enzymes from basidiomycetes have significantly higher activity of enzymes that hydrolyse lignin, starch and pectin.

In order to study the ability of this preparation for lignocellulose conversion and measuring its prospectives in industrial conversion of lignocellulosic materials was measured transformation of several plant wastes by A-ДОН-02 preparation. As one can see on the fig. 3, the conversion of different lignocellulosic materials is rising after 24 hours of incubation comparing with 0,5 h with almost all kinds of lignocellulosic wastes are being degraded by new strain of basidiomycetes.

Table 3

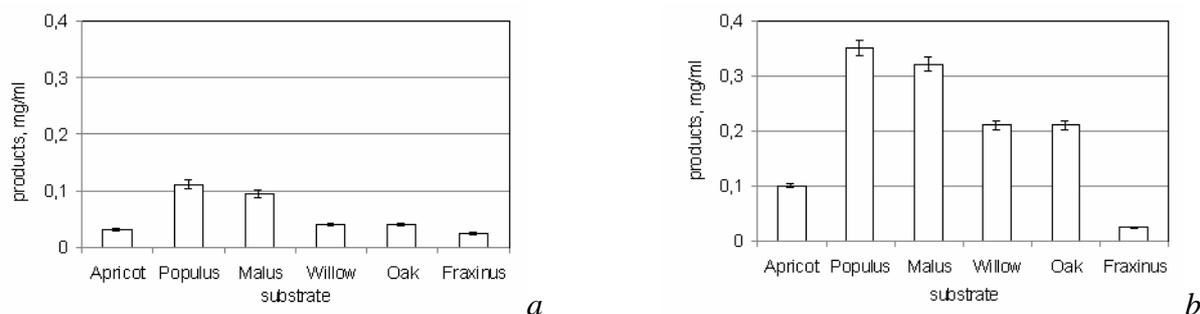
**Associated activities of basidiomycete and lower fungus cellulases preparations (U/mg protein)**

Preparation	Enzymatic activity											
	General lignolytic activity	Laccase (EC 1.10.3.2) (substrate – syringaldazine)	Laccase (EC 1.10.3.2) (substrate – guaiacol)	Laccase (EC 1.10.3.2) (substrate – pyrocatechol)	Endoglucanase (EC 3.2.1.4) (substrate – HEC)	Pectinesterase (EC 3.1.1.11)	Endopolygalacturonase (EC 3.2.1.1)	Maltase (EC 3.2.1.20)	Invertase (EC 3.2.1.26)	$\alpha$ -Amylase (EC 3.2.1.1)	$\beta$ -Amylase (EC 3.2.1.2)	$\beta$ -Galactosidase (EC 3.2.1.23)
Celluclast 1,5L	24,2	4,1	5654,8	0,0	81,8	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Penicillium crude</i>	111,5	2,7	5769,2	0,0	7,1	0,0	12,0	1,5	9,0	0,0	0,0	0,0
Cellulase	0,0	1,5	4642,9	27,0	31,4	0,0	0,0	2,9	11,8	0,0	0,1	0,5
Xybeten-Xyl	15,3	8,1	2255,6	28,4	22,4	0,7	19,1	1	8,7	0,0	0,0	0,0
Xybeten-Cel	0,0	2,7	0,0	0,0	28,1	0,2	12,8	0,7	4,4	0,0	0,0	0,0
A-ДОН-02	724,6	171,5	23214,3	0,0	643,3	5,0	233,6	14,7	58,8	0,5	0,4	2,4
Д-1	386,5	65,6	40476,2	360,4	80,0	4,4	1049,6	19,6	47,1	0,4	0,1	16,2
К-1	772,9	137,4	47619,0	540,5	431,9	8,9	853,5	26,1	62,7	0,3	0,4	9,7
AnSc-1	72,5	1,0	8928,6	33,8	42,8	2,1	36,8	4,9	29,4	0,1	0,1	1,5

Note:

1) protein concentrations are given in table 1;

2) mean values are given in the table, errors are less then 5%; p<0,05.



**Fig. 3. Degradation of lignocellulosic substrates after 0,5 (a) and 24 h (b) by preparation of a new strain A-Дон-02 of *Irpex lacteus*.**

*This work was supported by the «Razvitie» fund (Moscow, Russia).*

### References

1. Belovezhets, L.A., Volchatova, I.V., & Medvedeva, S.A. (2010). Destruction of the model compounds of lignin by pioneer strains of fungi colonizing the wood wastes. *Chemistry for Sustainable Development*, 18, 25-31.
2. Bilay, V.I. (1973). *Methods of experimental mycology*. Kyiv: Naukova Dumka, 243 p.
3. Boiko, S.M., & Dreval, K.G. (2008). Influence of temperature on activity of cellulolytic enzymes of mushrooms *Irpex lacteus* Fr. and *Coriolus sinuosus* Fr. *Bulletin of Charkiv National Agrarian University. Biological series*, 3, 107-113.
4. Danilyak, M.I., Melnichuk, G.G., & Babenko, E.I. (1977). Comparative study of C<sub>2</sub>-cellulase and C<sub>x</sub>-endoglucanase activity of white and brown rot exciter. *Ukrainian Botanical Journal*, 34, 4, 348-350.
5. Darbre, A. (1989). *Practical protein chemistry*. Moscow: Mir, 623 p.
6. Zaitseva, E.A., & Osipova, T.A. (2006). Study of biocatalysts and potentialities for their applications in the framework of the Russian federal targeted scientific-technological program «Research and methodology in the priority trends of development in science and technology». *MSU Vestnik. Series 2. Chemistry*, 47, 1, 4-14.
7. Korotkova, O.G. (2011). Receiving of cellulase complexes with increased sugaring ability on the base of *Penicillium verruculosum* recombinant strains. PhD theses, 23 p.
8. Kukhar, V.P. (2008). Biomass – potential feedstock for industrial organic synthesis. *Biotechnology*, 1, 1, 12-27.
9. Mikhaylova, R.V. (2007). *Macerating enzymes of mycelial mushrooms in biotechnology*. Minsk: Bel. nauka, 407 p.
10. Semichaevskiy, V.D. (1989). Cellulases of higher basidiomycete mushrooms. *Mycology and phytopathology*, 23, 6, 581-590.
11. Sybirnyi, A. (2006). Bio-fuel ethanol of lignocellulose (vegetable biomass): achievements, problems, prospects. *Bulletin of NAS of Ukraine*, 3, 32-48.
12. Sinitsyn, A.P., Chernoglazov, V.M., Gusakov, A.V. (1993). *Methods of studying and properties of cellulolytic enzymes. Results of science and technology. Series Biotechnology*, 25, 152 p.
13. Prisedskiy, Yu.G. (1999). *Statistical analysis of results in biological experiments*. Donetsk: Kassiopeia, 210 p.
14. Baldrian, P. (2008). Enzymes of saprotrophic basidiomycetes. *Ecology of saprotrophic basidiomycetes*, 28, 19-41.
15. Banerjee, G., Scott-Craig, J.S., & Walton, J.D. (2010). Improving enzymes for biomass conversion: a basic research perspective. *Bioenergy resources*, 3, 82-92.
16. Bhat, M.K. (2000). Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology advances*, 18, 5, 355-383.
17. Bothast, R.J., & Schlicher, M.A. (2005). Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied microbiology and biotechnology*, 67, 1, 19-25.
18. Duran, N., Rodriguez, J., Ferraz, A., et al. (1987). *Chrysonila sitophila* (TFB-27441): a hyperlignolytic strain. *Biotechnology letters*, 9, 5, 357-360.
19. Demain, A.L. (2009). Biosolution to the energy problem. *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, 36, 319-332.
20. Eriksson, K.E. (1981). Fungal degradation of wood components. *Pure and Applied Chemistry*, 53, 33-43.
21. *Frontiers of engineering: Reports on leading-edge engineering from the 2007 symposium* (2008). Washington: The National Academies Press, 208 p.
22. Ghose, T.K. (1987). Measurement of cellulase activity. *Pure and Appl. Chem.*, 59, 2, 257-268.
23. Kirakosyan, A., Kaufman, P.B. (2009). *Recent advances in plant biotechnology*. London: Springer, 412 p.
24. Kumar, R., Singh, S., & Singh, O.V. (2008). Bioconversion of lignocellulosic biomass: biochemical and molecular perspectives. *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, 35, 377-391.
25. Mullings, R. (1985). Measurement of saccharification by cellulases. *Enzyme Microb. Technol*, 7, 12, 586-591.

26. Pimentel, D. (2008). Biofuels, solar and wind as renewable energy systems. London: Springer, 506 p.
27. Platt, M.W., Hadar, Y., & Chet, I. (1985). The decolorization of the polymeric dye poly-blue (polyvinylamine sulfonate-anthroquinone) by lignin degrading fungi. *Applied microbiology and biotechnology*, 21, 394-396.
28. Sainz, M.B. (2009). Commercial cellulosic ethanol: the role of plant-expressed enzymes. *In vitro cellular and developmental biology – Plant*, 45, 314-329.
29. Tomsovsky, M., Popelarova, P., & Baldrian, P. (2009). Production and regulation of lignocellulose-degrading enzymes of Poria-like wood-inhabiting basidiomycetes. *Folia Microbiol.*, 54, 1, 74-80.
30. Chandel, A.K., Chandrasechar, G., Silva, M.B. et al. (2012). The realm of cellulases in biorefinery development. *Critical reviews in biotechnology*, 32, 3, 187-202.
31. Xing-hua, L., Hua-jun, Y., Bhaskar, R. et al. (2009). The most stirring technology in future: Cellulase enzyme and biomass utilization. *African Journal of Biotechnology*, 8(11), 2418-2422.
32. Zhang, Y.-H.P., Himmel, M.E., & Mielenz, J.R. (2006). Outlook for cellulase improvement: screening and selection strategies. *Biotechnology advances*, 24, 452-481.

Received: 17.01.2013

Accepted: 24.02.2013

**Древаль К. Г., Бойко М. И. Новые штаммы базидиомицетов для промышленной конверсии лигноцеллюлозных материалов.** – В данной статье приводится характеристика новых штаммов базидиомицетов и описывается процедура биотехнологии получения ферментных препаратов лигноцеллюлазного действия из их культуральной жидкости. Среди 61 штамма базидиомицетов, которые относятся к 18 видам 17 родов, отобраны и изучены 4 новых культуры, способные к активному синтезу целлюлозолитических ферментов. Для полученных штаммов определены оптимальные условия культивирования. Разработан способ получения ферментных препаратов целлюлаз из культуральной среды базидиомицетов.

*Ключевые слова:* биоутилизация лигноцеллюлозы, целлюлазы, лигниназы, эндоглюканаза, целлобиаза, базидиомицеты, конверсия растительного сырья.

**Древаль К. Г., Бойко М. И. Нові штами базидіомицетів для промислової конверсії лігноцелюлозних матеріалів.** – У поданій статті наводиться характеристика нових штамів базидіомицетів та описується процедура біотехнології отримання ферментних препаратів лігноцелюлозної дії з їх культуральної рідини. Серед 61 штаму базидіомицетів, які відносяться до 18 видів 17 родів, відібрано та вивчено нові культури, здатні до активного синтезу целюлозолітичних ферментів. Для отриманих штамів визначено оптимальні умови культивування. Розроблено спосіб отримання ферментних препаратів целюлаз із культурального середовища базидіомицетів.

*Ключові слова:* біоутилізація лігноцелюлози, целюлози, лігнінази, ендоглюканаза, целобіоза, базидіомицети, конверсія рослинної сировини.

Надійшла до редакції 17.01.2013

Прийнята до друку 24.02.2013

УДК 582.282.1 : 581.553(477)

© **О. В. Корольова**

**ЛОКУЛОАСКОМІЦЕТИ СТЕПОВИХ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ**

*Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського  
54030, м. Миколаїв, вул. Нікольська, 24; e-mail: koroleva1975@rambler.ru*

**Корольова О. В. Локулоаскомицети степових рослинних угруповань.** – В статті розглядаються таксономічна структура, еколого-трофічні особливості та розповсюдження грибів класу Dothideomycetes в степових рослинних угрупованнях на території степової зони України. На 40 видах судинних рослин з 15 родин та рослинних рештках знайдено 72 види мікроміцетів з 28 родів 15 родин 4 порядків підкласів Dothideomycetidae, Pleosporomycetidae. Встановлено специфіку виявленої мікобіоти, проаналізований видовий склад і проведено порівняння видових комплексів локулоаскомицетів різних типів степових угруповань.

*Ключові слова:* локулоаскомицети, видовий склад, таксономічна структура, екологічні особливості, степові угруповання.

**Корольова О. В. Локулоаскомицеты степных растительных сообществ.** – В статье рассматриваются таксономическая структура, эколого-трофические особенности и распространение грибов класса Dothideomycetes в степных растительных сообществах на территории степной зоны Украины. На 40 видах сосудистых растений из 15 семейств и растительных остатках найдено 72 вида микромицетов из 28 родов 15 семейств 4 порядков подклассов Dothideomycetidae, Pleosporomycetidae. Установлено специфику микобиоты, проанализирован видовой состав и проведено сравнение видовых комплексов локулоаскомицетов разных типов сообществ.

*Ключевые слова:* локулоаскомицеты, видовой состав, таксономическая структура, экологические особенности, степные сообщества.

**Вступ**

Локулоаскомицети є невід’ємними компонентами степових біоценозів, в числі інших мікроскопічних грибів виступаючи обов’язковими складовими трофічних ланцюгів, які виконують функції первинних деструкторів рослинних решток та сприяють їх мінералізації, або мають значення як фітопатогенні види.

Степова зона займає близько 40% території України та охоплює Причорноморську низину, південну частину Придніпровської височини і Придніпровської низовини, а також рівнини Кримського півострова. Географічні межі степової зони України визначаються за монографією «Геоботанічне районування Української РСР» [3] в її сучасній інтерпретації [7]. За геоботанічним районуванням територія степової зони відповідає Понтичній степовій провінції Євразійської степової області, яка включає Чорноморсько-Азовську степову підпровінцію із 14 геоботанічними округами та Середньодонську степову підпровінцію із Сіверськодонецьким геоботанічним округом. Природна степова рослинність території представлена лучними, петрофітними, різнотравно-злаковими, злаковими, піщаними, полиново-злаковими, полиновими степами [12]. Степові ділянки в різній мірі антропогенно трансформовані, але залишки еталонної природної рослинності збереглися в складі степових заповідників [6].

Ґрунтовні дослідження грибів різних таксономічних груп на території степової зони України розпочалися в середині ХХ століття та знайшли відображення у роботах українських мікологів М. Я. Зерової, С. Ф. Морочковського, Е. З. Коваль, З. Г. Лавітської, М. Ф. Сміцької, Л. В. Смик, І. О. Дудки, С. П. Вассера, В. П. Гелюти, Т. О. Мережко, Ю. Я. Тихоненко та інших дослідників. До узагальнюючих праць, які безпосередньо присвячені вивченню мікобіоти степової зони, можна віднести монографії «Паразитные грибы степной зоны Украины» [11], «Высшие базидиомицеты степной зоны Украины» [2], відомості про мікобіоту степової частини Кримського півострова містяться в роботі «Грибы природных зон Крыма» [5], різноманіття грибів степових заповідників докладно розглядається в монографії «Грибы заповідників та національних природних парків Лівобережної України» [4]. Проте, аналіз літературних і гербарних джерел засвідчує, що локулоаскомицети (Dothideomycetes) (як і гриби відділу Ascomycota в цілому за виключенням

представників порядку Erysiphales) є однією з найменш досліджених груп грибів на території Степової зони України.

Метою даної статті є вивчення мікроскопічних грибів класу Dothideomycetes (локулоаскоміцетів) в степових рослинних угрупованнях на території степової зони України.

### Матеріал і методи дослідження

Матеріалами роботи є оригінальні мікологічні збори, виконані протягом 2002–2013 рр. в угрупованнях природної степової рослинності в межах степової зони України, в тому числі на територіях степових заповідників (Чорноморський біосферний заповідник, біосферний заповідник «Асканія-Нова», природний заповідник «Сланецький степ», регіональний ландшафтний парк «Гранитно-степове Побужжя», Національний заповідник «Хортиця» та ін.). Збір мікологічних зразків здійснювався шляхом маршрутної експедиційної обстеження території та на стаціонарних моніторингових ділянках. Камеральна обробка зразків виконувались за загальноприйнятими методиками, при з'ясуванні таксономічної належності видів використовувались мікроскопічні методи. Для ідентифікації видів рослин і грибів використані визначники та монографії вітчизняних та іноземних авторів [1, 10, 14, 15, 17, 20], видові назви судинних рослин узгоджені з довідником «Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist» [19], видові назви грибів – з міжнародною базою даних з систематики грибів «Index of Fungi» [18]. Порівняння видових спектрів грибів виконано за допомогою коефіцієнта дискримінації Стургена-Радулеску [13].

### Результати та обговорення

У результаті наших досліджень, з урахуванням літературних і гербарних даних, в степових рослинних угрупованнях відмічено 72 види локулоаскоміцетів з 28 родів 15 родин 4 порядків підкласів Dothideomycetidae і Pleosporomycetidae. У складі степової мікобіоти переважають представники порядку Pleosporales (79% від загального числа видів), решта порядків включають 2–5 видів (табл. 1).

Провідне місце у таксономічному спектрі локулоаскоміцетів степових угруповань належить видам з родини Phaeosphaeriaceae (19 видів); ця родина порівняно повно представлена і складом родів (див. табл. 1). Друге місце за кількістю видів посідає родина Pleosporaceae (17 видів), які розподіляються у межах 4 родів. Значно менше видове різноманіття відмічено в межах Mucosphaerellaceae та Lophiostomataceae (відповідно 5 та 4 види), решта 10 родин представлені в степу одиничними видами. Найбільш численними родами за видовим різноманіттям виявилися *Pleospora* (13 видів) та *Leptosphaeria* (11), значно менше видів включають роди *Phaeosphaeria* (4), *Cucurbitaria*, *Didymosphaeria*, *Ophiobolus* та *Sporormiella* (по 3), інші роди нараховують 1–2 представники (див. табл. 1).

Найбільш поширеними видами локулоаскоміцетів в степу є плеоспоральні гриби *Nodulosphaeria dolioloides* Auersw., *Pleospora herbarum* (Pers.) Rabenh., *Leptosphaeria ogilviensis* (Berk. & Broome) Ces. & De Not. На степових ділянках також відмічено ряд нових та рідкісних таксонів. Зокрема, з піщаного степу описаний новий для науки вид *Sporormiella tomlinii* O. V. Korol., знайдені нові та рідкісні для України види локулоаскоміцетів [8, 9].

Для представників більшості родів локулоаскоміцетів основним живильним субстратом в степових ценозах є відмерлі частини трав'янистих рослин, які виступають домінантами степових рослинних формацій. Саме такі чинники, як трофічні зв'язки з домінантами рослинного покриву степів, здатність до гемібіотрофії та досить широка амплітуда субстратної приуроченості значно сприяють розповсюдженню цих видів. До того ж, локулоаскоміцети, так само як і піреноміцети та сферопсидальні гриби, з їх замкненими плодовими тілами та відповідно захищеним споривим апаратом, в меншій мірі реагують на вплив несприятливих екологічних факторів, що також підвищує можливості їх поширення.

## Кількісний розподіл видів локулоаскоміцетів степових угруповань за таксонами

Назва порядку	Назва родини	Назва роду	Кількість видів	% від загальної кількості	
Botryosphaerales	Botryosphaeriaceae	Botryosphaeria	2	2,8	
Capnodiales	Mycosphaerellaceae	Mycosphaerella	5	6,9	
Dothideales	Dothideaceae	Metasphaeria	1	1,4	
		Sacrothecium	2	2,8	
Pleosporales	Cucurbitariaceae	Cucurbitaria	3	4,2	
		Phaeosphaeriaceae	Leptosphaeria	11	15,3
	Phaeosphaeriaceae	Nodulosphaeria	2	2,8	
		Ophiobolus	3	4,2	
		Phaeosphaeria	4	5,6	
		Pleosporaceae	Crivellia	1	1,4
			Lewia	2	2,8
	Pleospora		13	18,0	
	Pyrenophora		1	1,4	
	Lophiostomataceae	Cilioplea	1	1,4	
		Lophiostoma	2	2,8	
		Lophiotrema	1	1,4	
	Didymosphaeriaceae	Didymosphaeria	3	4,2	
	Delitschiaceae	Delitschia	1	1,4	
	Massariaceae	Massaria	1	1,4	
	Massarinaceae	Massarina	1	1,4	
	Melanommataceae	Trematosphaeria	1	1,4	
	Pleomassariaceae	Pleomassaria	1	1,4	
	Sporormiaceae	Sporormiella	3	4,2	
	Venturiaceae	Venturia	2	2,8	
Incertae sedis	Incertae sedis	Pseudopleospora	1	1,4	
		Thyridaria	1	1,4	
		Leptospora	2	2,8	
		Pseudopleospora	1	1,4	
<b>Разом</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>72</b>	<b>100</b>	

Локулоаскоміцети степових угруповань утворюють консортивні зв'язки із 40 видами рослин з 15 родин (табл. 2). Найбільшу кількість грибів відмічено на представниках родини Asteraceae (44 види, 60%).

За приуроченістю до живильних субстратів серед знайдених в степових угрупованнях видів локулоаскоміцетів домінують герботрофи, консортивно пов'язані із трав'янистими рослинами та їх різноманітними рештками. Найбільшу кількість грибів зафіксовано на домінантах та едифікаторах степових рослинних формацій *Artemisia marschalliana* Spreng., *Achillea millefolium* L., *Thymus borysthenticus* Klokov & Des. Shost. Шістнадцять видів грибів відмічено на неідентифікованих рослинних рештках, серед яких переважали субстрати трав'янистого походження. Окремі види (наприклад, сапротрофні ксилотрофи *Leptosphaeria baggei* (Auersw. & Niessl) Sacc., *Pseudopleospora ruthenica* Petr.) знайдені також і на деревних субстратах в степу.

**Кількісний розподіл видів локулоаскоміцетів степових рослинних угруповань  
за родинами живильних рослин**

Родини судинних рослин	Кількість видів	
	рослин	грибів
Asteraceae	13	44
Poaceae	6	12
Lamiaceae	3	8
Fabaceae	3	7
Euphorbiaceae	1	4
Polygonaceae	2	4
Salicaceae	2	4
Chenopodiaceae	2	3
Boraginaceae	1	1
Brassicaceae	1	1
Dipsacaceae	2	2
Limoniaceae	1	1
Plantaginaceae	1	1
Ranunculaceae	1	1
Scrophulariaceae	1	1

За трофічним статусом переважна більшість розглянутих видів належить до сапротрофів, але серед локулоаскоміцетів є представники плеоморфних гемібіотрофів, частина життєвого циклу яких проходить на певних видах живих рослин, а на мертвих трав'янистих і деревних субстратах вони розвиваються як сапротрофи [16]. Наприклад, гемібіотрофні патогенні види *Pleospora betae* (Berl.) Nevod. (на *Chenopodium sp.*, *A. marschalliana*) та *Venturia maculiformis* (Desm.) G. Winter (на *Alyssum desertorum* Stapf) відмічались в стадії телеоморфи на відмерлих рослинах. Слід зауважити, що гриб *P. betae*, в стадії анаморфи *Phoma betae* Frank відомий як спеціалізований паразит буряку, але у факультативно-сапротрофній стадії проявляє властивості облигатного сапротрофа щодо поживного субстрату. Таким чином, у деяких гемібіотрофних видів на сапротрофній стадії життєвого циклу відсутня строга субстратна приуроченість, так само, як і у облигатних сапротрофів.

У степових угрупованнях локулоаскоміцети заселяють субстрати не тільки рослинного, але і тваринного походження. Це, зокрема, копротрофні види *Delitschia auerswaldii* Fuckel та *S. tomilini*, *Sporormiella vexans* (Auersw.) S. I. Ahmed & Cain, *Sporormiella australis* (Speg.) S. I. Ahmed & Cain знайдені на екскрементах тварин. Необхідно відмітити, що дана екологічна група локулоаскоміцетів майже не досліджена в степових угрупованнях та її подальше вивчення представляється нам досить перспективним.

Для досліджуваної території нами відмічені деякі характерні особливості розповсюдження локулоаскоміцетів на поживних субстратах. Так, зокрема, накопичення нерозкладеного трав'янистого сухостою в посушливих піщано-степових та полиново-степових рослинних угрупованнях Злакового та Полинового Степу зумовлює більш широке розселення гербосапротрофних видів у порівнянні із лучно-степовими угрупованнями Злаково-Лучного Степу.

На здерев'янілих рештках степових трав у псамофітних ценозах Злакового Степу нами були відмічені 24 види асколокулярних грибів та їх анаморф, які в більш північних районах розвиваються на деревних субстратах, а деякі з них траплялись також і в лісових угрупованнях Злакового Степу.

Таким чином, при зміні стадій життєвого циклу, місцезростання, при циклічних коливаннях мікрокліматичних умов локальні угруповання мікроміцетів зберігають свій екологічний статус завдяки притаманній їм високій варіативності стацій.

Аналіз розповсюдження локулоаскоміцетів за типами степових угруповань показав наступні результати: найбільшу кількість видів відмічено в рослинних угрупованнях різнотравно-типчакково-ковилового степу (36 видів), дещо менше – в піщано-степових (28), полиново-степових (25), петрофітно-степових (27), лугово-степових (19), найменшу кількість видів – в галофітно-степових угрупованнях (14).

Видові комплекси локулоаскоміцетів різних типів степових угруповань характеризуються певною своєрідністю. Так, тільки в угрупованнях різнотравно-типчакково-ковилового степу відмічені *Lewia infectoria* (Fuckel) M. E. Barr & E. G. Simmons, *Pleospora relicina* Fuckel, *S. vexans*, тільки в піщано-степових угрупованнях знайдені *Cilioplea coronata* (Niessl) Munk, *Didymosphaeria conoidea* Niessl, *Lewia scrophulariae* (Desm.) M. E. Barr & E. G. Simmons, *Ophiobolus acuminatus* (Sowerby) Duby та ін. Серед видів, характерних для петрофітно-степових угруповань, можна назвати *Graphyllum pentamerum* (P. Karst.) M. E. Barr, *Leptosphaeria taurica* Naumov & Dobrozz., *Didymella fenestrans* (Duby) G. Winter, причому останній вид виявився досить розповсюдженим у петрофітному степу. Тільки в лугово-піщаних угрупованнях виявлений *Ophiobolus sarmentorum* Dobrozz., виключно в угрупованнях галофітно-степової рослинності траплялись *Cucurbitaria pricesiana* R. G. Vagn., *Massarina microcarpa* (Fuckel) Sacc. і малорозповсюджений локулоаскоміцет *Pleospora asperulae* Pass. У більшості досліджених фітоценозів були відмічені *P. herbarum*, *L. ogilviensis*, *N. dolioloides*, які є найбільш розповсюдженими видами степових угруповань.

Необхідно відмітити, що в фітоценозах різнотравно-типчакково-ковилового степу існують більш сприятливі умови для розвитку асколокулярних грибів, на відміну від інших типів степових угруповань, що характеризуються більш жорсткими мікрокліматичними умовами і порівняно меншою різноманітністю субстратів.

Таксономічні спектри виявлених видових комплексів грибів мають риси подібності, зумовлені наявністю представників домінуючих родів *Leptosphaeria* та *Pleospora* в усіх досліджених типах угруповань, у більшості – родів *Didymosphaeria*, *Lophiostoma* і *Phaeosphaeria*. У той же час, порівняння на видовому рівні за допомогою коефіцієнта дискримінації Стургена-Радулеску вказує на помітну відмінність комплексів локулоаскоміцетів. Максимальну подібність видового складу виявлено у мікобіоті угруповань різнотравно-типчакково-ковилового і лучного степу ( $K_{sr} = +0,42$ ), мінімальну – різнотравно-типчакково-ковилового і петрофітного степу ( $K_{sr} = +0,74$ ).

## Висновки

Видове різноманіття локулоаскоміцетів у степових рослинних угрупованнях становить 72 види мікроміцетів з 28 родів 15 родин 4 порядків підкласів Dothideomycetidae і Pleosporomycetidae класу Dothideomycetes. У складі степової мікобіоти переважають представники порядку Pleosporales з родин Phaeosphaeriaceae та Pleosporaceae. На родовому рівні специфіку видового складу визначають роди *Pleospora* та *Leptosphaeria*.

Локулоаскоміцети степових угруповань утворюють консортивну взаємодію з 40 видами вищих рослин з 15 родин. Найбільшу кількість мікроміцетів асоційовано з представниками Asteraceae. Розглянуті еколого-трофічні особливості локулоаскоміцетів ілюструють їх здатність до широкої субстратної приуроченості, що дозволяє вважати їх практично універсальними редуцентами в степових біоценозах.

Видові комплекси локулоаскоміцетів різних типів степових угруповань характеризуються певною своєрідністю; на їх формування мають вплив зональні та регіональні умови.

### Список літератури

1. Васильева Л. Н. Пиреномицеты и локулоаскомицеты севера Дальнего Востока / Л. Н. Васильева. – Л.: Наука, 1987. – 257 с.
2. Вассер С. П. Высшие базидиомицеты степной зоны Украины / С. П. Вассер, И. М. Солдатова. – К.: Наук. думка, 1977. – 355 с.
3. Геоботаничне районування Української РСР/ Андрієнко Т. Л., Білик Г. І., Брадїс О. М., Голубець М. А., Махаєва Л. В. [та ін.]. / Відп. ред. А. І. Барбарис. – К.: Наук. думка, 1977. – 304 с.
4. Гриби заповідників та національних природних парків Лівобережної України / Дудка І. О., Гелюта В. П., Андріанова Т. В. [та ін.]. – К.: Арістей, 2009. – Т. І. – 306 с.
5. Гриби природних зон Криму / Дудка І. О., Гелюта В. П., Тихоненко Ю. А. та ін. / Під ред. І. О. Дудки. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с.
6. Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. Ч. 1. Природні заповідники. Біосферні заповідники / Андрієнко Т. Л., Арап Р. Я., Ардамацька Т. Б. [та ін.]. / Відп. ред. О. В. Климов. – Харків: Укр. НЦОВ, 1994. – 246 с.
7. Дідух Я. П. Геоботаничне районування України та суміжних територій / Я. П. Дідух, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Укр. ботан. журн. – 2003. – Т. 60, № 1. – С. 6–17.
8. Корольова О. В. Новый для науки та рідкісні для України види аскоміцетів з Нижньодніпровських арен / О. В. Корольова // Укр. ботан. журн. – 2000. – Т. 57, № 6. – С. 644–647.
9. Мережко Т. О. Нові та рідкісні для мікобіоти України види локулоаскоміцетів та целоміцетів / Т. О. Мережко // Укр. ботан. журн. – 1991. – Т. 48, № 4. – С. 65–67.
10. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин [и др.]. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
11. Паразитные грибы степной зоны Украины / Гелюта В. П., Тихоненко Ю. Я., Бурдюкова Л. И., Дудка И. А. – К.: Наук. думка, 1987. – 279 с.
12. Природа Украинской ССР. Растительный мир / Андриенко Т. Л., Блюм О. Б., Вассер С. П. [и др.]. / Под ред. Ю. Р. Шеляга-Сосонко. – К.: Наук. думка, 1985. – 208 с.
13. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике: учеб. пособие / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1984. – 288 с.
14. Aptroot A. A key to the Dutch species of Didymosphaeria, Massarina and related genera / A. Aptroot // Coolia. – 1998. – Vol. 41, № 1. – P. 1–7.
15. Dennis R. W. British Ascomycetes / R. W. Dennis. – Hirschberg: J. Cramer Verlag, 1978. – 586 p.
16. Dictionary of the Fungi / [Ed. by P. M. Kirk, P. F. Cannon, D. W. Minter, J. A. Stalpers]. – 10th edn. – Kew, Surrey: CABI, 2008. – 784 p.
17. Ellis M. B. Microfungi on land plants: An identification handbook / M. B. Ellis, J. P. Ellis. – London, Sydney: Croom Helm, 1987. – 818 p.
18. Index of Fungi // CABI Bioscience databases. – 2013. – [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.indexfungorum.org>
19. Mosyakin S. L. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist S. L. Mosyakin, M. M. Fedoronchuk; ed. S. L. Mosyakin. – Kiev: M. G. Kholodny Inst. of Botany, 1999. – 345 p.
20. Sivanesan A. The Bitunicate Ascomycetes / A. Sivanesan. – Lehre: J. Cramer, 1984. – 701 p.

Надійшла до редакції 3.12.2013

Прийнята до друку 18.12.2013

**Korol'ova O. V.**

#### **LOCULOASCOMYCETES FROM STEPPE PLANTS COMMUNITIES**

*Mykolayiv V.O. Sukhomlynsky National University, Nikolska Str., 24, Mykolayiv, 54030, Ukraine*

*e-mail: koroleva1975@rambler.ru*

Loculoascomycetes are integral components of steppe plants communities, among other micromycetes are obligatory components of trophic chains. They shall serve as destructors of plant residues, taking part in their mineralization.

The aim of the article is to study microscopic fungi from class Dothideomycetes of steppe plants communities.

Materials of this research – mycological samples collected during 2002-2013 years in steppe communities of the steppe zone of Ukraine, including the territories of steppe reserves. Identification of samples performed with light microscope.

72 species of loculoascomycetes from 28 genera 15 families 4 orders subclasses Pleosporomycetidae, Dothideomycetidae were identified as result of our research in the steppe plants communities. In taxonomic structure representatives of the order Pleosporales are dominated. The greatest number of species includes families Phaeosphaeriaceae (19 species) and Pleosporaceae (17), genera Pleospora (13) and Leptosphaeria (11). Most common in the steppe are *Nodulosphaeria dolioloides* Auersw., *Pleospora herbarum* (Pers.) Rabenh. and *Leptosphaeria ogilviensis* (Berk. & Broome) Ces. & De Not.

Loculoascomycetes in steppe communities forms consortial relationships with 40 plant species from 15 families. The greatest number of fungi observed in representatives of the family Asteraceae. In ecological structure dominated herbivorous and saprotrophic species.

Distribution of fungi in steppe communities were analyzed. The greatest number of fungi were noted in plant communities of herb-fescue- feather grass steppe (36 species).

A species complexes of loculoascomycetes at steppe communities have been investigated. Species complexes have similarities due to the presence of representatives of the dominant genera Leptosphaeria and Pleospora, and subdominant genera Didymosphaeria, Lophiostoma, and Phaeosphaeria. Comparison at the species level by the Stugrena-Radulesku coefficient of discrimination indicates significant difference of fungal complexes. Maximum similarity of species composition of microbiota was found in groups herb-fescue-grass steppe and meadow steppe ( $K_{sr} = +0.42$ ), minimum – in herb-fescue- feather grass steppe and petrophytic steppe ( $K_{sr} = +0.74$ ).

Thus, species diversity of loculoascomycetes (Dothideomycetes) in the steppe plant communities includes 72 species. The predominance of species from order Pleosporales is the feature of taxonomic structure.

Considered ecological and trophic features loculoascomycetes illustrate their ability to use a wide range of substrates, making them practically universal destructors in steppe biocenoses.

Species complexes of loculoascomycetes from different types of steppe communities are characterized by originality; regional and zonal conditions have an influence on their formation.

#### References

1. Vasilyeva, L.N. (1987). Pyrenomycetes and loculoascomycetes of Northern Far East, 257 p.
2. Wasser, S.P. (1977). Higher Basidiomycetes steppe zone of Ukraine, 355 p.
3. Geobotanical zoning of Ukrainian SSR (1977), 304 p.
4. Fungi of the nature reserves and national nature parks of Eastern Ukraine (2009), 306 p.
5. Fungi of natural areas of Crimea (2004), 452 p.
6. State cadastre of territories and objects of nature reserve fund of Ukraine. Part 1. Nature reserves. Biosphere Reserves (1994), 246 p.
7. Didukh, Y.P., & Shelyag-Sosonko, Yu.R. (2003). Geobotanical zoning of Ukraine and adjusting territories. Ukr. bot. journal, 60, 1, 6-17.
8. Korol'ova, O.V. (2000). New for science and rare for Ukraine species of ascomycetous fungi from the Lower Dnipro arenas. Ukr. bot. journal, 57, 6, 644-647.
9. Merezhko, T.O. (1991). Loculoascomycetes and celomycetes species new and rare for the Ukrainian SSR mycobiota. Ukr. bot. journal, 48, 4, 65-67.
10. Handbook of the higher plants of Ukraine (1987), 548 p.
11. Parasitic fungi steppe zone of Ukraine (1987), 279 p.
12. Nature of the Ukrainian SSR: World of plants (1985), 208 p.
13. Schmidt, V.M. (1984). Mathematical methods in botany, 288 p.
14. Aptroot, A.A. (1998). Key to the Dutch species of *Didymosphaeria*, *Massarina* and related genera. *Coolia*, 41, 1, 1-7.
15. Dennis, R.W. (1978). *British Ascomycetes*, 586 p.
16. *Dictionary of the Fungi* (2008), 784 p.
17. Ellis, M.B., & Ellis, J.P. (1987). *Microfungi on land plants: An identification handbook*, 818 p.
18. *Index of Fungi* (2013). CABI Bioscience databases. Retrieved from <http://www.indexfungorum.org>
19. Mosyakin, S.L., & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist*, 345 p.
20. Sivanesan, A. (1984). *The Bitunicate Ascomycetes*, 701 p.

Received: 3.12.2013

Accepted: 18.12.2013

УДК 582.284+606:62:579.266

© О. В. Чайка, О. В. Федотов

## ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОДЕГРАДАЦІЇ КСЕНОБІОТИКУ METHYL ORANGE КУЛЬТУРАМИ КСИЛОТРОФІВ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЙ ПЕПТОНУ ТА ГЛЮКОЗИ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46  
e-mail: bio.graff@yandex.ua

**Чайка О. В., Федотов О. В. Ефективність біодеградації ксенобіотику Methyl Orange культурами ксилотрофів у залежності від концентрацій пептону та глюкози.** – Досліджено ефективність біодеградації ксенобіотиків культурами ксилотрофів *Flammulina velutipes* F-1105, *Pleurotus eryngii* P-er, *Trametes hirsuta* Th-11 і *Daedalea quercina* Dq-08 у залежності від концентрацій елементів живлення. В якості модельної сполуки для визначення ефективності біодеградації забруднювачів використовували барвник Methyl Orange. Встановлено оптимальні концентрації пептону та глюкози в модифікаціях глюкозо-пептонного середовища за показником деградації модельної сполуки культуральним фільтратом цих штамів.

*Ключові слова:* ксилотрофні базидіоміцети, біодеградація, Methyl Orange.

**Чайка А. В., Федотов О. В. Эффективность биодеградации ксенобиотика Methyl Orange культурами ксилотрофов в зависимости от концентрации пептона и глюкозы.** – Исследована эффективность биодеградации ксенобиотиков культурами ксилотрофов *Flammulina velutipes* F-1105, *Pleurotus eryngii* P-er, *Trametes hirsuta* Th-11 и *Daedalea quercina* Dq-08 в зависимости от концентраций элементов питания. В качестве модельного соединения для определения эффективности биодеградации загрязнителей использовали краситель Methyl Orange. Установлены оптимальные концентрации пептона и глюкозы в модификациях глюкозо-пептонной среды по показателю деградации модельного соединения культуральным фильтратом этих штаммов.

*Ключевые слова:* ксилотрофные базидиомицеты, биодеградация, Methyl Orange.

### Вступ

Гостра необхідність розробки нових способів деградації ксенобіотиків зумовлена декількома причинами. По-перше, це збільшення новоутворених неприродних сполук промислового і побутового походження, що неконтрольовано скидаються у великих кількостях у оточуюче середовище. По-друге, це втрата здатності до самоочищення та, як наслідок, брак чистої питної води і зниження родючості ґрунтів. По-третє, це застарілість способів утилізації та нездатність до деструкції нових ксенобіотиків наявними способами [1, 14, 20].

Біоремедіація, тобто очищення середовища з використанням метаболічного потенціалу біологічних агентів, у порівнянні з іншими методами, є більш перспективним, екологічно безпечним і менш дорогим способом очищення довкілля [16, 20]. Зважаючи на це пильну увагу дослідників привертають деякі групи організмів, зокрема, базидіальні ксилотрофи – через їх здатність до активної регуляції прооксидантно-антиоксидантної рівноваги та синтезу потужних екстрацелюлярних ензимів, здатних до розщеплення хімічно стійких сполук [3, 10, 15, 17]. Ці ферменти мають широку субстратну специфічність, що дозволяє їм трансформувати не тільки органічні речовини природного походження, але і різноманітні ксенобіотики. Так, у деяких грибів білої гнилі *in vitro* встановлено здатність до прямого чи опосередкованого окиснення і детоксикації поліциклічних ароматичних вуглеводнів (антрацен, бензапірен, фенантрен тощо), поліхлорфенолів, лігносульфонатів, барвників, стійких полімерів (поліакрилат, поліакриламід, поліетилен) діоксинів та пестицидів (у тому числі атразин, ДДТ, хлордан, ліндан тощо) [9]. У результаті відбувається повне розкладання молекули ксенобіотику, або неповне перетворення, внаслідок чого втрачається її токсичність і підвищується біодоступність [9, 15].

Вважається, що немаловажну роль у секреції зазначених ферментів у позаклітинне середовище, поряд з систематичною приналежністю та фізіологічними особливостями самої культури, відіграє склад живильного середовища [2, 3, 21]. У ряді робіт зазначається, що

природа джерел вуглецю та азоту значно впливає на інтенсивність деградації лігніну, однак значно більше значення має кількість цих елементів у середовищі [18, 19].

Виходячи з вищезазначеного, мета роботи – вивчення впливу джерел вуглецевого та азотного живлення на біодеградацію ксенобіотиків глибинними культурами ксилотрофів.

### Матеріал і методи дослідження

Об'єктами дослідження були штами ксилотрофів *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer F-1105 і *Pleurotus eryngii* (DC.) Quéf. P-er, видів порядку *Agaricales*; *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd – Th-11 і *Daedalea quercina* (L.) Pers. – Dq-08, видів порядку *Polyporales*. Штами F-1105, P-er та Th-11 викликають білу, а штам Dq-08 – буру гниль деревини. Штами зберігаються в колекції культур базидіоміцетів кафедри фізіології рослин Донецького національного університету [10].

У попередніх дослідженнях, за активністю процесів ПОЛ, зазначені штами відібрані як перспективні для розробки способів біодеградації забруднювачів довкілля [11, 15]. Для них розроблено способи глибинного культивування та модифікації глюкозо-пептонного середовища (ГПС) [4–7]. Так, для культивування штаму *F. velutipes* F-1105 модифіковане ГПС додатково містить, на літр: лігносульфонат – 3,5 г, Твін-80 – 1,0 г, розчин мінеральних елементів Кірка [19] – 70 мл; штаму *P. eryngii* P-er – лігносульфонат – 5,0 г, Твін-80 – 1,0 г, розчин мінеральних елементів Кірка – 70 мл; штаму *T. hirsuta* Th-11 – лігносульфонат – 5,0 г; Твін-80 – 1,0 г; розчин мінеральних елементів Кірка – 105 мл; штаму *D. quercina* Dq-08 – лігносульфонат – 6,5 г; Твін-80 – 1,0 г; розчин мінеральних елементів Кірка – 105 мл. Враховуючи наявність солей Mg, Ca та Zn у розчині мінеральних елементів Кірка, у модифікації ГПС не вносили стандартні компоненти: MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> та ZnSO<sub>4</sub>. Вміст пептону в середовищах варіювався від 0 до 7 г/л, а глюкози – від 0 до 25 г/л.

Початковий рН живильних середовищ складав 6,62±0,06 од. Процес культивування штамів глибинним методом [4] проводили при 25±1°C в колбах ємністю 250 мл з 50 мл середовища на лабораторній качалці АБУ-6С (Росія) зі зворотно-поступальним рухом з режимом 45 хв. роботи з частотою 120 коливань за хв. та 15 хв. – інтервал. Інокулюмом слугував гомогенізований глибинний міцелій, що вирощувався в аналогічних умовах у колбах з шипоподібними відбійниками протягом 7 діб. Інокулюм вносили в кількості 10% за об'ємом живильного середовища. Перед інокуляцією асептично відбирали проби та визначали абсолютно суху біомасу та відсутність контамінації інокулюму за допомогою світлового мікроскопу XS-5520 MICROmed (Китай). Термін культивування штамів на основній стадії становив 6 діб. Наприкінці терміну культивування міцелій відділяли від культуральної рідини за допомогою щільної капронової тканини, отримуючи таким чином культуральний фільтрат (КФ). Визначали абсолютно суху біомасу (АСБ) міцелію ваговим методом [1] та розраховували приріст АСБ.

З метою визначення ефективності окислювальної деструкції речовин (ЕД) було обрано модельну сполуку – широко використовуваний барвник Methyl Orange (CAS 547-58-0), що відноситься до класу азобарвників [13]. Кількість КФ об'ємом 0,3 мл (дослід) чи живильного середовища (контроль) додавали до 0,001% розчину Methyl Orange в натрій-ацетатному буфері. Водневий показник реакційної суміші становив 4,4 од. Проби інкубували при +40°C протягом 48 годин. Після цього доводили рН реакційної суміші до 3,1 од. за допомогою натрій-ацетатного буферу. Вимірювали оптичну густину розчину при довжині хвилі 506 нм. Ефективність деструкції модельної сполуки розраховували за формулою:

$$ED = \frac{E_k - E_d}{E_k} \cdot 100\% ,$$

де  $E_k$ ,  $E_d$  – оптична густина контрольної і дослідної проби відповідно.

Досліди проводили у трикратній повторності. Отримані експериментальні дані обробляли з використанням загальноприйнятих методів статистичної обробки результатів біологічних експериментів. Достовірною вважалася різниця за рівня вірогідності  $P > 0,95$  [8].

### Результати та обговорення

Як показали результати вивчення впливу концентрацій пептону в модифікованих ГПС, всі вони придатні для росту відібраних штамів (рис. 1). Однак встановлено, що зі збільшенням концентрації пептону в середовищі приріст АСБ штамів підвищувався та мав індивідуальний характер. Найкраще така залежність спостерігається для штаму *T. hirsuta* Th-11, де є чітко виражена пряма залежність приросту АСБ від вмісту пептону до рівня 5 г/л. На середовищі з максимальним вмістом пептону приріст АСБ у 4 рази вищий за цей показник на середовищі без пептону. Меншу аналогічну індукцію росту – у 2,7 разів – встановлено для штаму *F. velutipes* F-1105, де інтенсивна індукція накопичення АСБ спостерігалася до концентрації пептону 2 г/л. Для штаму *P. eryngii* P-er спостерігали різке збільшення приросту АСБ до концентрації пептону 1 г/л та стабілізацію цього показника з подальшим підвищенням вмісту цього компонента. Така динаміка може бути викликана декількома причинами: по-перше впливом лімітуючих концентрацій пептону, по-друге – швидкістю метаболізму штамів. Найменшу індукцію росту зі збільшенням вмісту пептону показав штам *D. quercina* Dq-08.

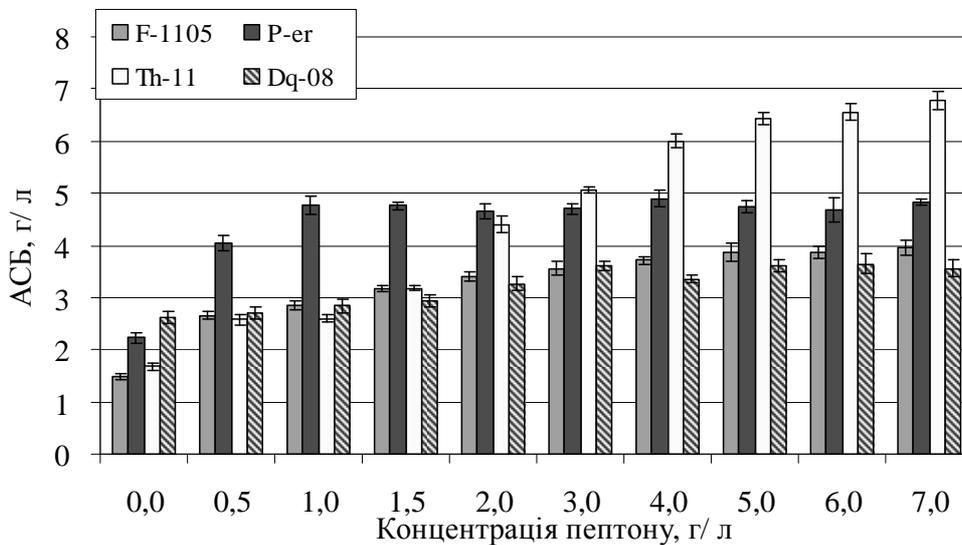


Рис. 1. Приріст АСБ досліджуваних штамів залежно від концентрації пептону.

Крім накопичення біомаси, реєстрували і зміну ефективності окислювальної деструкції модельної сполуки КФ досліджуваних штамів (рис. 2). Встановлено вірогідний вплив концентрації пептону в середовищі на величину ЕД. Так, відсутність чи низька концентрація пептону в середовищі є несприятливим фактором за ЕД для штамів грибів білої гнилі. Загалом, максимум ЕД для штамів *T. hirsuta* Th-11 і *P. eryngii* P-er приходить на середовищах з 4 г/л пептону. Причому для штаму *T. hirsuta* Th-11 встановлено збільшення ЕД в 4 рази, порівняно з середовищем без пептону. Максимальне значення ЕД КФ штаму *F. velutipes* F-1105 зафіксоване при концентрації пептону 3 г/л і в 2 рази вище, ніж на середовищі без пептону. Подальше підвищення вмісту пептону не викликає збільшення ЕД цих штамів. На відміну від базидіоміцетів білої гнилі, максимум ЕД КФ штаму *D. quercina* Dq-08 – гриба бурої гнилі, встановлено на середовищі без пептону, що в 5,5 разів вище, ніж на вихідному ГПС (3 г/л пептону).

Отже, дослідження впливу концентрації пептону на ріст та ЕД деяких штамів базидіоміцетів показало наступне. Відсутність чи низький вміст пептону в середовищі негативно впливає як на ростові процеси, так і на деструкцію модельної сполуки штамами грибів білої гнилі. Гриб бурої гнилі навпаки, показав найвищий рівень деструкції модельної сполуки за низького приросту АСБ при відсутності пептону в середовищі. Це, можливо, пояснюється відмінністю ферментативних систем грибів різних типів гнилі та проявом адаптивної реакції (підвищений синтез ферментів) до несприятливих умов середовища.

Встановлені індивідуальні концентрації пептону, за яких було зафіксовано максимальні величини ЕД кожного штаму (критерій оптимальності складу середовища), використовувалися в подальших дослідженнях.

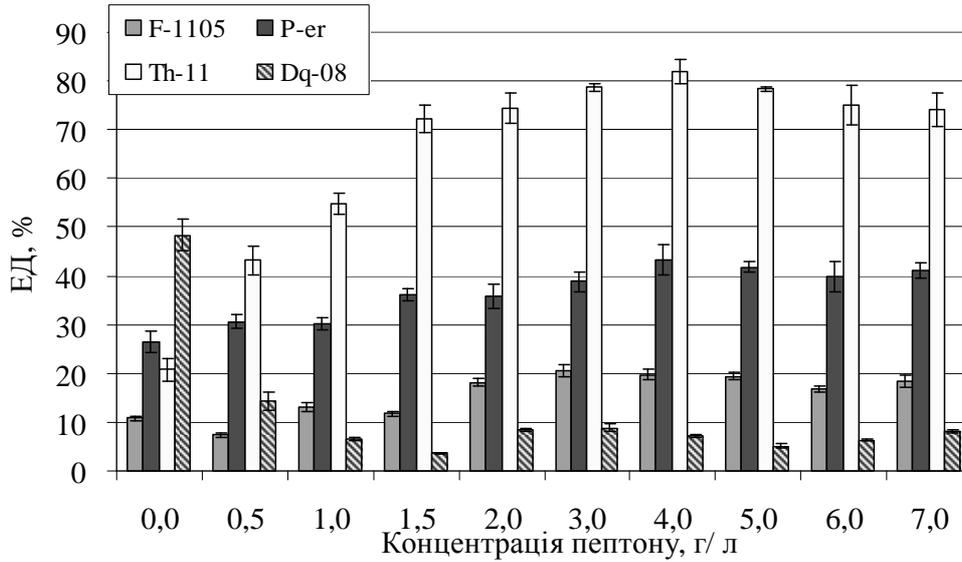


Рис. 2. Ефективність деструкції модельної сполуки КФ досліджуваних штамів залежно від концентрації пептону.

На наступному етапі роботи встановлювали вплив різних концентрацій глюкози в середовищі на ріст (рис. 3) та ефективність деструкції модельної сполуки КФ досліджуваних штамів (рис. 4). Так, стрімке збільшення приросту АСБ штамів відбувається при підвищенні вмісту глюкози з нульового до рівня 5,0–7,5 г/л. Подальше підвищення концентрації глюкози в середовищі не впливає на ріст культур. Це, ймовірно, пов'язане з негативним впливом високої осмотичної активності таких середовищ.

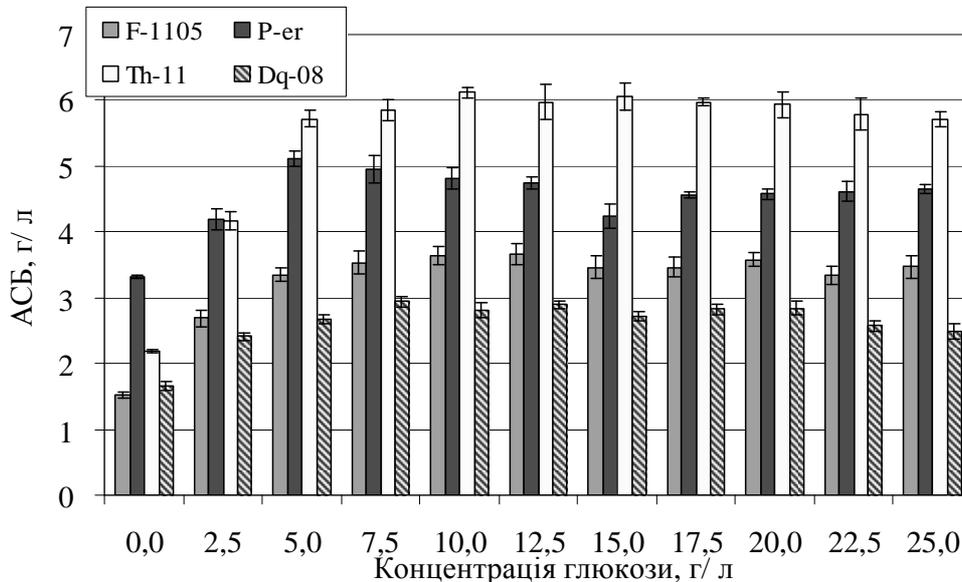


Рис. 3. Приріст АСБ досліджуваних штамів залежно від концентрації глюкози.

Різні концентрації глюкози у середовищі мають індивідуальний вплив на ЕД досліджуваних штамів. Так, для штаму *F. velutipes* F-1105 максимальний рівень ЕД спостерігався при концентрації 7,5 г/л глюкози. Відхилення від цього значення веде до вірогідного зниження ЕД Methyl Orange. Для штаму *P. eryngii* P-er збільшення вмісту

глюкози до рівня 7,5 г/л веде до підвищення ЕД, подальше підвищення даного компоненту вірогідно не впливає на ЕД. Аналогічну залежність встановлено для штаму *T. hirsuta* Th-11 з тією різницею, що оптимальним вмістом є 10,0 г/л глюкози. Для штаму *D. quercina* Dq-08 характерні два піки ЕД при низьких та високих концентраціях глюкози.

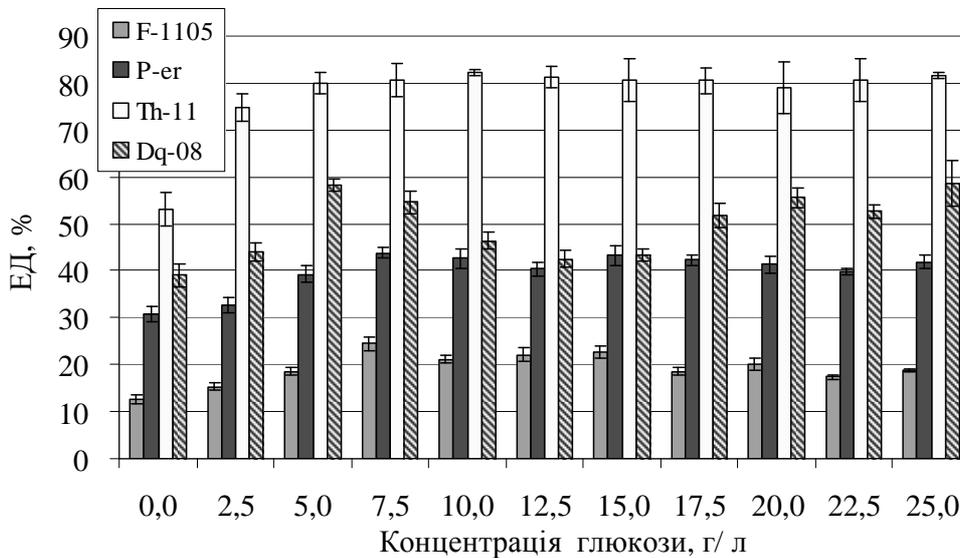


Рис. 4. Ефективність деструкції модельної сполуки КФ досліджуваних штамів залежно від концентрації глюкози.

### Висновки

Усі модифікації ГПС придатні для росту штамів *F. velutipes* F-1105, *P. eryngii* P-er, *T. hirsuta* Th-11 та *D. quercina* Dq-08. Встановлено оптимальні концентрації пептону в модифікаціях ГПС за показником деградації модельної сполуки КФ цих штамів. Вони складають, (г/л): для штаму *F. velutipes* F-1105 – 3,0; штамів *P. eryngii* P-er та *T. hirsuta* Th-11 – 4,0 і штаму *D. quercina* Dq-08 – 0. На оптимізованих за вмістом пептону середовищах підібрано оптимальні концентрації глюкози, що забезпечують найвищий рівень ЕД культур. Вони складають, (г/л): для штамів *F. velutipes* F-1105 та *P. eryngii* P-er – 7,5; штаму *T. hirsuta* Th-11 – 10,0 і штаму *D. quercina* Dq-08 – 5,0. У цілому, шляхом підбору концентрацій пептону та глюкози в модифікаціях ГПС, ЕД барвника Methyl Orange збільшено для штаму *F. velutipes* F-1105 в 1,15; штаму *P. eryngii* P-er – в 1,17; штаму *T. hirsuta* Th-11 – в 1,10 та штаму *D. quercina* Dq-08 – в 6,48 рази. Модифікація ГПС дозволила знизити концентрації пептону та глюкози в багатьох варіантах середовища, що знизило їх вартість.

Таким чином, встановлено вплив концентрацій пептону та глюкози на ріст глибинних культур деяких ксилотрофів і деградацію ними модельної сполуки – барвника Methyl Orange. Результати роботи лягли в основу розробки середовищ для культивування штамів базидіоміцетів *F. velutipes*, *P. eryngii*, *T. hirsuta* та *D. quercina* з метою деструкції ксенобіотиків.

### Список літератури

1. Бисько Н. А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубокой культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер и др. – К.: Наук. думка, 1983. – 311 с.
2. Горбатова О. Н. Индукция биосинтеза лакказы как способ увеличения потенциала детоксификации базидиомицетами / О. Н. Горбатова, О. В. Королева, Е. О. Ландесман и др. // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 4. – С. 468–474.
3. Кадималиев Д. А. Влияние модификации древесины на потребление лигнина и синтез лигнолитических ферментов грибом *Partus (Lentinus) tigrinus* / Д. А. Кадималиев, В. В. Ревин, Н. А. Атыкян, В. Д. Самуилов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, № 5. – С. 555–560.

4. Патент 76863 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer F-1105 – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201204305, від 06.04.2012, МПК (2013.01), кл. C12N1/00. Бюл. № 2, від 25.01.2013.
5. Патент 78482 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Pleurotus eryngii* (Dc.) Quel. P-er – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201208872, від 18.07.2012, МПК (2006.01), кл. A01G 1/04. Бюл. № 6, від 25.03.2013.
6. Патент 79323 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Daedalea quercina* (L.) Pers. Dq-08 – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201208457, від 09.07.2012, МПК (2006.01), кл. A01G 1/04. Бюл. № 8, від 25.04.2013.
7. Патент 82088 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201214086, від 10.12.2012, МПК (2006.01), кл. A01G 1/04. Бюл. № 14, від 25.07.2013.
8. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
9. *Рабинович М. Л.* Разложение природных ароматических структур и ксенобиотиков грибами (обзор) / М. Л. Рабинович, А. В. Болобова, Л. Г. Васильченко // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – 40, № 1. – С. 5–23.
10. *Федотов О. В.* Колекція культур шапинкових грибів – основа мікологічних досліджень та стратегії збереження біорізноманіття базидіоміцетів / О. В. Федотов, О. В. Чайка, Т. Є. Волошко, А. К. Велигодська // Вісник Донецького національного університету. Сер. Природн. науки. – 2012. – № 1. – С. 209–213.
11. *Чайка О. В.* Інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів ксилотрофних базидіоміцетів у глибинній культурі / О. В. Чайка, О. В. Федотов // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого – 2013. – № 2 (8). – С. 220–236.
12. *Aust S. D.* Degradation of environmental pollutants by *Phanerochaete chrysosporium* / S. D. Aust // Microb. Ecol. – 1990. – 20. – P. 197–209.
13. *Bumpus J.* Biodegradation of azo dyes by fungi / J. Bumpus. In: Arora DK Ed Fungal Biotechnology in Agricultural Food and Environmental Applications. – New York, Marcel Dekker, 2004. – P. 457–480.
14. *Gupta R.* Microbial biomass: An economical alternative for removal of heavy metals from waste water / R. Gupta, H. Mahapatra // Indian Journal of Experimental Biology. – 2003. – 41. – P. 945–966.
15. *Hammel K. E.* Reactive oxygen species as agents of wood decay by fungi / K. E. Hammel, A. N. Kapich, K. A. Jr. Jensen, Z. C. Ryan // Enzyme and Microbial Technology. – 2002. – 30. – P. 445–453.
16. *Kamaludeen S. P.* Bioremediation of chromium contaminated environments / S. P. Kamaludeen, K. R. Arunkumar, S. Avudainayagam, K. Ramasamy // Indian Journal of Experimental Biology. – 2003. – 41. – P. 972–985.
17. *Kenkebashvili N.* Effect of carbon, nitrogen sources and copper concentration on the ligninolytic enzyme production by *Coriolopsis gallica* / N. Kenkebashvili, V. Elisashvili, S. P. Wasser // Journal of Waste Conversion Bioproducts and Biotechnology. – 2012. – 1 (2). – P. 22–27.
18. *Kirk K. T.* Influence of culture parameters on lignin metabolism by *Phanerochaete chrysosporium* / K. T. Kirk, E. Schultz, W. J. Connors et al. // Archives of Microbiology. – 1978. – V. 117 (3). – P. 277–285.

19. Kirk K. T. Production of multiple ligninases by *Phanerochaete chrysosporium*, effect of selected growth conditions and the use of a mutant strain / K. T. Kirk, S. Croan, M. Tien et al. // Enzyme Microbiol. Technol. – 1986. – V. 8. – P. 27–32.

20. Strong P. J. Treatment methods for wine-related and distillery wastewaters: a review / P. J. Strong, J. E. Burgess // Bioremediation Journal. – 2008. – 12. – P. 70–87.

21. Won R. R. Biodegradation of pentachlorophenol by white rot fungi under ligninolytic and nonligninolytic conditions / R. R. Won, H. S. Seong, Y. J. Moon et al. // Biotechnol. Bioprocess Eng. – 2000. – 5. – P. 211–214.

Надійшла до редакції 17.09.2013

Прийнята до друку 28.10.2013

**Chaika A. V., Fedotov O. V.**

**XENOBIOTIC METHYL ORANGE BIODEGRADATION EFFICIENCY BY XYLOTROPHIC CULTURES  
DEPENDING ON PEPTONE AND GLUCOSE CONCENTRATIONS**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine*

*e-mail: bio.graff@yandex.ua*

Increasing amount of neogenic unnatural compounds of industrial and domestic origin necessitates the development of new ways of xenobiotics degradation. Bioremediation, i.e. environment purification using metabolic potential of biological agents, in comparison with other methods is more promising, environmentally friendly and less expensive way to purify environment. Xylotrophic basidiomycetes are able to synthesize a set of powerful extracellular enzymes capable to break down chemically stable compounds. Thereby the aim of the study was to explore the effect of glucose and peptone concentrations on xenobiotics biodegradation by submerged xylotrophic basidiomycete cultures. Promising in this regard xylotrophic basidiomycete strains *Flammulina velutipes* F-1105, *Pleurotus eryngii* P-er, *Trametes hirsuta* Th-11, and *Daedalea quercina* Dq-08 were submergely cultivated in lab shaker on glucose-peptone medium (GPM) with variation of peptone concentration from 0 to 7 g/l and glucose concentration – from 0 to 25 g/l. Absolutely dry biomass of the mycelium was determined by weighting method. The biodegradation efficiency by submerged cultures (BE) was determined by a modified method on a model compound – Methyl Orange dye. The optimum concentrations of peptone in GPM modifications for model compound degradation by culture filtrate of the strains are, (g/l): for strain *F. velutipes* F-1105 – 3.0; for strains *P. eryngii* P-er and *T. hirsuta* Th-11 – 4.0; and for strain *D. quercina* Dq-08 – 0. On peptone-optimized media the optimal concentrations of glucose were selected. They are, (g/l): for strains *F. velutipes* F-1105 and *P. eryngii* P-er – 7.5; for strain *T. hirsuta* Th-11 – 10.0; and for strain *D. quercina* Dq-08 – 5.0. In general, by selecting the concentrations of peptone and glucose in GPM modifications, BE of Methyl Orange dye degradation increased for strain *F. velutipes* F-1105 at 1.15, for strain *P. eryngii* P-er – 1.17, for strain *T. hirsuta* Th-11 – 1.10, and for strain *D. quercina* Dq-08 – at 6.48 times. Modification of GPM reduced the concentration of peptone and glucose in most of modified medias that reduced their cost. The results are the basis for further optimization of the selected xylotrophic basidiomycete strains submerged cultivation conditions to increase biodegradation of xenobiotics.

*Key words:* xylotrophic basidiomycetes, biodegradation, Methyl Orange.

**References**

1. Bisko, N.A., Bukhalo, A.S., Wasser, S.P., Dudka, I.A., Kulesh, M.D., Solomko, E.F., & Shevchenko, S.V. (1983). Higher edible Basidiomycetes in surface and submerged culture. Kyiv, 311 p.
2. Gorbatova, O.N., Koroleva, O.V., Landesman, Ye.O., Stepanova, Ye.V., & Zherdev, A.V. (2006). The induction of biosynthesis of laccase as a way to increase the capacity of detoxification by basidiomycetes. Applied Biochemistry and Microbiology, 42(4), 468-474.
3. Kadimaliyev, D.A., Revin, V.V., Atykyan, H.A., & Samuilov, V.D. (2003). Effect of wood modification on lignin consumption and synthesis of lignolytic enzymes by fungus *Partus (Lentinus) tigrinus*. Applied Biochemistry and Microbiology, 39(5), 555-560.
4. Patent 76863 of Ukraine (2013). Strain of somatic structures of wood-decaying basidiomycete *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer F- 1105 – producer of exogenous lipid peroxidation products. Chaika O.V., Fedotov O.V. Application № u201204305, from 06.04.2012, IPC (2013.01), cl. C12N1/00. Bull. № 2, from 25.01.2013.
5. Patent 78482 of Ukraine (2013). Strain of somatic structures of wood-decaying basidiomycete *Pleurotus eryngii* (Dc.) Quel. P-er – producer of exogenous lipid peroxidation products. Chaika O.V., Fedotov O.V. Application № u201208872, from 18.07.2012, IPC (2006.01), cl. A01G 1/04. Bull. № 6, from 25.03.2013.
6. Patent 79323 of Ukraine (2013). Strain of somatic structures of wood-decaying basidiomycete *Daedalea quercina* (L.) Pers. Dq-08 – producer of exogenous lipid peroxidation products. Chaika O.V., Fedotov O.V. Application № u201208457, from 09.07.2012, IPC (2006.01), cl. A01G 1/04. Bull. № 8, from 25.04.2013.
7. Patent 82088 of Ukraine (2013). Strain of somatic structures of wood-decaying basidiomycete *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 – producer of exogenous lipid peroxidation products. Chaika O.V., Fedotov O.V. Application № u201214086, from 10.12.2012, IPC (2006.01), cl. A01G 1/04. Bull. №14, from 25.07.2013.

8. Priseds'kiy, Yu.G. (1999). Statistical processing of biological experiments results. Donetsk, 210 p.
9. Rabinovich, M.L., Bolobova, A.B., & Vasil'chenko, L.G. (2004). The decomposition of natural aromatic structures and xenobiotics by mushrooms (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 40(1), 5-23.
10. Fedotov, O.V., Chaika, O.V., Voloshko, T.E., & Veligodska, A.K. (2012). Culture Collection of mushrooms – the basis of mycological research and strategy for biodiversity conservation basidiomycetes. *Bulletin of Donetsk National University. Ser. A*, 1, 209-213.
11. Chaika, O.V., & Fedotov, O.V. (2013). The intensity of lipid peroxidation xylophilic basidiomycetes in submerged culture. *Biological bulletin of Bogdan Chmelnistkiy Melitopol State Pedagogical University*, 2(8), 220-236.
12. Aust, S.D. (1990). Degradation of environmental pollutants by *Phanerochaete chrysosporium*. *Microb. Ecol.*, 20, 197-209.
13. Bumpus, J. (2004). Biodegradation of azo dyes by fungi. In: Arora DK Ed *Fungal Biotechnology in Agricultural Food and Environmental Applications*, Marcel Dekker, New York, 457-480.
14. Gupta, R., & Mahapatra, H. (2003). Microbial biomass: An economical alternative for removal of heavy metals from waste water. *Indian Journal of Experimental Biology*, 41, 945-966.
15. Hammel, K.E., Kapich, A.N., Jensen, K.A. Jr., & Ryan, Z.C. (2002). Reactive oxygen species as agents of wood decay by fungi. *Enzyme and Microbial Technology*, 30, 445-453.
16. Kamaludeen, S.P., Arunkumar, K.R., Avudainayagam, S., & Ramasamy, K. (2003). Bioremediation of chromium contaminated environments. *Indian Journal of Experimental Biology*, 41, 972-985.
17. Kenkebashvili, N., Elisashvili, V., & Wasser, S.P. (2012). Effect of carbon, nitrogen sources and copper concentration on the ligninolytic enzyme production by *Coriopsis gallica*. *Journal of Waste Conversion Bioproducts and Biotechnology*, 1(2), 22-27.
18. Kirk, K.T., Schultz, E., Connors, W.J., Lorenz, L.F., & Zeikus, J.G. (1978). Influence of culture parameters on lignin metabolism by *Phanerochaete chrysosporium*. *Archives of Microbiology*, 117(3), 277-285.
19. Kirk, K.T., Croan, S., Tien, M., Murtagh, K.E., & Farrell, R.L. (1986). Production of multiple ligninases by *Phanerochaete chrysosporium*, effect of selected growth conditions and the use of a mutant strain. *Enzyme Microbiol. Technol.*, 8, 27-32.
20. Strong, P.J., & Burgess, J.E. (2008). Treatment methods for wine-related ad distillery wastewaters: a review. *Bioremediation Journal*, 12, 70-87.
21. Won, R.R., Seong, H.S., Moon, Y.J., Yeong, J.J., Kwang, K.O., & Moo, H.C. (2000). Biodegradation of pentachlorophenol by white rot fungi under ligninolytic and nonligninolytic conditions. *Biotechnol. Bioprocess Eng.*, 5, 211-214.

Received: 17.09.2013

Accepted: 28.10.2013

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ**  
**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ**  
**FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY**

---

УДК 57.043

© О. И. Доценко

**ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ МИОКАРДА МЫШЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИОННОГО СТРЕССА**

*Донецкий национальный университет, 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

*e-mail: dots\_don@ukr.net*

**Доценко О. И.** Изучение работы антиоксидантной системы миокарда мышей в условиях вибрационного стресса. – Исследовано влияние 14-ти дневной вибрации с частотами 8, 16, 24 и 32 Гц, амплитудой  $0,8 \pm 0,12$  мм на активность ферментов СОД – каталаза, ферментов системы глутатиона – глутатионпероксидазы, глутатион-S-трансферазы и глутатионредуктазы, содержание восстановленного глутатиона, SH-групп белковой фракции и ТБК-зависимых продуктов в миокарде мышей. Установлено снижение активности СОД и ферментов системы глутатиона. Показано, что изменение каталазной активности имеет противофазный характер по отношению к СОД, что характерно для тканевой гипоксии. Установлено снижение содержания GSH более чем на 60%, восстановленных SH-групп на 57–65% в миокарде мышей всех исследуемых групп.

*Ключевые слова:* вибрация, миокард, система антиоксидантной защиты, окислительный стресс.

**Доценко О. І.** Вивчення роботи антиоксидантної системи міокарду мишей в умовах вібраційного стресу. – Досліджено 14-ти денний вплив вібрації с частотами 8, 16, 24 і 32 Гц, амплітудою  $0,8 \pm 0,12$  мм на активність ферментів СОД – каталаза, ферментів системи глутатіону – глутатіонпероксидази, глутатіон-S-трансферази і глутатіонредуктази, вміст відновленого глутатіону, SH-груп білкової фракції, ТБК-залежних продуктів у міокарді мишей. Встановлено зниження активності СОД та ферментів системи глутатіону. Показано, що змінення каталазної активності має протифазний характер по відношенню до СОД, що характерно для тканинної гіпоксії. Встановлено зниження вмісту GSH більш ніж на 60%, відновлених SH-груп на 57–65% у міокарді мишей усіх дослідних груп.

*Ключові слова:* вібрація, міокард, система антиоксидантного захисту, окислювальний стрес.

### **Введение**

Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых в клинических условиях прослежено влияние вибрации на организм человека [3, 5, 15, 16]. Обнаружен широкий спектр изменений, вызванных воздействием экстремального фактора, вплоть до профессиональной патологии в виде «вибрационной болезни». Общеизвестно, что значительная часть работающего населения подвергается риску возникновения вибрационной болезни. Следует отметить, что действие вибрации изучается, в основном, в профессионально-гигиеническом плане для уточнения влияния условий труда на работающих. Моделирование вибрационной болезни в эксперименте и оценка индивидуальной чувствительности организма к действию вибрации не привлекает пока к себе достаточного внимания.

В литературе есть сведения о специфическом для вибрационной болезни формировании сердечной недостаточности за счет снижения фракции выброса, дисфункции правого желудочка и легочной гипертензии [4, 11, 13]. Доказано повышение риска возникновения инфаркта миокарда у лиц, работающих с виброоборудованием [15, 17]. В экспериментальных работах [1, 2] показан патогенез действия общей вертикальной вибрации на сердечную мышцу, а также необратимость происходящих процессов. Установлено раннее начало структурных повреждений миокарда при действии вибрации, получены данные об изменении морфометрических параметров ядер кардиомиоцитов и объема стромальных элементов миокарда при вибрационной патологии. Описаны гистологические признаки

повреждения наименьших вен сердца (Вьессена–Тебезия). Доказан параллелизм деструктивных и адаптационно-компенсаторных процессов в миокарде при общей вибрации.

Вибрация относится к физическим факторам, приводящим к возникновению стресса [12]. Оксидантный стресс – один из ведущих повреждающих механизмов в условиях хронического воздействия вибрации [7]. Известно также, что увеличение оксидативного стресса является важнейшим патогенетическим механизмом целого ряда сердечно-сосудистых заболеваний, сопровождающихся снижением сократительной функции левого желудочка. Поскольку скорость утилизации кислорода в сердечной мышце очень высока, миокард наиболее чувствителен к поражению АФК.

В настоящее время в литературе отсутствуют сведения о влиянии низкочастотной вибрации на состояние ферментов антиоксидантной системы сердца. В связи со сказанным выше, цель работы состояла в изучении влияния низкочастотной вибрации на работу антиоксидантной системы миокарда мышей.

### **Материал и методы исследования**

Опыты были проведены на беспородных мышах – самцах приблизительно одного возраста и массы, содержащихся в условиях вивария на обычном рационе. Животные были разделены на 5 групп. Животные 1–4 групп подвергались ежедневной тридцатиминутной вибрации с частотами 8, 16, 24 и 32 Гц, амплитудой  $0,8 \pm 0,12$  мм в течение 14-ти дней. Вибрацию животных осуществляли с помощью электромеханического преобразователя, подключенного к генератору сигналов низких частот. Пятая группа животных не подвергалась вибрации и использовалась в качестве контроля.

После последнего воздействия вибрацией животные были декапитированы с соблюдением требований Международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным для экстирпации органов.

Навеску сердца гомогенизировали при помощи стеклянного гомогенизатора Поттера в 0,05 М Трис-буфере, pH 7,4. Гомогенаты фильтровали и центрифугировали 20 мин при 1000 g. Активность ферментов антиоксидантной системы (АОС), содержание восстановленного глутатиона (GSH), восстановленных SH-групп и ТБК-зависимых продуктов определяли в надосадочной жидкости, как описано в [6]. Активности всех ферментов выражали в мкмоль/мин·г белка. Содержание метаболитов и восстановленных SH-групп в мкмоль/г белка. Содержание белка в гомогенатах тканей определяли по методу Лоури.

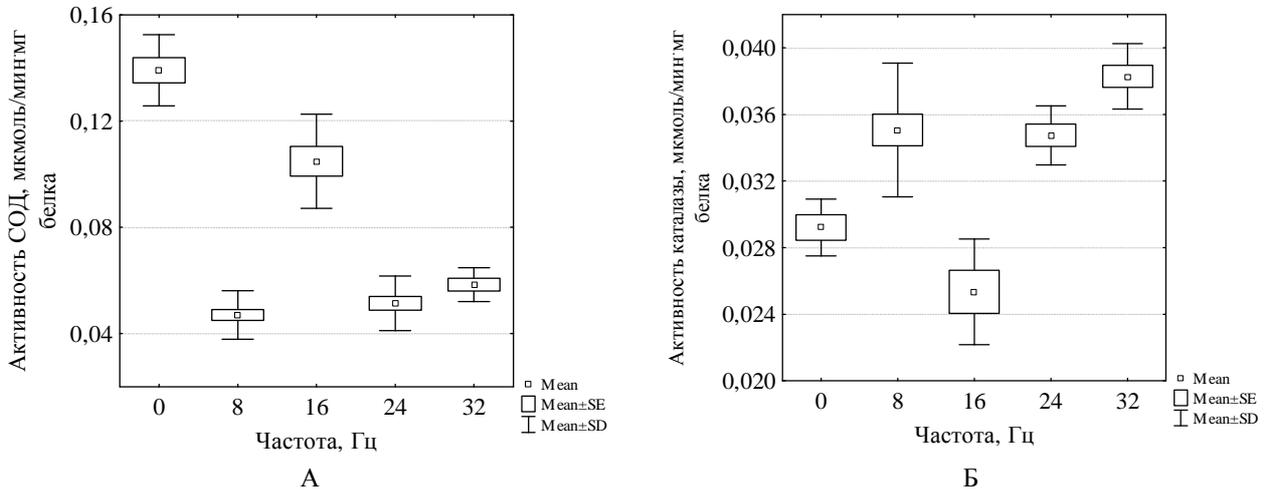
При построении зависимостей, приводимых ниже, использовались усредненные данные. Статистический анализ полученных результатов проводили в программе Statistica.

### **Результаты и обсуждение**

Изменение активности супероксиддисмутазы (СОД) миокарда показано на рис. 1, А. Активность СОД в сердечной мышце контрольной группы мышей составила  $0,139 \pm 0,013$  мкмоль/мин·мг белка; в экспериментальных группах после 14-ти дневной вибрации с частотой 8 Гц –  $0,047 \pm 0,01$ , 16 Гц –  $0,105 \pm 0,018$ , 24 Гц –  $0,051 \pm 0,01$ , 32 Гц –  $0,058 \pm 0,006$  мкмоль/мин·мг белка.

Видно, что активность фермента достоверно снижена у мышей, подвергавшихся вибрации во всем изучаемом диапазоне частот, при этом наибольшее снижение активности СОД зафиксировано при воздействии с частотами 8, 24 и 32 Гц (снижение активности составило 66,2, 63 и 59,3% соответственно). Наименьшее снижение активности регистрировали при воздействии с частотой 16 Гц (снижение активности составило 24,6%). СОД является мощным природным антиоксидантом и ферментом катализирующим превращение супероксиданион-радикала в менее реакционноспособное соединение –  $H_2O_2$ . В связи с этим, изменения активности этого фермента характеризуют глубину повреждения тканей и нарушение метаболизма, обусловленное окислительным стрессом [14]. Полученные нами данные активности СОД свидетельствуют, что усиление свободнорадикальных процессов сопровождаются достоверным снижением активности СОД в тканях сердца. Такая

реакция СОД на действие вибрации может быть связана с повреждением молекулы фермента активными продуктами перекисного окисления липидов [8]. Наличие в активном центре этого фермента металлов переменной валентности, связанных с имидазольными группами остатков гистидина, делает его особо чувствительным к действию высоких концентраций как АФК (супероксиданион-радикала, гидроксильных радикалов, перекиси водорода), так и некоторых интермедиатов перекиса липидов, в частности эндогенных гидроперекисей ненасыщенных жирных кислот, альдегидов, кетонов и других соединений [14].



**Рис. 1. Изменение активностей СОД (А) и каталазы (Б) в тканях сердца в зависимости от частоты вибрации.** Обозначения: 0 – контроль,  $\pm$ SE – ошибка среднего,  $\pm$ SD – среднеквадратичное отклонение.

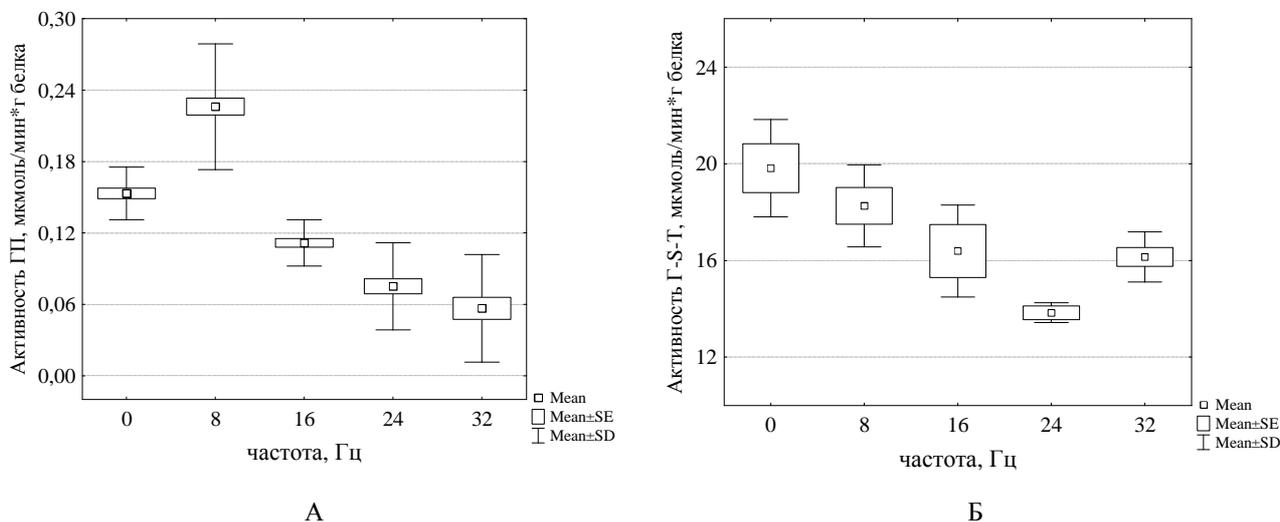
Активность каталазы (КАТ) миокарда контрольной группы мышей составила  $0,029 \pm 0,002$  мкмоль/мин·мг белка, в экспериментальных группах после 14-ти дневной вибрации с частотой 8 Гц –  $0,035 \pm 0,004$ , 16 Гц –  $0,025 \pm 0,003$ , 24 Гц –  $0,034 \pm 0,002$ , 32 Гц –  $0,038 \pm 0,002$  мкмоль/мин·мг белка (рис. 1, Б). Видно, что изменение каталазной активности имеет противофазный характер по отношению к СОД. Прирост каталазной активности при вибрации с частотами 8, 24 и 32 Гц составил 20,04, 18,9 и 31% соответственно. Вибрация с частотой 16 Гц не привела к достоверным изменениям каталазной активности по сравнению с группой контроля. Рост активности каталазы можно рассматривать как компенсаторную реакцию, направленную на нормализацию процессов перекисного окисления и снижение гипоксии (на наличие гипоксии указывает разнонаправленное изменение активностей СОД и каталазы [6, 9]).

Изменение активности глутатионпероксидазы (ГП) в тканях сердца мышей после вибрационного воздействия показано на рис. 2, А. Активность ГП тканей сердца контрольной группы мышей составила  $0,153 \pm 0,022$  мкмоль/мин·г белка; в экспериментальных группах после 14-ти дневной вибрации с частотой 8 Гц –  $0,226 \pm 0,053$ , 16 Гц –  $0,112 \pm 0,003$ , 24 Гц –  $0,075 \pm 0,037$ , 32 Гц –  $0,056 \pm 0,045$  мкмоль/мин·мг белка.

В группе мышей, подвергавшихся вибрации с частотой 8 Гц, активность ГП увеличивалась в 1,48 раз на фоне роста каталазной активности. После вибрационного воздействия с частотами 16, 24 и 32 Гц активность ГП миокарда снизилась на 26,8, 50,98 и 63,40% соответственно относительно контрольной группы. Основным причиной угнетения активности фермента может быть его окислительная модификация. В тканях сердца скорость восстановления гидропероксидов с участием ГП может ограничиваться также снижением концентрации восстановленного глутатиона, являющегося субстратом для этого фермента.

Следует отметить, что исследуемые нами ферменты – СОД, каталаза и ГП – не только формируют целостную ферментативную систему АОЗ клеток, но и непосредственно защищают друг друга от инактивации активными формами кислорода. Например, СОД, элиминируя супероксид-анион радикал, предотвращает их действие на активный центр каталазы. В то же время, ГП и каталаза, расщепляя  $H_2O_2$ , защищают СОД от окислительной

модифікації. По тому, тільки спільне діяння ферментів-антиоксидантів в клітці при окислювальному стресі або патології забезпечує як їх максимальну біологічну активність, так і захист від АФК. Наоборот, порушення такої кооперативності після зниження активності хоча б одного з ферментів-антиоксидантів при окислювальній модифікації призводить до зміні функціонування всієї системи АОЗ [14].



**Рис. 2.** Изменение активностей глутатионпероксидазы (А) и Г-S-T (Б) в тканях сердца в зависимости от частоты вибрации.

Обозначения: 0 – контроль,  $\pm$ SE – ошибка среднего,  $\pm$ SD – среднеквадратичное отклонение.

Система глутатиона играет уникальную роль в формировании резистентности организма к самым различным химическим и физическим воздействиям – это наиболее важный защитный механизм клетки. В клетках функционирует мощная антиоксидантная система, включающая несколько ферментов – глутатионпероксидазу, глутатионредуктазу, глутатион-S-трансферазу, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу и кофакторы (глутатион и NADPH). Ее защитные функции при окислительном стрессе определяются специфическим парциальным вкладом каждого индивидуального компонента. В частности, восстановленный глутатион формирует клеточный фон мобильных сульфгидрильных групп, обеспечивает восстановление и изомеризацию дисульфидных связей в белках, принимает участие в обмене эйкозаноидов, метаболизме ксенобиотиков, репаративных процессах и адаптации организма к действию неблагоприятных факторов.

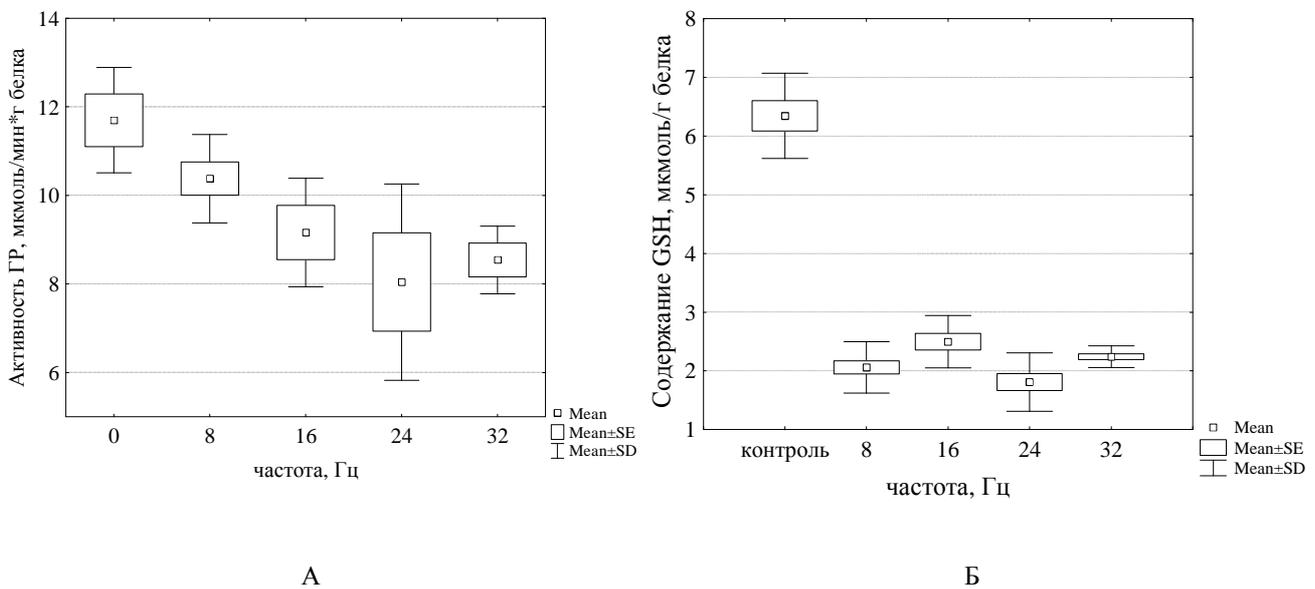
Изменения активности глутатион-S-трансферазы (Г-S-T) тканей сердца мышей в контрольной и экспериментальной группах показаны на рис. 2, Б. Г-S-T, в отличие от ГП действует не только на  $H_2O_2$ , но обладает выраженной глутатионпероксидазной активностью по отношению к эндогенным субстратам – гидроперекисям полиненасыщенных жирных кислот. Г-S-T – важный компонент антипероксидной ферментной системы, защищающей клетку от неблагоприятных эффектов перекисленных метаболитов перекисного стресса.

Активность Г-S-T в тканях сердца после воздействия вибрации в интервале частот 8–32 Гц достоверно ниже контроля и наибольшее снижение зарегистрировано при воздействии с частотой 24 Гц. Так, если в контроле активность Г-S-T составила  $19,82 \pm 2,02$  мкмоль/мин·г белка, то после 14-ти дневного воздействия с частотами 8 и 16 Гц активность этого фермента снизилась на 7,87 и 17,305%, и составила  $18,26 \pm 1,7$  и  $16,39 \pm 1,9$  мкмоль/мин·г белка соответственно. После 14-ти дневного воздействия с частотами 24 и 32 Гц активность Г-S-T в тканях сердца составила  $13,84 \pm 0,40$  и  $16,14 \pm 1,04$  мкмоль/мин·г белка соответственно (снижение активности на 30,17 и 18,56% соответственно).

Глутатионтрансфераза, как и глутатионпероксидаза при выполнении своих функций использует восстановленный глутатион в качестве субстрата, падение концентрации

которого в тканях сердца, что мы и наблюдали (рис. 3, Б), может приводить к инактивации фермента.

Глутатионредуктаза (ГР) катализирует обратимое NADPH-зависимое восстановление окисленного глутатиона (GSSG). Этот фермент наряду с ГП образует глутатионзависимую ферментную цепь, обеспечивающую разрушение перекисей механизмом, не приводящим к образованию свободных радикалов. Характер изменения активностей ГР тканей сердца мышей в контрольной и экспериментальной группах показаны на рис. 3, А. Активность ГР миокарда достоверно ниже контроля во всех экспериментальных группах животных. Так, если в контроле активность ГР составила  $11,69 \pm 1,19$  мкмоль/мин·г белка, то после 14-ти дневного воздействия с частотами 8 и 16 Гц активность этого фермента снизилась на 11,21 и 21,64%, и составила  $10,38 \pm 0,99$  и  $9,16 \pm 1,23$  мкмоль/мин·г белка соответственно. Наибольшее снижение активности ГР в тканях сердца регистрировали после 14-ти дневного воздействия с частотами 24 и 32 Гц. При этом активность ГР составила  $8,05 \pm 2,22$  и  $8,54 \pm 0,76$  мкмоль/мин·г белка соответственно (снижение активности относительно контроля на 31,14 и 26,94%).



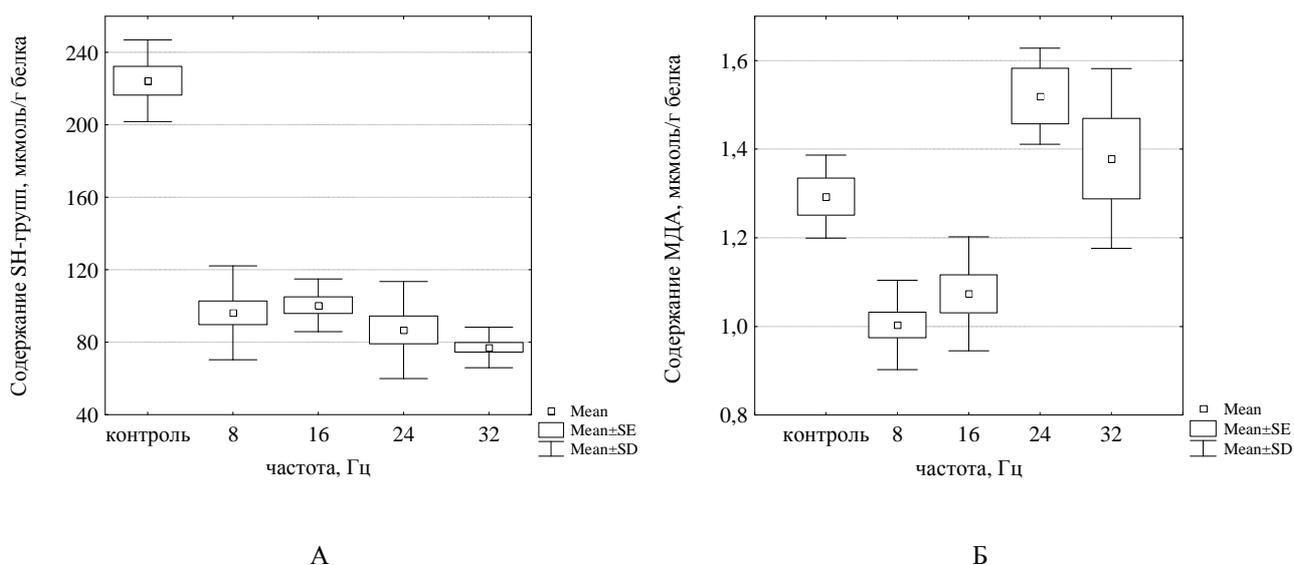
**Рис. 3. Изменение активностей ГР (А) и GSH (Б) в тканях сердца в зависимости от частоты вибрации.**  
 Обозначения: 0 – контроль,  $\pm SE$  – ошибка среднего,  $\pm SD$  – средноквадратичное отклонение.

Известно, что низкочастотная вибрация приводит к тканевой гипоксии [6, 7, 9], следствием чего является существенное нарушение окислительно-восстановительных процессов [14]. При тканевой гипоксии ингибируется транспорт электронов в дыхательном пути, наблюдается разобщение дыхания и фосфорилирования, рост содержания восстановительных эквивалентов никотинамиддинуклеотидов – NADH и NADPH. Снижение окислительно-восстановительного состояния свободных NADP-пар (NADP<sup>+</sup>/NADPH) при этих условиях может лимитировать глутатион и аскорбат-зависимые окислительно-восстановительные процессы [14].

Вибрационное воздействие исследуемого интервала частот привело к снижению содержания восстановленного глутатиона в тканях сердца (рис. 3, Б). Содержание GSH в тканях сердца в контрольной группе мышей составило  $6,34 \pm 0,72$  мкмоль/г белка. В исследуемых группах содержание GSH в тканях сердца снизилось более чем на 60%, и составило  $2,06 \pm 0,43$  (8 Гц),  $2,49 \pm 0,44$  (16 Гц),  $1,81 \pm 0,49$  (24 Гц),  $2,24 \pm 0,18$  (32 Гц) мкмоль/г белка. Существенное снижение тканевого глутатиона, происходящее на фоне снижения ГП и Г-S-T, может свидетельствовать об угнетении синтеза глутатиона, инициируемое вибрацией, о снижении содержания NADPH, основного восстановителя в клетках и кофермента многих ферментов.

GSH – основной компонент редокс-буфера клетки, устойчиво поддерживающего характерную для нее восстановленную среду [10]. Физиологическая роль GSH заключается также в защите или восстановлении SH-групп ферментов при их окислении или связывании. SH-группы необходимы для формирования многих важнейших функций белков: активности ферментов, работы мембранных структур, взаимодействия с окружающей средой, деятельности цитоскелета и др. Изменение содержания SH-групп в белках тканей сердца мышей анализируется на рис. 4, А. В тканях сердца, как и в других исследованных тканях [6], зафиксировано существенное снижение содержания SH-групп в процессе вибрации. В среднем снижение содержания SH-групп в тканях сердца составило 56,8–65,0%. Характер снижения содержания SH-групп такой же, как и для глутатиона: снижение содержания SH-групп происходит более интенсивно с увеличением частоты вибрации.

Интенсивность перекисного окисления липидов оценивали по уровню ТБК-зависимых продуктов. В норме в биологическом материале содержание МДА незначительно и 98% его образуется в процессе ТБК-теста при разрушении гидроперекисей липидов. Изменение содержания МДА в миокарде животных, подвергавшихся вибрации в интервале частот 8–32 Гц показано на рис. 4, Б. В тканях сердца рост содержания МДА зафиксирован у мышей, подвергавшихся вибрации с частотой 24 Гц (см. рис. 4, Б). В данном случае рост содержания МДА составил 17%. При вибрации с частотами 8, 16 Гц уровень ТБК-зависимых продуктов в тканях сердца был ниже уровня контроля, а при воздействии с частотой 32 Гц достоверного изменения содержания МДА в тканях сердца найдено не было (см. рис. 4, Б).



**Рис. 4.** Содержание SH-групп (А) и МДА (Б) в тканях сердца мышей в зависимости от частоты вибрации.

Обозначения: 0 – контроль,  $\pm$ SE – ошибка среднего,  $\pm$ SD – среднееквадратичное отклонение.

### Выводы

Угнетение активностей СОД, ферментов системы глутатиона миокарда мышей, существенное снижение тканевого глутатиона и восстановленных SH-групп указывает на срыв компенсаторных, резервных возможностей антиоксидантной защиты, что может быть причиной наблюдаемых ультраструктурных изменений в миокарде при действии общей вибрации.

### Список литературы

1. *Абдуллин Т. Г.* Эффективность профилактического применения биорезонансного альфа-препарата при вибрационном поражении миокарда (экспериментально-морфологическое исследование) / Т. Г. Абдуллин, А. Т. Абдуллин, А. В. Глушков // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV, № 2. – С. 28–29.

2. *Абдуллин А. Т.* Ультроструктурные изменения в миокарде кроликов при воздействии общей вибрации / А. Т. Абдуллин // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV, № 4. – С. 20–21.
3. *Антоншина Л. И.* Действие вибрации на биохимические показатели, характеризующие окислительный метаболизм, иммунитет, обмен мышечной и соединительной тканей (обзор литературы) / Л. И. Антоншина, Л. М. Сааркоппель, Н. А. Павлова // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 2. – С. 32–37.
4. *Воробьева В. В.* Стрессирующее воздействие локальной вибрации на энергетический обмен сердца, печени и почки крыс / В. В. Воробьева, П. Д. Шабанов // Российский физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2012. – Т. 98, № 2. – С. 293–299.
5. *Долгушин М. В.* Функционально-метаболическая оценка реактивности клеток крови при воздействии локальной вибрации / М. В. Долгушин // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 5. – С. 90–96.
6. *Доценко О. И.* Состояние антиоксидантной системы печени мышей при вибрационной нагрузке / О. И. Доценко // Вісник Донецького національного університету. Сер. А: Природничі науки. – 2012. – Вип. 2. – С. 175–180
7. *Капустник В. А.* Оксидантный стресс при хроническом воздействии эргомеханических колебательных движений в производственных условиях: профилактика и реабилитация / В. А. Капустник, Л. А. Полякова // Лікарська справа (Врачебное дело). – 2005. – № 7. – С. 75–79.
8. *Клевета Г.* Дослідження окремих ферментів антиоксидантної системи еритроцитів тонкого кишківника щурів за умов низькоінтенсивного рентгенівського опромінення / Г. Клевета, Я. Чайка, Л. Старикович, Т. Виговська // Вісник Львівського університету. Сер. біол. – 2002. – Вип. 29. – С. 39–45.
9. Клеточно-мембранные аспекты патогенеза гипоксии при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации / Т. М. Сухаревская, М. И. Лосева, Т. В. Болотнова [и др.] // Терапевтический архив. – 1991. – № 2. – С. 84–88.
10. *Мартинович Г. Г.* Редокс-гомеостаз клеток / Г. Г. Мартинович, С. Н. Черенкевич // Успехи физиол. наук. – 2008. – Т. 39, № 3. – С. 29–44.
11. *Оганисян А. О.* Влияние корней солодки в рационе питания кроликов на развитие тахикардического эффекта вибрации / А. О. Оганисян, К. Р. Оганисян, С. М. Минасян // Гигиена и санитария. – 2010. – № 6. – С. 23–25.
12. *Оганисян А. О.* Влияние солодки на активность сукцинатдегидрогеназы при воздействии вибрации / А. О. Оганисян, К. Р. Оганисян, С. М. Минасян, Л. Э. Гукасян // Гигиена и санитария. – 2006. – № 4. – С. 76–77.
13. *Третьяков С. В.* Функциональное состояние правого желудочка и гемодинамика малого круга кровообращения у больных вибрационной болезнью / С. В. Третьяков, Л. А. Шпагина // Терапевтический архив. – 2005. – Т. 77, № 12. – С. 18–22.
14. *Яніцька Л. В.* Вплив нікотинаміду на перебіг реакцій пероксидного окислення біомолекул у головному мозку та еритроцитах щурів за токсичного ураження 1,2-дихлоретаном / Л. В. Яніцька, Ю. І. Губський, Т. М. Кучмеровська, М. М. Великий // Укр. біохім. журн. – 2005. – Т. 77, № 4. – С. 106–113.
15. *Vjor B.* Vibration exposure and myocardial infarction incidence: the VHEEP case-control study / B. Vjor, L. Burstrom, T. Nilsson [et al.] // Occup. Med. (Lond). – 2006. – Vol. 56, № 5. – P. 338–344.
16. *Nilsson T.* The hand-arm vibration syndrome – a prevention challenge or a price to pay? / T. Nilsson // Occup. Med. (Lond.). – 2003. – Vol. 53, № 5. – P. 299–301.
17. *Saha R.* A comparison of cardiac strain among drillers of two different age groups in underground manual coal mines in India / R. Saha, N. C. Dey, A. Samanta, R. Biswas // Journal of Occupational Health. – 2008. – Vol. 50, № 6. – P. 512–520.

**Dotsenko O. I.**

**STUDY OF MICE MYOCARDIUM ANTIOXIDANT SYSTEM'S WORK UNDER CONDITION OF VIBRATION STRESS**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: dots\_don@ukr.net*

Features of mice myocardium pro- and antioxidant systems functioning under conditions of a vibration stress were studied.

Experiments were made on not purebred male mice at about one age and weight that were contained in vivarium conditions on a usual diet. Animals were divided into 5 groups. Animals of 1-4 groups were exposed to daily thirty-minute vibration with frequencies of 8, 16, 24 and 32 Hz, with an amplitude of  $0,8 \pm 0,12$  mm within 14 days. Vibration of animals was carried out by the means of the electromechanical converter connected to the low frequencies signals generator. The fifth group of animals wasn't exposed to vibration and was used as control. Slaughter of animals was made after 14 day of influences. The sample of heart was homogenized with the subsequent centrifugation within 20 min at 10000 g. Superoxide dismutase (SOD), catalase, glutathione peroxidase (GP), glutathione reductase (GR), glutathione-S-transferase (G-S-T) activities, the content of the reduced glutathione (GSH), SH groups and TBA-dependent products were determined in the homogenate using standard methods. Experimental data were processed with standard statistical methods.

It was shown that activity of SOD in myocardium significantly decreased by 66.2, 63.0 and 59.3% after vibration with frequencies of 8, 24 and 32 Hz relatively to the same characteristic in control group. The smallest decrease in activity registered at the 16 Hz frequency (24.6%). Change of catalase activity had antiphase character to SOD. The increase of catalase activity was 20.0, 18.9 and 31.0% at 8, 24 and 32 Hz respectively. Vibration with a frequency of 16 Hz didn't lead to reliable changes of catalase activity in mice myocardium.

1.48 times increase of GP activity was registered at 8 Hz. After influence with 16, 24 and 32 Hz frequencies GP activity in heart tissues decreased by 26.80, 50.98 and 63.40% respectively. Decrease in G-S-T activity in myocardium after 14 day influence with frequencies of 8, 16, 24 and 32 Hz were 7.87, 17.30, 30.17 and 18.56% respectively relatively to the same characteristic of control group. It was shown that activity of GR in heart tissues is significant below control in all experimental groups of animals. Decreases in activity after 14-day vibration influence with 8, 16, 24 and 32 Hz frequencies were 11.21, 21.64, 31.14 and 26.94% respectively.

In the myocardium of all studied groups the content of GSH decreased on more than 60%, the SH groups reduced for 57-65%. It is shown that decrease in the content of GSH and SH groups occur more intensively with the increase in frequency of vibration.

It is shown that in tissues of a heart intensity of peroxide oxidation of lipids significantly increases under vibration with a frequency of 24 Hz. Vibration influence with of 32 Hz didn't lead to reliable changes in TBA-dependent products whereas in groups of the mice exposed to vibration with frequencies of 8 and 16 Hz, the content TBA-dependent products in heart tissues of was lower, than in control group.

*Key words:* vibration, myocardium, system of antioxidant protection, oxidizing stress.

**References**

1. Abdullin, T.G., Abdullin, A.T., & Glushkov, A.V. (2008). Effectiveness of prophylactic use of bio-resonance alpha-preparation at vibration miokardium injury (experimental-morphological study). *Journal of New Medical Technologies*, 15(2), 28-29.
2. Abdullin, A.T. (2007). The ultrastructural changes in myocardium influence of vibration in rabbits. *Journal of New Medical Technologies*, 14(4), 20-21
3. Antoshina, L.I., Saarkoppel, L.M., & Pavlovskaya, N.A. (2009). Influence of vibration on biochemical values characterizing oxidative metabolism, immunity, metabolism in muscular and connective tissues (review of literature). *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2, 32-37.
4. Vorobieva, V.V., & Shabanov, P.D. (2012). Stressogenic exposure of local vibration to energetic metabolism of the heart, liver and kidney of rats. *Russian journal of physiology (formerly I.M. Sechenov Physiological Journal)*, 98(2), 293-299.
5. Dolgushin, M.V. (2012). Functional and metabolic assessment of the blood cell's response to exposure to local vibration. *Human Physiology*, 38(5), 528-533.
6. Dotsenko, O.I. (2012). State of antioxidant system of the liver of mice at vibrating loading. *Bulletin of Donetsk National University. Series A. Natural Sciences*, 2, 175-180.
7. Kapustnik, V.A., & Polyakova, L.A. (2005). Oxidative stress under chronic effect of power-mechanical oscillatory motions in working conditions: prevention and rehabilitation. *Likars'ka sprava*, 7, 75-79.
8. Kleveta, G., Ghayka, Ya., Starikovich, L., & Vigovska, T. (2002). The study of separate enzymes of antioxidant system of the due to the condition of low intensity X-ray irradiation. *Visnyk of L'viv University. Biology Series*, 29, 39-46.
9. Sukharevskaya, T.M., Loseva, M.I., Bolotnova, T.V., Shpagina, L.A., & Parhomova, A.M. (1991). The cellulomembranous aspects of the pathogenesis of hypoxia in vibratory disease induced by local vibration. *Therapeutic Archive*, 63(2), 84-88.
10. Martinovich, G.G., & Cherenkevich, S.N. (2008). Redox homeostasis of cells. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 39(3), 29-44.

11. Oganisian, A.O., Oganessian, K.R., & Minasian, S.M. (2010). Effects of licorice (*Glycyrrhiza*) roots in the rabbit feed on the tachycardiac effect of vibration. *Gigiena i Sanitariia*, 6, 23-25.
12. Oganisyan, A.O., Oganessian, K.R., Minasyan, S.M., & Gukasyan, L.E. (2006). Effect of licorice (*Glycyrrhiza*) on the activity of succinate dehydrogenase upon exposure to vibration. *Gigiena i Sanitariia*, 4, 76-77.
13. Tretyakov, S.V., & Shpagina, L.A. (2005). Right ventricular function and pulmonary circulation hemodynamics in patients with vibration disease. *Therapeutic Archive*, 77(12), 18-22.
14. Yanitska, L.V., Gubsky, Yu.I., Kuchmerovska, T.M., & Veliky, M.M. (2005). Influence of nicotinamide on the course of peroxide oxidation reactions of biomolecules in the rat brain and erythrocytes under 1,2-dichloroethane toxic injury. *The Ukrainian biochemical journal*, 77(4), 106-113.
15. Bjor B., Burstrom, L., & Nilsson, T., et al. (2006). Vibration exposure and myocardial infarction incidence: the VHEEP case-control study. *Occup. Med. (Lond)*, 56(5), 338-344.
16. Nilsson, T. (2003). The hand-arm vibration syndrome – a prevention challenge or a price to pay? *Occup. Med. (Lond.)*, 53(5), 299-301.
17. Saha, R., Dey, N.C., Samanta, A., & Biswas, R. (2008). A comparison of cardiac strain among drillers of two different age groups in underground manual coal mines in India. *Journal of Occupational Health*. 50(6), 512-520.

Received: 7.12.2013

Accepted: 25.12.2013

УДК 577.35 : 159.9

© **В. А. Максимович, Н. В. Говта**  
**ТРОЙНАЯ СПИРАЛЬ ПСИХИКИ**

*Донецкий национальный университет*  
83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: nvgovta@mail.ru

**Максимович В. А., Говта Н. В. Тройная спираль психики.** – Управление психической деятельностью (учебной ли, трудовой или игровой) подразделено на три иерархически взаимосвязанных спиралевидные ветви-системы: регуляторную рефлексивную и гармонизирующую. Каждая ветвь представляет последовательность звеньев-блоков от мотивационного входа до конечного результата. Цепочки блоков с их связями и связями ветвей отображены единством гиперкомплексных математических моделей. Гипотетически, по аналогии с генетикой, вводится гиперкомплексная 4-х буквенная азбука психики.

*Ключевые слова:* психика, гиперкомплексные числа, моделирование.

**Максимович В. О., Говта М. В. Потрійна спіраль психіки.** – Управління психічною діяльністю (навчальною, трудовою або ігровою) розділено на три ієрархічно взаємозалежних спіралеподібних гілок-системи: регуляторну, рефлексивну та гармонізуючу. Кожна гілка представляє послідовність ланок-блоків від мотиваційного входу до кінцевого результату. Ланцюжки блоків з їх зв'язками і зв'язками гілок відображено єдністю гіперкомплексних математичних моделей. Гіпотетично, за аналогією з генетикою, вводиться гіперкомплексна 4-х літерна азбука психіки.

*Ключові слова:* психіка, гіперкомплексні числа, моделювання.

### **Введение**

Первый философ древности Пифагор, родившийся в 600–590 гг. до нашей эры, представлял управление воспринимаемым Миром как числовую совокупность. С тех пор, на протяжении 2,5 тысяч лет, человеческие умы слегка углубляли, расширяли и дополняли мозаичное представление прежде жившего корифея. Из обширной сводки сведений по рассматриваемой проблеме извлечем лишь одну обобщающую книгу Т. С. Якубовской «Генетический код Вселенной» [17]. Заглавие книги красноречиво характеризует ее содержание. Одновременно следует заметить, что числовая система, фигурирующая в подобных публикациях, как сейчас ясно для науки, по сути, есть небольшое подмножество из действительных чисел и их математики (алгебры), входящее в превосходящее множество комплексных чисел [1]. Своеобразным ответвлением, широко используемым физиками, служат гиперкомплексные числа и их алгебра [7].

### **Материалы и методы исследований**

Поскольку публикация исследования направлена на теоретическое решение проблемы, то главным методическим приемом является анализ и обобщение информации по целевым и смежным вопросам.

### **Результаты и обсуждение**

Поскольку отпочкование от комплексных чисел гиперкомплексных чисел в виде кватернионов произошло внезапно для человечества, но не для их автора, и мутационно, как, по утверждению ученых, и мутационное зарождение самого человека, поучительна ретроспектива и следствия такого явления. К счастью, зафиксирована точная дата (16 октября 1843 г.) и место (мост Брут Бруаж в Дублине, Ирландия) эвристического озарения после многолетней инкубации проблемы у Уильяма Роуэна Гамильтона, породившего математическую систему кватернионов, первых гиперкомплексных чисел. Начались постепенные, но радикальные изменения в отображении явлений окружающего мира. Дж. Максвелл сформулировал электромагнитную динамику на языке кватернионов. А. Эйнштейн использовал кватернионы при создании СТО и ОТО, Паули – кватернионных пространств. Гиббс и Хевисайд [18] претворили кватернионы в трехмерный векторный анализ, С. Петухов

[4] использовал более сложные, чем кватернионы, поличисла при анализе генетики. Многие иные авторы описали ряд других явлений.

До гиперкомплексных чисел под подавляющее большинство явлений были подведены не согласованные между собой разнородные теории (*theoria* – на греч. рассмотрение, исследование). Каждая теория, как система идей и моделей в отдельной области знания, удовлетворительно на момент ее возникновения и дальнейшего существования объясняла суть исследуемого явления. Известно множество теорий. Например, теория твердого тела, кинетическая теория газов, теория химической кинетики, теория теплопроводности, теория управления, теория надежности, теория катастроф, теория подобия, теория синергетики, теория переноса, теория эволюции, теория информации и еще длинный-длинный список иных. Большая часть названных и неназванных теорий «индивидуалистичны», трудно стыкуются или вовсе не стыкуются друг с другом, хотя иногда вторгаются прямо или косвенно в смежные области знания, часто не опираются даже на экстремальные принципы в естествознании. В этом отношении ученые, образно говоря, похожи на попавших на неизведанную планету без ее карты, знания условий и многих желательных приборов и инструментов. Они разбились на группы, каждая из которых собирает отрывочные сведения в надежде, что когда-то после такого кропотливого подготовительного периода сведения будут объединены и раскроют картину планеты.

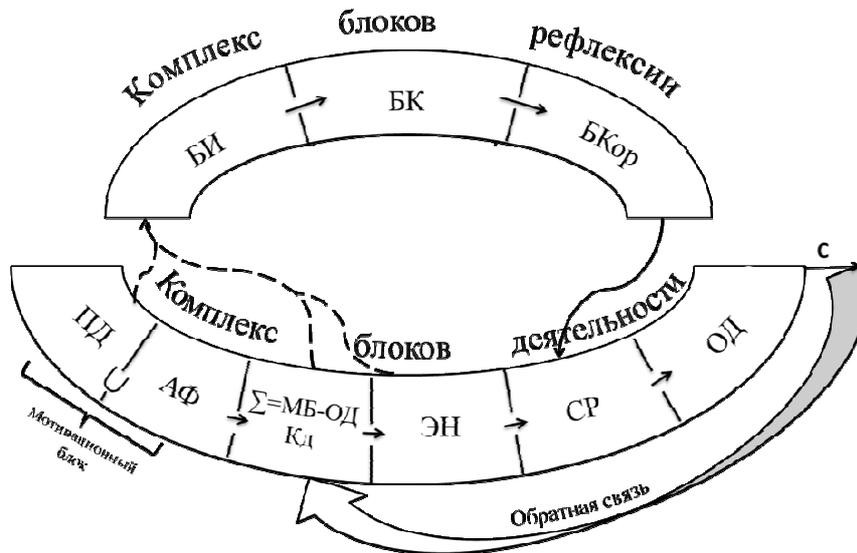
Изложенные выше в качестве примеров результаты применения гиперкомплексных чисел углубили и расширили понимание описываемых с их помощью явлений и, главное, в дальнейшем привели к подлинному принципиальному заключению об их единстве. Появились веские аргументы о взаимосвязанности и взаимозависимости отдельных частей воспринимаемого физического мира. Рассудочная чаша весов склонилась к утверждению о влиянии «неопифагорейской» системы чисел и отпочковавшихся от нее гиперкомплексов как генерирующей системы (ГС) для модернизации теорий воспринимаемых явлений. Математически такими ГС могут служить бикватернионы и их алгебра [10].

С оговоркой, что кватернионы презентуются для описания материального, а не психического, мира, попытаемся добраться до их сути с некоторыми отступлениями.

Бикватернионы хорошо охарактеризованы и раскрыта их алгебра Е. А. Каратаевым [8]. Извлечем эти сведения почти на уровне цитирования. Бикватерном называют число гиперкомплексной алгебры, полученное коммутативным удвоением кватернионов. В бикватернионе три новых мнимых единицы. Вообще при  $2^n$ -мерных образованиях гиперкомплексных чисел из комплексных, двойных и дуальных чисел квадраты мнимых единиц могут равняться  $-1$ ,  $+1$  и  $0$  с разными названиями, например чистомнимые, полумнимые, мнимо-нулевые и др. [15].

Попытаемся проанализировать управление психическими процессами, используя мнимые, комплексные и гиперкомплексные числа, на примере учебной деятельности (рис. 1).

Рассмотрим мотивацию к одному из этапов учебной деятельности, а именно к сдаче конкретного экзамена. Можно считать, что при нулевой исходной мотивации она в какой-то момент времени, близкий к ожидаемому экзамену по данному конкретному предмету, возникает в виде ступеньки, которая имеет единичную ступенчатую функцию (ЕСФ). В преобразованиях Лапласа эта ЕСФ отображается как  $1/s$ . При существующем масштабе оценок, например в 100 баллов, и жизненно сложившейся апперцепционной самооценке у студента Ш. – «хорошиста», он ориентируется получить на экзамене  $N$  баллов (70-89 баллов). В преобразованиях Лапласа эта мотивационная ступенька будет отображаться как  $N/s$ . Допустим этот студент «хорошист» – ориентируется получить 75 баллов, в 5-ти бальной системе оценок это соответствовало бы оценке – «4» (хорошо). Некоторые студенты претендуют на 90-100 баллов, а иные довольны получить даже 50-69 баллов, что соответствует оценке – «3».



**Рис. 1. Рефлексия (самоконтроль и самореагирование) при управлении деятельностью (учебной, трудовой, игровой):**

БИ – блок интроспекции (отслеживание психологических и психофизиологических процессов); БК – блок компарации (анализа отслеженных процессов и принятия решений по их изменению); БКор – блок коррекции (исполнения принятых в БК решений); МБ – мотивационный блок из объединения ПД – побудителя деятельности и АФ – апперцептивного фильтра – ограничителя; Кд – компаратор деятельности ( $\Sigma = \text{МБ-ОД}$ ); ЭН – эмоционально-настроенческий фон; СР – средства работоспособности; ОД – объект деятельности; С – результат деятельности.

На выходе из системы, т. е. в результате сдачи экзамена, как уже говорилось, студент Ш. ожидает получить результат, заданный его мотивационной ступенькой, т. е. 75 баллов. Реально полученный результат через систему обратной связи идет в компаратор, сравнивающий ( $\Sigma$ ) мотивационный и реальный результат. Если разница между ними близка<sup>1</sup> к нулю, или не выходит за границу критерия близости, то все у студента заканчивается удовлетворением. При большей разности субъект психологически анализирует в блоках причины этого расхождения.

Первым для анализа может служить эмоционально-настроенческий блок. Его передаточную функцию можно представить как экспоненту в комплексной степени:

$$\text{ЭН} \rightarrow e^{\pm z},$$

где  $\pm z = x + yi$  (1)

Нужно заметить, что именно блок ЭН чаще всего отягощает выполнение мотивационного задания. Ведь не всегда студент достаточно приспособлен к экзаменатору, не всегда заранее может предугадать его «коварные» вопросы, собственная подготовка нередко переоценивается им или подмешивается «авось», а также в любой момент могут подействовать, чаще всего неуправляемые, возмущающие воздействия. В преобразованиях Лапласа блок ЭН обозначен  $H_1(s)$ , как и остальные последующие блоки  $H_i$ , у которых меняется лишь индекс  $i$  и функциональная его суть. В блок  $H_1(s)$  вторгается возмущающее воздействие  $D$ , что ни в коем случае не снимает возможности возмущающих воздействий на иные блоки. Как и подпитка блоков энергией, возмущения указаны как пример в одном месте, ибо принципиально система информационная, а все иное подчинено ей.

В рассматриваемой замкнутой регулирующей системе из комплекса блоков на втором месте поставлен эффекторный блок  $H_2(s)$  или блок исполнительных устройств, средств работоспособности (СР). В него, например, входят частотное и широкоформатное переключение логической и образной информации, волевое поддержание операционных действий на длительное время.

<sup>1</sup> Критерий близости (в % допустимого отклонения от мотивации)

Вовлечение памяти, надежность (безошибочность), срочная адаптивность и пр. входят в третий блок. Передаточной функцией блока CP также можно считать базовую, материнскую по Г. Аракеляну [2], функцию  $e^{\pm z}$ , обозначаемую в преобразованиях Лапласа как  $H_3(s)$ .

После третьего блока становится известным результат всей деятельности – выносится экзаменационная оценка  $C(s)$ , которая по обратной связи идет в компаратор и сравнивается с мотивацией. Можно все это представить следующей схемой (рис. 2).

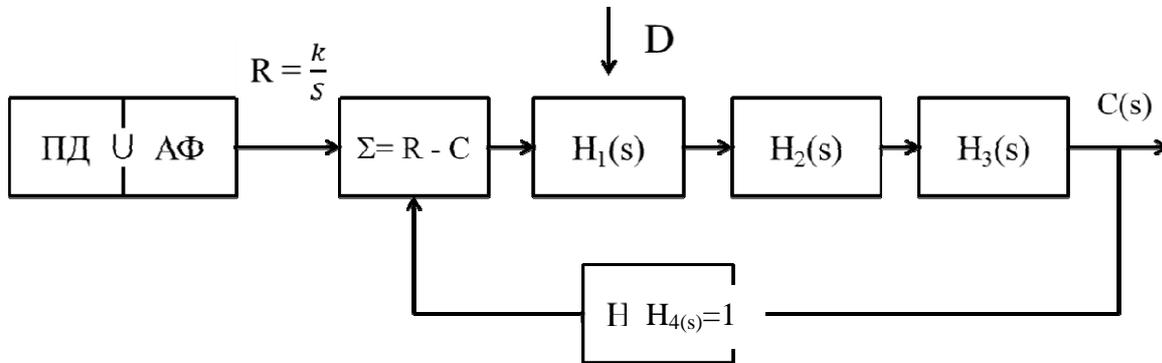


Рис. 2 Схема регуляторного комплекса блоков в Лапласовских преобразованиях.

Выше были рассмотрены по отдельности все основные, по нашему мнению, блоки регуляторной системы учебной деятельности по сдаче очередного экзамена. Корифеи анализа подобных систем [14] рекомендуют для сжатия информации рассчитать произведение этих функций в Лапласовских преобразованиях  $H_L(s) = H_1H_2H_3H_4(s)$ , имея в виду, что на самом деле это передаточная функция разомкнутой системы. Характеристическая же функция замкнутой системы, фигурирующая как знаменатели двух приведенных ниже очень важных уравнений, представляет  $1 + H_L(s)$ .

1) Выходной сигнал системы:

$$C(s) = \left[ \frac{H_1H_2H_3}{1+H_L} (s) \right] R(s) - \left[ \frac{H_1}{1+H_L} (s) \right] D(s) \quad (2)$$

2) Сигнал ошибки:

$$E(s) = \frac{1}{1+H_L} R(s) + \frac{H_1}{1+H_L} D(s) \quad (3)$$

Регуляторный комплекс блоков деятельности человека, как вероятно и других животных, сам находится под контролем иной системы, относимой в теории и практике авторегулирования к следящим. В психологии его именуют комплексом блоков рефлексии. В него входят несколько блоков. Прежде всего, это блок интроспекции – непосредственного наблюдения за динамическим состоянием психо, психофизиологических или физиологических актов.

Во всей биосистеме, регуляторной и следящей, блоки дискретны. Различия между системами, в частности, в том, что время, затрачиваемое на функционирование каждого блока следящей системы ( $t_{cc}$ ), значительно короче времени функционирования каждого блока ( $t_{pc}$ ) регуляторной системы:  $t_{cc} \ll t_{pc}$ .

С учетом этих и других соображений блок интроспекции может быть отображен следующим уравнением:

$$\forall_n = \exists e^{kwt}, \quad (4)$$

где  $\forall_n$  – квантор всеобщности; длина единичного регулируемого n-ого психопроцесса, просматриваемого интроспекцией;  $\exists$  – квантор существования; характеристика

фрактальности единичного процесса интроспекции, следящей за регулируемым актами;  $t$  – время реализации единичного отрезка регулируемого процесса, представляющего контролю интроспектирующего блока следящей системы;  $w$  – частота изменений направлений в интроспектирующем блоке следящей системы фрактального устройства спектрального (фрактонного) типа с нецелочисленной размерностью  $2 < D_f < 3$ ;  $i, j, k$  – мнимые единицы, причем кватернионная ордината  $j$  присутствует неявно, а завихренность (спектральность) отображается координатой  $k$ , умноженной на частоту смены направлений  $w$ .

К аргументам уравнения (4) добавим следующее. При разложении экспоненциальных функций, материнских по Аракеяну, типа  $\pm e^{\pm i x}$  получают сочетание синусоид и косинусоид. Отсюда вытекает следствие об отражении и порождении ими вращений. При этом даже на комплексной плоскости, а не в пространстве они могут производить семью из 4-х спиралей. Спирали раскручивающиеся и закручивающиеся, правого и левого направления-винта [2]. Они дают возможность объединения их в некую целостность и создавать из таких «шестеренок» мыслеподобные структуры.

Из блока интроспекции, краткую характеристику которого мы завершаем, информация, полученная им ( $\forall_n$  в данном конкретном случае), переходит в следующий блок следящей системы, в блок компарации. В нем представленная информация сравнивается с должной для обследуемой личности, невольно сложившейся у нее в процессе жизни для каждого интроспектируемого дискретного отрезка психического процесса. Должный единичный отрезок информации можно представить как  $e_n^0 = 1$ . В блоке компарации происходит сравнение поступившей величины ( $\forall_n$ ) с должной ( $e_n^0$ ) и результат разности поступает в следующий блок коррекции. В нем срабатывает биологический  $\Delta$ -регулятор [6, 13], сигнал от которого направляется в блок средств работоспособности (эффекторный блок) регуляторного комплекса. Причем сигнал  $\Delta$ -регулятора работает как безинерционный усилитель, а выходящие из него коэффициенты усиления могут скачкообразно принимать два противоположных значения. Если входной сигнал в  $\Delta$ -регулятор положителен, то вырабатывается понижающий сигнал (коэффициент) и, наоборот, если входной сигнал отрицателен, то возникает усиливающий сигнал (коэффициент). Алгоритм работы  $\Delta$ -регулятора в блоке коррекции следящей (рефлексивной) системы такой:

$$U = \begin{cases} K \downarrow & \text{при } x > 0 \\ K \uparrow & \text{при } x < 0 \end{cases} \quad (6)$$

в котором  $K \downarrow$  и  $K \uparrow$  выходные сигналы из  $\Delta$ -регулятора;  $x > 0$  и  $x < 0$  входные сигналы в  $\Delta$ -регулятор из блока компарации; при  $x = 0$   $\Delta$ -регулятор не вырабатывает сигнал.

Объединим все рассмотренные функции в отдельных блоках рефлексии как следящей системы в единую схему (рис. 3).

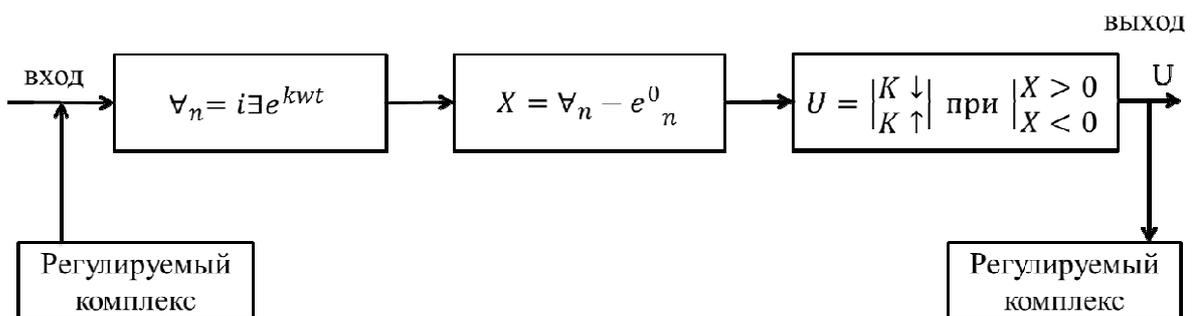


Рис. 3. Схема функций в блоках рефлексии как следящего комплекса за функционированием блоков регуляторного комплекса учебной деятельности.

Таким образом, рассмотрены две взаимодополняющие ветви, регуляторная и следящая, два взаимосотрудничающие спиралевидные управители учебной деятельностью.

Однако очень часто, можно даже сказать повседневно, сдавая тот или иной экзамен, не только студенческий, каждый человек хотел бы знать склонен ли он предварительно переоценивать или недооценивать свои силы в разных ситуациях, когда и как. Вопрос вовсе не риторический и ответ на него может быть дан. Если зафиксировать ряд результатов экзаменов и их совпадения или величины разногласий с мотивационными намерениями, то даже классическая статистика даст ответ на вопрос индивидуальной устойчивости индивидуума к «экзаменам», распределения устойчивости к экзаменам людей в малых или больших группах, влияние разных внешних и внутренних факторов на состояние устойчивости и получить ответы на разнообразные вопросы.

Возникает вопрос, имеется ли в психике собственный механизм самооценки и оценки сравнения себя с окружающими людьми, а, главное, оценки устойчивости и гармоничности своих жизненных «экзаменов». Ясно, что этот ещё не рассмотренный нами механизм, представляет иную, третью ветвь управления. По крайней мере, он направлен на самоосознание и скрытое устремление к идеальным собственным проявлениям. Чаще отклонение от идеала таится от посторонних, но нередко и от самого себя, скрытно присутствуя в бессознательном.

Назовем подобное устремление человека (даже в мечтах о себе) к более гармоничному, идеальному состоянию своих телесных и функциональных проявлений вовне, криптоавтоидеалом (*крипто* – греч. тайное). Существование означенной, чаще скрытой, третьей ветви психики было известно ещё в давнее время, но сейчас подведена четкая математическая база под её структуру и функционирование [1]. Источником ее служат две основополагающие («материнские») функции: экспонента в комплексной степени и натуральный логарифм комплексного числа. В них, в частности, содержится вся математическая теория золотой пропорции и её гомологов. Они также служат универсальными генераторами сопротивляемости изменениям, максимальной сохраняемости, устойчивости и стабильности.

Анализируемая третья ветвь представляет равнобочную логарифмическую спираль, детально рассмотренную [1, 2]. При представлении спирали в полярных координатах ее радиус – вектор ( $r$ ) неуклонно увеличивается пропорционально углу поворота спирали ( $\theta$ ). Вначале, когда ещё  $\theta = 0$ , будет  $r_0 = a$ , а далее в экспоненциальном отображении

$$r = ae^{k\theta} \text{ или } r = r_0 e^{k\theta}, \quad (7)$$

а в логарифмическом отображении

$$\ln\left(\frac{r}{a}\right) = k\theta \text{ или } \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = k\theta \quad (8)$$

Значимым при этом выступает параметр  $k$ , характеризующий, в частности, расстояние одного от другого витка спирали.

Поскольку все три совместные спирали, анализируемая сейчас и прежние – регуляторная и рефлексивная, находятся, как уже говорилось, в пучке, причем взаимовлияют друг на друга и взаимодействуют между собой, то ряд численных параметров каждой ветви автоматически согласовывается с параметрами иных ветвей. Одним из таких параметров, общим для всех ветвей, предполагается  $k$ , который по [1, 2]

$$k = ctg\varphi = const, \quad (9)$$

где  $\varphi = const$ , т.е. угол между радиус-вектором и касательной к спиральной кривой

величина постоянная для каждой спирали. В связи с этим любой анализируемой спирали отвечает уравнение

$$r = ae^{\theta ctg\varphi} \quad (10)$$

К изложенному можно лишь добавить, что радиус кривизны ( $R$ ) любой кривой в полярных координатах определяется по формуле:

$$R = \frac{r}{\sin \varphi} \quad (11)$$

Полагаем, что уже изложенные данные позволяют дифференцировать людей по состоянию их ветви криптоавтоидеала, наиболее важной для принятия ими решений. Но для характеристики взаимосогласованности ветвей необходимы дополнительные данные.

Применительно к презентуемому примеру с учебной деятельностью обозначены ее психологические начало (возникновение мотивации) и окончание (экзамен). Желателен был бы следующий научный шаг по формализации анализируемого процесса. Первоначально предложено: измерять длину дуги  $l(\theta)$  спирали между двумя её координатами ( $M_0$  и  $M$ )

$$l(M_0, M) = \frac{r - r_0}{\cos \varphi} \quad (12)$$

Если же устремить  $r_0$  к нулю, практически к полюсу, в случае с презентуемым психологическим примером к моменту возникновения мотивации, то вовсе упрощается выражение длины

$$l(O, M) = \frac{r}{\cos \varphi} \quad (13)$$

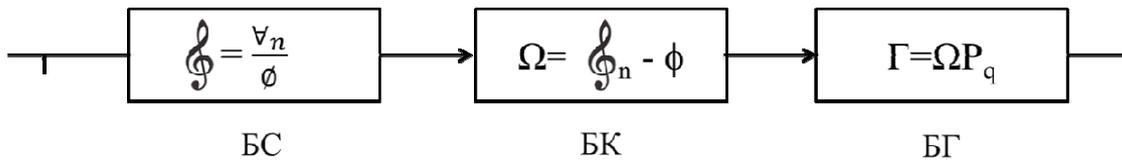
В случаях синхронного действия отрезков трех дуг занавес легко открыть, по крайней мере косвенно, по времени от начала мотивации до получения экзаменационной оценки. Ведь на всем этом интервале за субъектом следила рефлексия, а высшая ветвь (сила) устремляла его к гармонии, к идеалу.

Попутно приведем еще один аргумент. Тригонометрическими функциями показано, что приплюсное начало многих логарифмических спиралей представляет собой окружность или эллипс. Это свидетельствует, что прежнее наименование точка в смысле нуль следует заменить содержательным наименованием, например, первоисточник, каким бы малым он ни был. К тому же сама числовая система содержит делители нуля и из точки (нуля) исходят суперпозиционные составляющие.

Верховным принципом существования вселенной и ее составляющих признана универсальная гармония. Во всех естественнонаучных открытиях неизменно присутствует этот принцип и неотделимо от него проявляется математическая красота описания любых деталей Вселенной. В предыдущей следящей системе интроспекция была интерпретирована как внутреннее видение процессов, происходящих в регуляторном комплексе блоков. Рассматриваемая сейчас третья ветвь управления, прежде всего ее аудиоаналитический блок преимущественно тяготеет к слуховому восприятию, правда, в бессознательном варианте. Дело в том, что человеческий слуховой аппарат воспринимает очень незначительную часть звуков, примерно от 16 Гц до 20 тыс. Гц. Остальная часть звучаний не осознается, но бессознательное своими методами проводит обширный анализ всей скрытой «музыки» психики. Обязательно выявляются не только консонансы и диссонансы, иногда даже какофонии, но, можно сказать, все свойства, присущие звукам психических.

Выше была обсуждена роль золотой, «божественной», пропорции в математическом, биофизическом методе оценки анализируемого участка психики. Музыкальный знак «соль» как раз и символизирует соответствие основных качественных характеристик звуков, сопровождающих любой психический процесс. Не следует, конечно, полагать, что авторы ограничивают гармонизацию лишь звуками. Они служат авангардом иных гармонизируемых свойств психики.

На рис. 4 схематически изображены ведущие блоки в композиции криптоавтоидеала.



**Рис. 4. Схема функций в блоках композиции криптоавтоидеала:**  
 BC – блок сольфеджио; BK – блок консонатор; BG – блок гармонизатор.

Первичный, принимающий блок может быть назван сольфеджио. В теории музыки сольфеджио служит, прежде всего, для развития *внутреннего* слуха с дифференцировкой его качеств, в первую очередь частоты и амплитуды, громкости, но не только. Аудиоизмерения необходимы для сравнения с избранным эталоном – критерием. В данном случае это первичная величина золотой пропорции  $\phi$ . Однако, в семейство элитных пропорций входят иные, объединяемые в большее семейство.

Для публикации оставлена одна ( $\phi$ ), освещающая ход методических приемов для вынесения вердикта. Естественно, можно предположить, что некоторым людям свойственен (присущ), иной эталон-критерий, но, во-первых, все они взаимосвязаны, а во-вторых, используя подобные методические приемы можно по очереди проверить все критерии

Из блока сольфеджио после внутреннего «прослушивания» психических процессов, например, из мотивационного и интроспекционного блоков и сравнения приходящих сигналов с должным критерием сигнал поступает в консонатор. Назван он так вовсе не потому, что диссонансы не могут быть полноценной составной «музыки» психики. Как и в предыдущих ветвях (регуляторной и рефлексивной), в консонаторе происходит сравнение (компарация) сигнала с избранным эталоном. В данном случае эталоном, как уже сказано, избрано число  $\phi$ , число «золотой» пропорции. При отклонении от эталона сигнал переходит в блок гармонизации, предназначенный для исправления отклонений.

В блоке гармонизации  $P_q$  представляет поворачиватель (вращатель типа версора) контролируемого процесса на угол  $\omega$  с помощью кватерниона или одного из представителей бикомплексных чисел, у которого мнимое число межкомплексного объединения будет  $\delta = j^2 = -1$  или  $+1$  или  $0$  [7, 13, 15]. В той или иной форме в арсенале гармонизации могут быть использованы и делители нуля.

В предыдущем и наступившем столетии ученые добавили экспериментальные и теоретические доводы, к тем, что были ранее, об автономности управляющих психикой процессов и отличии их от генетических с её специфическим субстратом. Персональное содержание сновидений и присущих им символов передает субъективный опыт личности, возникшие у нее проблемы и стремление к их решению, даже если коллектив подобные проблемы решал. Причем скрытое в бессознательном стоит выше осознанного и навязывает ему свои решения. Изложенный в публикации порядок управления умственной деятельностью – от ее регулирования к красоте, следует расположить наоборот – от космоподобной красоты к регулированию и, наконец, к самим результатам деятельности. Психика восприимчива и использует истины, отличающиеся от управляющих проявлений жизни в бодрствовании.

Невольно возникает вопрос, нельзя ли установить алфавит психики, пусть даже гипотетический, подобно тому, как в свое время было сделано в генетике. Попытаемся найти ответ на этот вопрос.

Элементы (точки) гиперкомплексного пространства  $C^n$ , в частности кватернионного  $C^4$ , определяются совокупностью 4-х чисел (координат), обозначаемых или одной большой латинской буквой, например  $X$ , или набором латинских букв с цифрами, заключенными в круглые скобки, например для  $C^4 \rightarrow (X_1, X_2, X_3, X_4)$ , а для  $C^n \rightarrow (X_1 \dots X_n)$ . Элемент (точка) – это буква, например в генетическом коде. Слову (кодону) соответствует 3 буквы (элемента, точки). И это уже комплексная гиперповерхность (с тремя параметрами) или 3d-поверхность (например, наше трехмерное пространство, а пространство – время четырехмерное или 4-d).

Элементом (буквой) для сектора сознания психики может служить кватернион ( $q$ ), отражающий образ или символ – иероглиф некоторого объекта, существующего вовне, воспринимаемого субъектом. Образ или символ может поступить в сознание из бессознательного, например из памяти. В бессознательном и вовне прообраз ( $q^{-1}$ ) представляет еще одну, вторую букву психики, связанную с сопряженным кватернионом ( $\bar{q}$ ) и его модулем ( $|q|$ ) уравнением:

$$q^{-1} = \frac{\bar{q}}{|q|^2} \quad (14)$$

Поскольку психика принципиально динамична, то возникает третья буква, детерминирующая непрерывные движения психо процессов ( $p_q$ ). Она характеризует поворачиватель, вращатель (версор) образа или символа на разный угол, обозначаемый ( $w$ ).

Четвертой, а фактически авангардной буквой должна стать представительница мнимой части, позволяющая отбирать сдвоенный комплекс из рассматриваемого рода. В [15] приведен один из критериев. В этом критерии – мультипликаторе сочетаются главные мнимые компоненты ( $i, j$ ) и компликатор ( $\alpha$ ). Каждый из составляющих критерия ( $aij$ ) может непосредственно или при возведении в квадрат принимать значения:  $-1$ , или  $1$ , или  $0$ . В зависимости от сочетания этих значений в критерии может быть отдано предпочтение кватернионам, бикомплексам, дуальным бикомплексам и иным. Конкретизация позволяет не только математически применять, но использовать их для отображения специфических биофизических уклонений.

### Выводы

В управленческой конгломерации психической деятельностью, отображаемой гиперкомплексными биофизическими моделями, выделены регуляторная, рефлексивная и гармонизирующая составляющие, каждая из последовательности блоков, от мотивации до результатов, с межблочными и внеблочными связями.

Гипотетически, по аналогии с генетикой, предложена 4-х буквенная, но гиперкомплексная, азбука психики, включающая: 1 – ориентир на мнимую часть, 2 – кватернион сознания, 3 – сопряженный кватернион бессознательного и, наконец, 4 – детерминатор непрерывного поворачивателя образов или символов.

### Список литературы

1. Аракелян Г. Фундаментальные математические константы как начало всех чисел и новая ФМК / Г. Аракелян. – «Академия Тринитаризма», М., 2011 а. – Эл. № 77-6567, публ. 16330, 03.02.2011. – 22 с.
2. Аракелян Г. Теория ЛМФ и принцип золотого сечения / Г. Аракелян. – «Академия Тринитаризма», 2011 б.
3. Беляев М. И. Концепция тройственности / М. И. Беляев. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [milogiya2000.ru/uzacon24.htm](http://milogiya2000.ru/uzacon24.htm)
4. Петухов С. В., Петухова Е. С. Поличисла (матрионы) в биологической и компьютерной информатике / С. В. Петухов, Е. С. Петухова // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2008. – № 1 (9), т. 5. – С. 133–195.
5. Калашник М. П. Уроки элементарной теории музыки: уч. пособие / М. П. Калашник. – Х.: Pelican, 2011. – 352 с.
6. Калимов Г. А. Специфические законы биологического регулирования / Г. А. Калимов, Б. А. Карпов, В. В. Зеленкин. – Л.: Наука, 1981. – 135 с.
7. Каратаев Е. А. Гиперкомплексные числа. Классификатор / Е. А. Каратаев. – М., 2000. – 44 с.
8. Каратаев Е. А. Кватернионы и трехмерные отражения / Е. А. Каратаев. – М., 2000. – 11 с.

9. Каратаев Е. А. Скалярно-пространственные повороты в кватернионах / Е. А. Каратаев. – М., 2001. – 6 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://karataev.nm.ru/sclvec/index.html>
10. Кассандров В. В. Алгебродинамика: кватернионы, твисторы частицы / В. В. Кассандров // Вестник РУДН. Сер. Физика. – 2000. – Т. 8, вып. 1. – С. 34–50.
11. Кассандров В. В. Алгебродинамика: кватернионный код Вселенной / В. В. Кассандров // Метафизика. Век XXI. – М.: Лаборатория знаний БИНОМ, 2006. – 142 с.
12. Копвиллем У. Х. Эхо в физике / У. Х. Копвиллем. – М.: Знание, 1981. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика», № 8).
13. Максимович В. А. Математическое моделирование психики / В. А. Максимович, М. В. Максимович. – Черкассы: Брама-Украина, 2006. – 184 с.
14. Милсум Дж. Анализ биологических систем управления: пер. с англ. / Дж. Милсум. – М.: Мир, 1968. – 502 с.
15. Сильвестров В. В. Системы чисел / В. В. Сильвестров // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 8. – С. 121–127.
16. Шайхутдинова Д. Н. Краткий курс элементарной теории музыки / Д. Н. Шайхутдинова. – Ростов н/Д: Феникс, 2011. – 125 с.
17. Якубовская Т. С. Генетический код Вселенной (истина где-то рядом) / Т. С. Якубовская. – М.: Армада-пресс, 2002. – 288 с.
18. Heaviside O. Electromagnetic theory. 3rd. ed. / O. Heaviside. – L.: Spon, 1951. – 416 p.

Поступила в редакцию 6.02.2013

Принята в печать 2.03.2013

**Maksimovich V. A., Govta N. V.  
PSYCHE TRIPLE HELIX**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: nvgovta@mail.ru*

Management of mental activity (labor, training or game) is subdivided into three hierarchically interrelated spiral branches – systems: harmonizing, regulatory, and reflective. Each branch represents a sequence of units of blocks from the entrance to the motivational outcome. Unity hypermathematical models show chain block with their communication and connectivity branches. There is introduced hypercomplex psyche 4-character alphabet. In managerial conglomeration mental activity displayed hypercomplex biophysical models highlighted regulatory reflexive and harmonizing components, each of a series of blocks, the motivation to results, with interconnects and outblocks bonds.

Hypothetically, by analogy with genetics, offered 4-character, but hypercomplex, abc psyche includes 1 – a reference to the imaginary part, 2 – quaternion consciousness, 3 – dual quaternion unconscious, and finally 4 – determiner of changer continuous images or symbols.

*Key words:* the psyche, hypercomplex numbers, modeling.

#### **References**

1. Arkelyan, G. (2011 a). Fundamental mathematical constants as the beginning of all the numbers and the new PMC. Academy Trinitarism, 22 p.
2. Arkelyan, G. (2011 b). LMF theory and the principle of the golden section. Academy Trinitarism.
3. Belyaev, M.I. The concept of trinity, 19 p. Retrieved from [milogiya2000.ru/uzacon24.htm](http://milogiya2000.ru/uzacon24.htm)
4. Kalashnik, M.P. (2011). Elementary music theory lessons. Tutorial. Ed. third, corrections, additions, 352 p.
5. Kalimov, G.A., Karpov, B.A., & Zelenkin, V.V. (1981). Specific laws of biological regulation. Leningrad: Nauka, 135 p.
6. Karataev, E.A. (2000). Hypercomplex numbers. Classifier, 44.
7. Karataev, E.A. (2000). Quaternions and three-dimensional reflection, 11.
8. Karataev, E.A. (2001). Scalar-spatial rotations in quaternions, 6. Retrieved from <http://karataev.nm.ru/sclvec/index.html>
9. Kassandrov, V.V. 2000. Algebrodynamics: quaternions twistor's particles. Bulletin of Peoples' Friendship University, Series «Physics», 8, 1, 34-50.
10. Kassandrov, V.V. (2006). Algebrodynamics: quaternion code universe. In Sat: Metaphysics. XXI Century. Ed. Y.S. Vladimirov, 142.
11. Kopvillem, W.H. (1981). Echo in physics. New in Life, Science, Technology (Ser. «Physics»), 8, 64 p.
12. Maksimovic, V.A., & Maksimovic, M.V. (2006). Mathematical modeling of the psyche. Cherkasy: Brahma, 184 p.
13. Milsum, J. (1968). Analysis of biological control systems, 502 p.

14. Silvestrov, V.V. (1998). System properties. Soros Educational Journal, 8, 121-127.
15. Shayhutdinova, D.N. (2011). Short course of elementary music theory, 125 p.
16. Yakubovskaya, T.S. (2002). The genetic code of the universe (Truth Is Out There). Moscow: Armada-press, 288 p.
17. Heaviside, O. (1951). Electromagnetic theory. 3rd. ed. L.: Spon, 416 p.

Received: 6.02.2013

Accepted: 2.03.2013

UDK 577.3

© V. M. Shatalov

**LOCAL THERMAL SPIKES IN BIOLOGICAL SYSTEMS  
DISPOSED IN A LOW INTENSITY ELECTROMAGNETIC FIELD**

*Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine*

*e-mail: v.shatalov@donnu.edu.ua*

**Shatalov V. M. Local thermal spikes in biological systems disposed in a low intensity electromagnetic field.** – Pennes' equation for bioheat transfer and the heat transfer differential equation are solved for the temperature distribution in a living tissue with spherical inclusions, irradiated by microwave power. It is shown that relative temperature excess in a small inclusion in the tissue in some cases is inversely proportional to its radius and does not depend on the applied power. In pulsing RF fields the effect is amplified proportionally to the ratio of the pulse period to the pulse duration. The local temperature rise significantly outpaces the averaged one and therefore the Watt to Weight SAR limits may be insufficient to estimate the safety of RF radiation and the conventional division of the biological effects of electromagnetic fields on the thermal and non-thermal needs to be revised.

*Key words:* non-thermal, electromagnetic field, bioheat transfer, inhomogeneity, temperature rise.

### **Introduction**

Traditionally, the effects of electromagnetic fields (EMF) on living organism are divided into ionizing (non-ionizing) and thermal (non-thermal). They are extensively investigated to date [1]. However, when considering effects of weak EMF, an important problem is to find and validate clear criteria of weakness of the impact [2, 3]. For thermal effects of the EMF the presently accepted criteria are based upon application of physiologically acceptable limits to the increase of the *average* temperature of the samples.

Non-thermal effects defined in [4] are biological mechanisms that are not connected to the temperature increase, which is assumed to be less than 0.01 degrees C (living organism), 0.001 (cells) or 0.0005 (sub-cellular). By comparison, ANSI, WHO, IEEE & ICNIRP consider that exposures below 0.05 degrees C (0.4 W/kg) are safe for workers, and exposures below 0.01 C (0.08 W/kg) are negligible for the public. Any biological effects below these levels of heating are considered by these organizations to have no biological significance and to be reversible. These criteria are used for estimation of maximum permissible power of domestic radio equipment (cell phones, Bluetooth, Wi-Fi, etc.). In particular, the effect of mobile phone radiation on human health is the subject of recent interest and study [5] due to the enormous increase in mobile phone usage throughout the world. Any biological effect of environmental RF EMFs is usually referred as non-thermal.

Another important application of these criteria lies with the development of non-lethal microwave weaponry (such as «Active Denial System», developed by the U.S. Department of Defense) to evaluate whether their effects are indeed reversible.

One well-understood effect of microwave radiation is dielectric heating, in which any polar solution (such as living tissue) is heated by rotations of the polar molecules induced by the electromagnetic field. In the case of a person using a cell phone, most of the heating effect occurs at the surface of the head, causing its temperature to increase by a fraction of a degree. The maximum power output from a mobile phone is regulated by the mobile phone standard and by the regulatory agencies in each country. In the USA, the Federal Communications Commission (FCC) has set a Specific Absorption Rate (SAR) limit of 1.6 W/kg, averaged over a volume of 1 gram of tissue, for the head. In Europe, the limit is 2 W/kg, averaged over a volume of 10 grams of tissue. SAR values are heavily dependent on the size of the averaging volume.

Non-thermal effects can also arise due to the low-frequency pulsing of the mobile phones carrier signal. Biological significance of these modulations is subject to a recent debate [6]. Some researchers argue that so-called «non-thermal effects» can be reinterpreted as a normal cellular response to an increase in temperature [7]. Others believe the stress proteins are unrelated to thermal effects, since they occur for both extremely low frequencies and radio frequencies (RF),

which have very different energy levels [8]. Another study that was conducted using fluorodeoxyglucose injections and positron emission tomography concluded that exposure to radiofrequency signal waves within parts of the brain closest to the cell phone antenna results in increased levels of glucose metabolism, but the clinical significance of this finding is unknown [9]. The aim of our paper is to give a mathematical model of the local thermal effects of the EMF by specifically taking into account inhomogeneity of the heating (resulting from non-uniformity of living tissue). The idea of the non-uniform heating, of course, is not new. However, that is hard to find specific estimates, therefore it was suggested by Challis [2] as an open problem. Our main goal is to provide such analytical estimations and to give physical background of thermal effects related to inhomogeneity in space and time. We show that in some cases, the local temperature rise significantly outpaces the average absorbed radiation power and therefore the Watt to Weight SAR limits may be insufficient. The possibility of such a local heating (with the negligible average temperature increase) challenges the common division of EMF effects into thermal and non-thermal. While the effects, connected to the local heating, are thermal, the average heating may be negligible, making them classified conventionally as non-thermal.

Our consideration is not limited to any particular frequency band of the electromagnetic field. It is only important that the field is heating the conducting medium locally, be it via the eddy currents in the medium of non-uniform conductance, the polarization-induced vibrations of the molecules in the medium of non-uniform polarizability, or any other local mechanism. There are several different mechanisms, which lead to RF power absorption and have different penetration depths in different media.

It is obvious that the temperature distribution in any bounded sample heated by penetrated radiation has to be inhomogeneous. Firstly, it is due to the spatially inhomogeneous heating by the exponentially decaying RF power. It is well known that the temperature distribution has maximum under the sample surface if the heat transfer inside exceeds that one outside the sample (for example, due to pure transparency of the sample surface). The maximum value is limited by RF power decay depth that actually varies from fractions of a millimeter to several centimeters. Therefore, this maximum is flat and does not exceed much the surface temperature value. Unlike the case described, we will examine the temperature peaks at the micro inclusions having high electrical conductivity, which are located far enough away from the cooling surfaces or heat sinks.

### **Temperature distribution in the case of randomly distributed point sources**

It is well known that living tissue is substantially heterogeneous on micro and nano-scales with some of its components having increased electrical conductivity. For example: 1) electrical conductivity of the cytoplasm of living cells is somewhat higher than that of extracellular media due to the Na-K asymmetry [10]; 2) electric double layer, forming on the surface of colloidal inclusions (such as air nano-bubbles in water), consists of a diffuse cloud of ions with superior conductivity compared to that of the solvent [11]; 3) axon membranes have extra high conductivity, etc. There are also numerous instances of nano-scale conductance inhomogeneity in inanimate nature exemplified by any colloidal solution (liquid or solid) of conductive nanoparticles in weakly conductive medium. Since the absorbed microwave and RF power is proportional to the electrical conductivity, conducting inclusions are heated by radiation more intensively than the surrounding media.

To describe this process of non-uniform heating in the medium with thermal regulation (present in all living tissue on all scales) let us use the classical *Pennes'* differential equation [12]:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = k \nabla^2 \Theta - \frac{\Theta}{\tau} + \frac{W}{C_v}, \quad (1)$$

where  $\Theta$  is temperature excess [K] above the «normal» temperature,  $t$  – time [s],  $k$  – temperature conductivity [ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ] (for example, in water  $k = 0.15 \text{ mm}^2/\text{s}$  at normal conditions),  $\nabla^2$  – Laplace operator,  $\tau$  is characteristic temperature relaxation time [s],  $W$  – absorbed power [ $\text{J m}^{-3} \text{s}^{-1}$ ],  $C_v$  –

volumetric heat capacity [J/(m<sup>3</sup> K)]. The second term on the right hand side describes thermal regulation, whatever the mechanism is. In the absence of heat sources ( $W = 0$ ) the medium relaxes towards zero temperature excess ( $\Theta$ ), or, to its «normal» temperature. In steady state, when time derivative is zero, Eq. (2) reduces to the well-known *Helmholtz* equation (or screened *Poisson* equation):

$$\nabla^2 \Theta(\mathbf{r}) - \frac{\Theta(\mathbf{r})}{R_\tau^2} = -q(\mathbf{r}), \quad (2)$$

where  $R_\tau = (k \tau)^{1/2}$  is a characteristic size of the temperature relaxation region,  $q = W/C_V k$  – renormalized absorbed heat [K/m<sup>2</sup>]. This equation is linear and for an arbitrary  $q(\mathbf{r})$  its solution can formally be written with the help of Green's function as

$$\Theta(\mathbf{r}) = \iiint_V q(\mathbf{r}') \frac{e^{-|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|/R_\tau}}{4\pi |\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} d^3\mathbf{r}' \quad (3)$$

Next we assume that heat is supplied in the form of randomly distributed point sources of the density  $n$  and power  $W$ . The average temperature excess in the sphere of radius  $R_i$  around each source can be obtained by direct integration as

$$\Theta_i = \frac{3W\tau}{4\pi C_V R_i^3} (1 - e^{-x} - x e^{-x}), \quad x = R_i / R_\tau. \quad (4)$$

The average equilibrium temperature excess, measured in the whole medium, is then

$$\Theta_0 = \frac{Wn\tau}{C_V}, \quad (5)$$

Assuming that temperature conductivity of the media and inclusions are the same and identifying  $R_i$  with inclusion size, the *relative* temperature excess in a small inclusions ( $x \ll 1$ ) is inversely proportional to its radius and does not depend on the input power:

$$\frac{\Theta_i}{\Theta_0} = \frac{3}{8\pi k n \tau R_i}. \quad (6)$$

For small low-density inclusions in a living tissue with weak thermal regulation and low temperature conductivity, this ratio can be extremely high. Furthermore, if the heating is not stationary but consists of pulses of the width  $\tau_w$  and the period  $\tau_p > \tau_w$ , it is easy to show that the local heating during the pulse can also be represented by (6) with an additional factor of  $\tau_p / \tau_w$ . That is, the pulsing EMF source leads to even higher local increase of the relative temperature.

### Heating of a single spherical inclusion in a spherical sample

*Pennes'* equation (1) assumes that the total energy exchange between tissue and the flowing blood can be modeled as a non-directional heat outlet, whose magnitude is proportional to the volumetric blood flow and the difference between local tissue and major supply arterial temperatures. This approximation is valid for large enough samples, containing numerous blood vessels. To investigate the temperature distribution at a smaller scale in this section, we explore a different model, in which a heated center indirectly interacts with the cooling surface. Such a model might describe the temperature distribution in a close vicinity of a blood vessel that we refer as a

thermostat. To simplify the consideration, the living tissue will be modeled as a sphere. Starting from such a spherical horse, we mean to explain the origin of temperature spikes in nano-inclusions contained in any tissue of any form.

**Stationary temperature distribution**

Let us consider a spherical inclusion of radius  $R_i$  in the center of the irradiated spherical sample with radius  $R_0$ , placed in a thermostat. The inclusion and the surrounding media have different electrical and the same temperature conductivities. The stationary equation of heat transfer in this case looks like:

$$\frac{\partial^2 \Theta(r)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \Theta(r)}{\partial r} + q(r) = 0 \tag{7}$$

Here  $r$ -dependence of the renormalized absorbed heat has the form:

$$q(r) = \begin{cases} q_i, & 0 < r < R_i \\ yq_i, & R_i < r < R_0 \end{cases}, \tag{8}$$

where factor  $y$  points to the abovementioned difference of electrical properties inside and outside the inclusion.

Obviously, any solution of (7) has the form:

$$\Theta(r) = \frac{A}{r} - \frac{B}{6} r^2 + C \tag{9}$$

where the constants  $A$ ,  $B$ , and  $C$  differ for the inclusion and outer space. Putting (9) into (7) we get  $B_i = q_i$  and  $B_0 = yq_i$ . Then from the condition of zero flow at  $r = 0$  we get  $A_i = 0$ . Next, the flow continuity condition at the boundary of the inclusion gives the value of  $A_0$ , the value  $C_0$  we get by putting  $\Theta(R_0) = 0$ . Finally, the equality of temperatures at the boundary of the inclusion gives us the value  $C_i$ . Thus we get the solution of (7), that allows us to calculate the average temperature of the inclusion  $\Theta_i$  and the outer space  $\Theta_0$  and its ratio:

$$\frac{\Theta_i}{\Theta_0} = \frac{(1 + x + x^2)}{(1 - x)} \frac{[12x^2 - 10x^3 + 5y(1 - 3x^2 + 2x^3)]}{[5x^3 + 10x^4 + 2y(1 + 2x + 3x^2 - x^3 - 5x^4)]}, \tag{10}$$

where  $x = R_i/R_0$  and  $y = q_0/q_i$ . For the case under interest  $x \ll 1$  and  $y = 0$  we get:

$$\frac{\Theta_i}{\Theta_0} = \frac{12}{5} \frac{R_0}{R_i} \tag{11}$$

So, the ratio of average temperatures of the inclusion to that one of the outer space is reversly proportional to its radii. This qualitatively coincidences with (6) outlined in previous section and differs just in coefficient.

In the case of a homogeneous medium, when properties of the inclusion and the surrounding environment are the same ( $y = 1$ ), then for  $x \ll 1$  we get:

$$\frac{\Theta_i}{\Theta_0} = \frac{5}{2} \tag{12}$$

Thus, the temperature of a micro-inclusion exceeds the average temperature 2.5 times just because the inclusion is far enough from the thermo-stabilized outer boundary of the sample.

Finally, we may conclude that there exist two reasons giving temperature increase in a little inclusion. First is the increased heat production, and second – the remote distance from the cooling boundary.

**Non-stationary temperature distribution**

Another source of the temperature non-homogeneity is time inhomogeneous heating. In this subsection, we explore the non-stationary case for the spherical model from previous section.

At the starting point, a short RF pulse heats the spherical inclusion and surrounding media and we monitor the temperature distribution in space and time  $\Theta(r, t)$ . To get the distribution we solve numerically the non-stationary equation of heat transfer (1) for a simple case of two co-centered spherical media with different electrical and the same temperature conductivities. We are interested in the time range  $t \ll \tau$  therefore the term that describes thermal regulation in (1) may be omitted. So, in the spherical coordinates centered in the cell center the equation (1) takes the form:

$$\frac{\partial \Theta(r, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 \Theta(r, t)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \Theta(r, t)}{\partial r} + Q(r, t), \tag{13}$$

where  $r$  and  $t$  are given in units  $R_0$  and  $\tau = R_0^2/k$  correspondently. We state the absorbed power distribution  $Q(r, t) = R_0^2 q(r, t)$  as

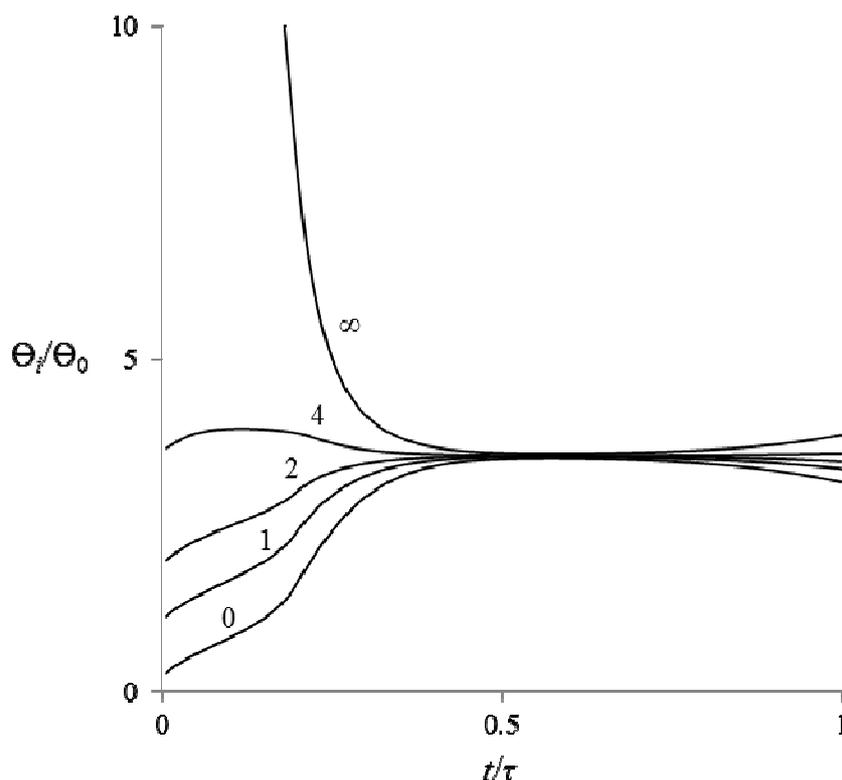
$$q(r, t) = \begin{cases} q_i \sin\left(\frac{\pi}{\tau_w}\right), & (0 \leq r \leq R_i) \cap (0 \leq t \leq \tau_w) \\ q_0 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_w}\right), & (R_i < r) \cup (0 \leq t \leq \tau_w) \\ 0, & (\tau_w < t) \end{cases}, \tag{14}$$

where  $x = R_i/R_0$  and  $\tau_w$  is the RF pulse duration time,  $q_i$  and  $q_0$  – heated power inside and outside of the inclusion, its ratio is proportional to the ratio of correspondent electric conductivities. The initial and boundary conditions for the eq. (13) have the form:

$$\begin{cases} \Theta(r, 0) = 0, & 0 < r < \infty; \\ \frac{\partial \Theta(r, t)}{\partial r} = 0, & r = 0; \\ \Theta(R_0, t) = 0. \end{cases} \tag{15}$$

The results of our calculations of the relative temperature dynamics in a sample irradiated by a single RF pulse with  $\tau_w = 0.2\tau$ . for the size ratio  $x = 0.2$  and different heated power ratios  $y = 0, 1, 2, 4$  and  $\infty$  are shown in Fig. 1.

In the case of dielectric inclusion in conducting media ( $y = 0$ ) the temperature of media exceeds the temperature of inclusion  $\Theta_i/\Theta_0 < 1$  only at initial moments, but soon after this ratio rapidly increases to some asymptotic value close to 3. For larger  $y$  the ratio  $\Theta_i/\Theta_0$  exceeds 1 at all times. For the conducting inclusion in dielectric media ( $y = \infty$ ) the relative temperature  $\Theta_i/\Theta_0$  is very high in initial moments because the media is heating via heat transfer from the inclusion. After the heating pulse finished all the curves go to the asymptotic value.



**Fig. 1.** Relative average temperature of the inclusion with  $R_i = 0.2R_0$  as a function of time (in units of  $\tau$ ) in a sample irradiated by RF pulse (14) with  $\tau_w = 0.2\tau$ . Numbers over the curves are  $q_i/q_0$  ratios of RF power absorption inside and outside the inclusion.

The curves on Fig. 1 were calculated for the case of a single RF pulse but it is obvious if the time scale expands to a sequence of pulses then every next pulse will start at increased values of relative temperature of the inclusion and that amplifies the effect of inhomogeneous heating of the sample.

### Conclusions

The results obtained in the paper have to draw attention to the obvious and at the same time unexpectedly large spatial inhomogeneity of heating of the irradiated samples, regardless of the intensity of irradiation. Until now, it seemed to be obvious that RF power is the main criteria, which refers any RF exposure to the thermal or non-thermal one. However, we have shown that relative temperature rise in micro inclusions is RF power independent and may be very high because it is reversely proportional to the size of the inclusions. This is the case when the radiation is absorbed mainly in the inclusions that situated sufficiently far from the heat outlets. Moreover, qualitatively this conclusion is an obvious consequence from Fourier's law and the heat transfer boundary conditions, and this is a long-solved problem in physics that leaves no questions.

To prove the results experimentally one has to measure the local temperature inside nano-objects that is not so easy but may be very informative. For example, by coating their samples with molecular layers with well-defined melting temperatures, Samsonov and Popov [13] measured the temperature in the immediate vicinity of individual cells during exposure to the EMF. They detected a rapid temperature jump in the experimental chamber and rapid establishment of the steady-state temperature. This allowed them to compare, in a quantitative manner, the cellular effects of the EMF with those of the temperature jump elicited by conventional heating.

There exist many experimental works with inanimate samples, the results of which, we believe, can be interpreted in terms of local heating (or overheating) of irregularities in the irradiated samples. For example, Bunkin et al. [14] very carefully examined the effect of dissolved gases on some of the properties of distilled water. They showed that in presence of dissolved air IR

laser irradiation heats the microbubbles of air to plasma temperatures that increases absorption of the radiation, while in the absence of dissolved gases, the water is essentially transparent due to low probability of the multiphoton absorption mechanism. In the work of Doroshkevych et al. [15] it was shown that weak pulsed magnetic field speed up self-organization processes in the nanopowder dispersed systems based on compacted ZrO<sub>2</sub>. The list of examples may be easily continued. We believe that all these effects may be consequences of the inhomogeneous heating in micro- and nano-scales.

There exists a lot of contradictory evidence for non-thermal effects of electromagnetic radiation on living organisms. Some of them were pointed in Introduction [2-4]. According to our paper, many of the interpretations need to be revisable. So, we are confident enough to judge the dispute in the works [6-8] in favor of the thermal origin of the observed effects. Another example, D'Andrea et al. [16] pointed that effects of low-level RF exposure on the blood-brain barrier are controversial and the effects have been generally accepted for exposures that are thermal. Studies at these levels have observed effects on norepinephrine, dopamine, and serotonin. Now we can say that thermal mechanisms have to be favorable in explanation of any effect of MW on neurochemistry. Concerning discussions in Internet on safety of the non-lethal microwave weapon, it should be pointed to possible uncontrolled temperature rise in under skin inclusions.

So, the local temperature can rise significantly outpaces the averaged one and therefore the Watt to Weight SAR limits may be insufficient to account the safety of RF radiation and the conventional division of the biological effects of electromagnetic fields on the thermal and non-thermal needs to be revised.

### **Acknowledgments**

The author thanks Prof. Andrew Lyaschenko for discussions that served as a stimulus to the writing this article. He is also very grateful to Dr. Konstantin Metlov for reading and discussing the manuscript and to Prof. Nicholas Bunkin for helpful comments.

### **References**

1. NIEHS (1999). Report on health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. National Institute of Environmental Health Sciences of the U.S. National Institutes of Health. NIH Publication No. 99-4493.
2. Challis, L.J. (2005). Mechanisms for interaction between RF fields and biological tissue. *Bioelectromagnetics*, Supplement 7, 98-106.
3. Shatalov, V.M. (2012). Mechanism of the biological impact of weak electromagnetic fields and the in vitro effects of blood degassing. *Biophysics*, 57, 808-813.
4. ICEMS (2010). Non thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. ICEMS, eds. Guiliani, L. & Soffritti, M.: Ramazzini Institute, European J. of Oncology, Library, Vol. 5.
5. Vecsei, Z., Csathó, A., Thuróczy, G., & Hernádi, I. (2013). Effect of a single 30 min UMTS mobile phone-like exposure on the thermal pain threshold of young healthy volunteers. *Bioelectromagnetics*, 34 (7), 530-541.
6. Foster, K.R., & Repacholi, M.H. (2004). Biological effects of radiofrequency fields: does modulation matter? *Radiation Research*, 162(2), 219-244.
7. Glaser, R. (2005). Are thermoreceptors responsible for «non-thermal» effects of RF fields? Ed. Wissenschaft, Bonn, Germany: Forschungsgemeinschaft Funk, 21, OCLC 179908725.
8. Blank, M., & Goodman, R. (2009). Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology*, 16(2-3), 71-78.
9. Volkow, N.D., Tomasi, D., Wang, G.-J., Vaska, P., Fowler, J.S., Telang, F., Alexoff, D., & Logan, J., et al. (2011). Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA*, 305(8), 808-821.
10. Lyashchenko, A.K., & Lileev, A.S. (2010). Dielectric relaxation of water in hydration shells of ions. *J. Chem. Eng data*, 55, 2008-2016.
11. Shatalov, V.M., Filippov, A.E., & Noga, I.V. (2012). Bubbles induced fluctuations of some properties of aqueous solutions. *Biophysics*, 57(4), 421-427.
12. Pennes, H.H. (1948). Analysis of tissue and arterial blood temperature in the resting human forearm. *J. Appl. Physiol.*, 1, 93-122.
13. Samsonov, A., & Popov, S.V. (2013). The effect of a 94 GHz electromagnetic field on neuronal microtubules. *Bioelectromagnetics*, 34, 133-144.

14. Bunkin, N.F., Ninham, B.W., Babenko, V.A., Suyazov, N.V., & Sychev, A.A. (2010). Role of dissolved gas in optical breakdown of water: differences between effects due to helium and other gases. *J. Phys. Chem.*, 114, 7743-7752.

15. Doroshkevych, O.S., Shylo, A.V., Saprukina, O.V., Danilenko, I.A., Konstantinova, T.E., & Ahkozov, L.A. (2012). Impedance spectroscopy of concentrated zirconia nanopowder dispersed systems experimental technique. *World Journal of Condensed Matter Physics*, 2(1), 1-9.

16. D'Andrea, J.A., Chou, C.K., Johnston, S.A., & Adair, E.R. (2003). Microwave effects on the nervous system. *Bioelectromagnetics*, Supplement 6, 107-147.

Received: 9.12.2013

Accepted: 23.12.2013

**Шаталов В. М. Локальное тепловое воздействие на живые организмы в слабых электромагнитных полях.** – Уравнение Пеннिसа для биотеплопереноса и дифференциальное уравнение теплопереноса решаются для получения распределения поля температур в живой ткани со сферическими включениями при СВЧ облучении. Показано, что относительный рост температуры в небольшом включении в ткани в некоторых случаях обратно пропорционален радиусу и не зависит от приложенной мощности. В пульсирующем радиочастотном поле эффект усиливается пропорционально отношению периода импульса к длительности импульса. Подъем локальной температуры значительно опережает усредненную, и поэтому применение действующих стандартов Ватт/Вес может быть недостаточно для оценки безопасности излучения, а условное разделение биологических эффектов электромагнитных полей на тепловые и нетепловые нуждается в пересмотре.

*Ключевые слова:* не термальное излучение, электромагнитное поле, биологический теплоперенос, неоднородность, повышение температуры.

**Шаталов В. М. Локальний термічний вплив на живі організми в слабких електромагнітних полях.** – Рівняння Пенніса для передачі біотепла та диференціальне рівняння для переносу тепла вирішуються для знаходження розподілу поля температур у живій тканині з сферичними включеннями, що опромінені мікрохвилями. Показано, що відносно зростання температури в невеликому включенні в тканини в деяких випадках обернено пропорційне радіусу та не залежить від прикладеної потужності. У пульсуючого радіочастотного поля ефект посилюється пропорційно співвідношенню періоду імпульсу до тривалості імпульсу. Підйом локальної температури значно випереджає усереднену. Тому застосування існуючих стандартів Ватт/Вага може бути недостатньо, щоб оцінити безпеку випромінювання та умовний поділ біологічних ефектів електромагнітних полів на теплові та нетеплові потребує перегляду.

*Ключові слова:* не термальне випромінюване, електромагнітне поле, біологічний теплоперенос, неоднорідність, підвищення температури.

Надійшла до редакції 9.12.2013

Прийнята до друку 23.12.2013

УДК 612.44 + 612.74

© Т. И. Станишевская<sup>1</sup>, И. Н. Морозова<sup>2</sup>, В. И. Соболев<sup>2</sup>

## ХАРАКТЕР ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВОЗБУДИМОСТИ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ШКАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИРКУЛИРУЮЩЕГО СВОБОДНОГО ТРИЙОДИТРОНИНА

<sup>1</sup>Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого; 73312, г. Мелитополь, ул. Ленина, 20; e-mail: stanisch@ukr.net

<sup>2</sup>Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46  
e-mail: v.sobolev@mail.ru

**Станишевская Т. И., Морозова И. Н., Соболев В. И.** Характер зависимости параметров возбуждения скелетной мышцы белых крыс на разных участках шкалы концентрации свободного трийодтиронина. – В экспериментах на белых крысах показано, что свободный трийодтиронин эндогенного происхождения является эффективным регулятором параметров М-ответа мышцы белых крыс: латентного периода его генерации, максимальной амплитуды М-волны и скорости развития ее восходящей фазы. В рамках физиологической шкалы концентрации регуляторный эффект гормона характеризуется с разной функциональной активностью: в начале физиологической шкалы (2,2–4,9 пмоль/л) трийодтиронин обладает слабым влиянием на возбудимость скелетной мышцы, а к концу диапазона (5,2–7,0 пмоль/л) эффект существенно нарастает (до 39%).

*Ключевые слова:* гипертиреоз, М-ответ, скелетная мышца.

**Станишевська Т. І., Морозова І. М., Соболев В. І.** Характер залежності параметрів збудливості скелетного м'яза білих щурів на різних ділянках шкали концентрації циркулюючого вільного трийодтироніну. – В експериментах на білих щурах показано, що вільний трийодтиронін ендogenous походження за стану еутиреоза є ефективним регулятором основних параметрів М-відповіді скелетного м'яза білих щурів: латентного періоду його генерації, максимальної амплітуди М-хвилі та швидкості розвитку її висхідної фази. У рамках фізіологічної шкали концентрації регуляторний ефект гормону характеризується різною функціональною активністю: на початку фізіологічної шкали (2,2–4,9 пмоль/л) трийодтиронін викazuje слабкий вплив на збудливість скелетного м'яза, а на кінці діапазону (5,2–7,0 пмоль/л) ефект істотно наростає (до 39%).

*Ключові слова:* трийодтиронін, М-відповідь, скелетний м'яз.

### Введение

Механизмы гормональной регуляции функционального состояния нервно-мышечной системы является предметом многочисленных экспериментальных исследований [5–7]. В многочисленных работах установлено, что тиреоидные гормоны способны оказывать влияние на различные звенья как нервно-мышечного аппарата в целом, так и на отдельные компоненты нервно-мышечного синапса, в частности, плотность и мобильные характеристики  $\text{Na}^+$ -каналов [9], активность  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы плазматической мембраны [9] и миозиновой АТФазы сократительного аппарата, степень сродства актиновых нитей к ионам  $\text{Ca}^{2+}$  [11], плотность и функциональное состояние  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов мембраны саркоплазматического ретикулума [1] и активность его  $\text{Ca}^{2+}$ -помпы [11] и др. В электрофизиологических исследованиях [2] был получен ряд фактов, косвенно свидетельствующих в пользу неодинаковой степени нарушения процесса нервно-мышечной передачи в икроножной мышце тиреоидизированных кроликов и отражающих повышение функциональной неоднородности мышцы.

Таким образом, нарушение тиреоидного статуса вызывает многочисленные изменения со стороны различных звеньев нервно-мышечного аппарата, что является проявлением их патофизиологического эффекта. Однако остается недостаточно исследованным вопрос о состоянии базовых показателей нервно-мышечной системы в ходе нарастания степени выраженности тиреотоксикоза, а также в условиях экспериментального атиреоза.

Цель работы – выяснение в условиях *in situ* характера связи между латентным периодом генерации М-ответа передней большеберцовой мышцей белых крыс и уровнем циркулирующего свободного трийодтиронина при эутиреодном статусе.

**Материал и методика исследования**

Эксперименты были выполнены на 50-ти взрослых беспородных белых крысах-самцах массой около 300 г. У всех животных в условиях *in situ* измеряли ряд параметров М-ответа передней большеберцовой мышцы крысы: латентный период генерации М-ответа, амплитуду М-волны и время ее формирования.

Ход опыта был следующий. Животное наркотизировалось (тиопентал 75 мг/кг) и фиксировалось в станке установки. Далее препаровался малоберцовый нерв, который в дальнейшем помещался в погружной электрод. Названный нерв иннервирует переднюю большеберцовую мышцу. Затем в переднюю большеберцовую мышцу вводились два металлических игольчатых электрода с межэлектродным расстоянием 1 мм, соединенных с биоусилителем. Это позволило регистрировать вызванный электромиографический ответ («М-ответ») в виде суммарного биоэлектрического потенциала мышцы при раздражении нерва и измерить в последующем латентный период возбуждения мышцы. Для усиления биопотенциалов мышцы применялся дифференциальный усилитель с режекторным гираторным фильтром (50 Гц), соединенный с цифровым интерфейсом (запоминающий цифровой осциллограф TDS2004C фирмы Tektronix) и компьютером.

В ходе проведения опыта малоберцовый нерв раздражался прямоугольными импульсами стимулятора длительность 100 мкс частотой 4 Гц. После измерения базовых значений исследуемых показателей животное декапитировалось, и в крови определялось содержание свободного трийодтиронина. Определение гормона проводилось с помощью метода иммуноферментного анализа с использованием системы «ThermoLabsystems» и стандартных наборов реагентов «ТироидИФА-трийодтиронин свободный» производства России.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием стандартных методов вариационной статистики (пакеты анализа Excel и Statistica 7).

**Результаты и обсуждение**

Одним из важных и информативных электрофизиологических показателей возбудимости скелетной мышцы является латентный период (*ЛП*) генерации М-ответа (табл. 1). Так, средняя величина *ЛП* составила  $2,69 \pm 0,085$  мс при соответствующих значениях стандартного отклонения и дисперсии.

Таблица 1

**Характеристика латентного периода генерации М-ответа переднеберцовой мышцы белых крыс с эутиреоидным статусом в разных диапазонах концентрации циркулирующего свободного трийодтиронина**

Статистический показатель	Диапазон концентрации свободного трийодтиронина, пмоль/л		
	Весь диапазон 2,2–7,6	Поддиапазоны	
		2,2–4,9	5,2–7,6
среднее значение, мс	2,69	3,07	1,97
стандартная ошибка	0,085	0,033	0,107
стандартное отклонение	0,601	0,191	0,442
дисперсия	0,363	0,0367	0,196
уровень значимости для W-теста Шапиро-Уилка	p = 0,0003 не нормальное распределение	p = 0,488 нормальное распределение	p = 0,748 нормальное распределение
кол-во вариант	50	33	17

При оценке характера распределения значений *ЛП* в целостной совокупности оказалось, что он не соответствует нормальному закону. Об этом свидетельствует тест Шапиро-Уилка ( $p = 0,0003$ ). В подобном случае можно предположить существование

нескольких множеств в целостной совокупности. Действительно, с помощью метода k-средних кластерного анализа целостных вариационный ряд значений ЛПП разделяется минимум на два независимых множества, расположенных в двух разных диапазонах концентрации трийодтиронина (см. табл. 1). Обоснованность выделения двух множеств подтверждается также двухвыборочным F-тестом для дисперсии ( $p = 0,000058$ ). В каждом из вновь выделенных множеств характер распределения хорошо соответствует нормальному закону. Следует отдельно подчеркнуть, что распределение значений  $T_3$  соответствовало нормальному закону распределения ( $p = 0,15$ ).

Среднее значение латентного периода во втором множестве статистически достоверно ниже, чем во втором ( $-1,1 \pm 0,013$ ,  $-36\%$ ,  $p = 7,9E-09$ ). При построении зависимости между величиной ЛПП и уровнем трийодтиронина (рис. 1) оказалось, что последняя описывается полиномиальным уравнением, имеющим вид:  $ЛПП = 0,027 [T_3]^3 - 0,47 [T_3]^2 + 2,0 [T_3] + 0,61$  при высокой статистической достоверности коэффициента аппроксимации и членов уравнения ( $p \leq 0,00023$ ).

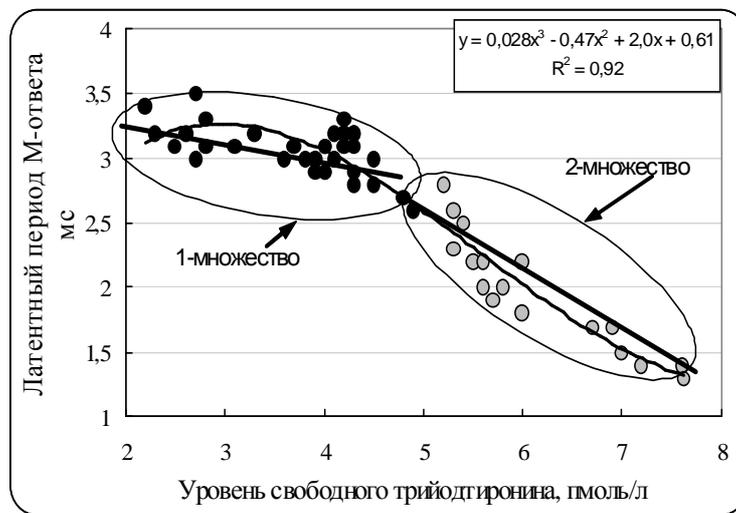


Рис. 1. Характер зависимости латентного периода М-ответа от уровня свободного трийодтиронина у крыс с эутиреоидным статусом.

В целостном вариационном ряду зависимость «ЛПП –  $T_3$ » в выделенных ранее двух множествах описывается уравнением прямой линии при статистически достоверных значениях ( $p < 0,05$ ) коэффициентов корреляции Пирсона:

$$ЛПП = - 0,15 [T_3] + 3,6 \text{ - при } b_{x/y} = - 0,15 \pm 0,036 \text{ (} p = 0,00024\text{);}$$

$$ЛПП = - 0,48 [T_3] + 4,9 \text{ - при } b_{x/y} = - 0,48 \pm 0,054 \text{ (} p = 2,4E-07\text{).}$$

Различия между коэффициентами регрессии в двух уравнениях статистически значимы ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, латентный период генерации М-ответа существенным образом зависит от уровня циркулирующего свободного трийодтиронина: при росте концентрации  $T_3$  латентный период укорачивается с нарастающей степенью выраженности. Это свидетельствует о неравноценности эффективности регуляторного действия трийодтиронина в начале и конце физиологической шкалы концентрации трийодтиронина.

Вторым параметром М-ответа является значение максимальной амплитуды его восходящей фазы (волны). Поскольку условия регистрации М-ответа максимально стандартизировались, то приобретал смысл анализ характера зависимости между амплитудой М-волны ( $E_{\text{макс.}}$ ) и уровнем циркулирующего трийодтиронина у крыс с эутиреоидным статусом (рис. 2). Регрессионный анализ показал, что между этими показателями имеется определенная связь, описываемая уравнением прямой линии:

$E_{\text{макс.}} = 0,12 [T_3] + 3,2$  при  $b_{x/y} = 0,12 \pm 0,02$  ( $p = 6,6E-05$ ) и коэффициенте корреляции Пирсона  $0,63 \pm 0,12$  ( $p < 0,01$ ).

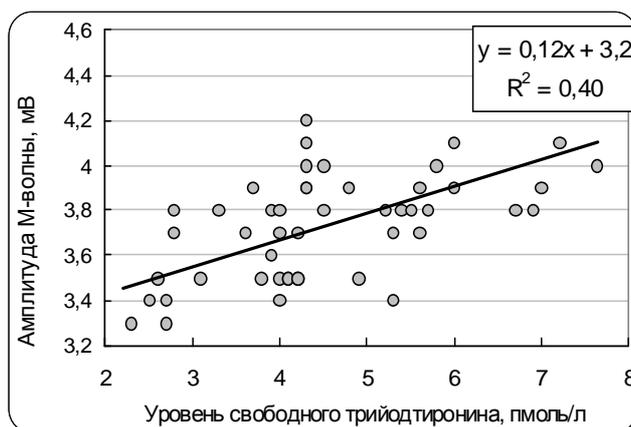


Рис. 2. Зависимость амплитуды восходящей волны М-ответа от уровня трийодтиронина у крыс с эутиреоидным статусом.

Попытка выделить в целостном вариационном ряду с помощью ранее использованных методов независимые множества не оправдалась. В табл. 2 приведены сводные результаты анализа амплитуды М-волны в рамках всего диапазона физиологических колебаний трийодтиронина и в рамках его отдельных секторов – начале и конце. Видно, что средняя величина  $E_{\text{макс.}}$  у крыс с эутиреоидным статусом в целостном вариационном ряду составила  $3,73 \pm 0,04$  мВ, а в отдельных секторах соответственно  $3,66 \pm 0,044$  мВ в начале диапазона концентраций  $T_3$  и  $3,87 \pm 0,051$  мВ в конце диапазона. Разница, следовательно, составила  $+0,21 \pm 0,07$  ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2

**Значение амплитуды восходящей волны М-ответа у белых крыс с эутиреоидным статусом в разных диапазонах концентрации циркулирующего свободного трийодтиронина**

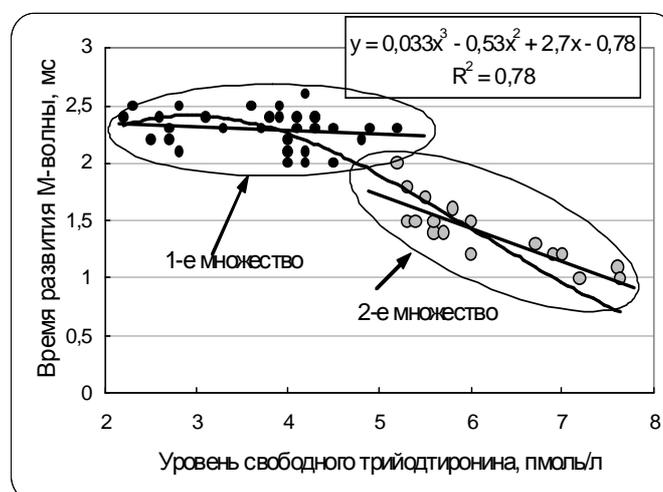
Статистический показатель	Диапазон концентрации свободного трийодтиронина, пмоль/л		
	Весь диапазон	Поддиапазоны	
	2,2–7,6	2,2–4,9	5,2–7,6
среднее значение, мВ	3,73	3,66	3,87
стандартная ошибка	0,04	0,044	0,051
стандартное отклонение	0,261	0,254	0,213
дисперсия	0,068	0,064	0,045
уровень значимости для W-теста Шапиро-Уилка	$p = 0,31$ нормальное распределение	$p = 0,16$ нормальное распределение	$p = 0,41$ нормальное распределение
кол-во вариант	50	33	17

Характер распределения значений  $E_{\text{макс.}}$  как в целостном вариационном ряду, так и в его отдельных частях описывался нормальным законом (W-тест Шапиро-Уилка).

Третьим параметром М-ответа является время развития положительной М-волны –  $t_{\text{волны}}$ . Цифровой материал представлен в табл. 3. Видно, что в целостном вариационном ряду значение показателя времени составило  $1,98 \pm 0,066$  мс при высоком стандартном отклонении. Последнее свидетельствует о возможном существовании нескольких независимых множеств. Кроме того, распределение данных в целостном ряду не соответствовало нормальному закону, что также является косвенным признаком неоднородности целостной совокупности. График рассеивания точек показан на рис. 3, а характер зависимости « $t_{\text{волны}} - T_3$ » описывается полиномиальным кубическим уравнением:  $t_{\text{волны}} = 0,033 [T_3]^3 - 0,53 [T_3]^2 + 2,36 [T_3] - 0,78$ . Коэффициент регрессии составил 0,88 при  $p = 3,5E-06$  и статистически значимых членах уравнения.

**Значение времени формирования восходящей волны М-ответа у белых крыс с эутиреоидным статусом в разных диапазонах концентрации циркулирующего свободного трийодтиронина**

Статистический показатель	Диапазон концентрации свободного трийодтиронина, пмоль/л		
	Весь диапазон 2,2–7,6	Поддиапазоны	
		2,2–4,9	5,2–7,6
среднее значение, мс	1,98	2,29	1,40
стандартная ошибка	0,066	0,03	0,067
стандартное отклонение	0,47	0,16	0,28
дисперсия	0,22	0,025	0,077
уровень значимости для W-теста Шапиро-Уилка	p = 0,059 нормальное распределение	p = 0,077 нормальное распределение	p = 0,67 нормальное распределение
кол-во вариант	50	33	17



**Рис. 3. Характер зависимости времени развития положительной волны М-ответа от уровня свободного трийодтиронина у крыс эутиреоидной группы.**

Использование кластерного, регрессионного и дисперсионного анализа позволило выделить в целостной совокупности два независимых множества, располагающихся в начале и конце физиологической шкалы концентраций трийодтиронина. Среднее значение времени  $t_{волны}$  в поддиапазоне «2,2–4,9 пмоль/л» составило  $2,29 \pm 0,03$  мс, а в поддиапазоне «5,2–7,6 пмоль/л»  $1,04 \pm 0,067$  мс, или на 39% больше ( $p = 1,33E-11$ ). Различие дисперсий также было статистически достоверно ( $p = 0,0036$ ).

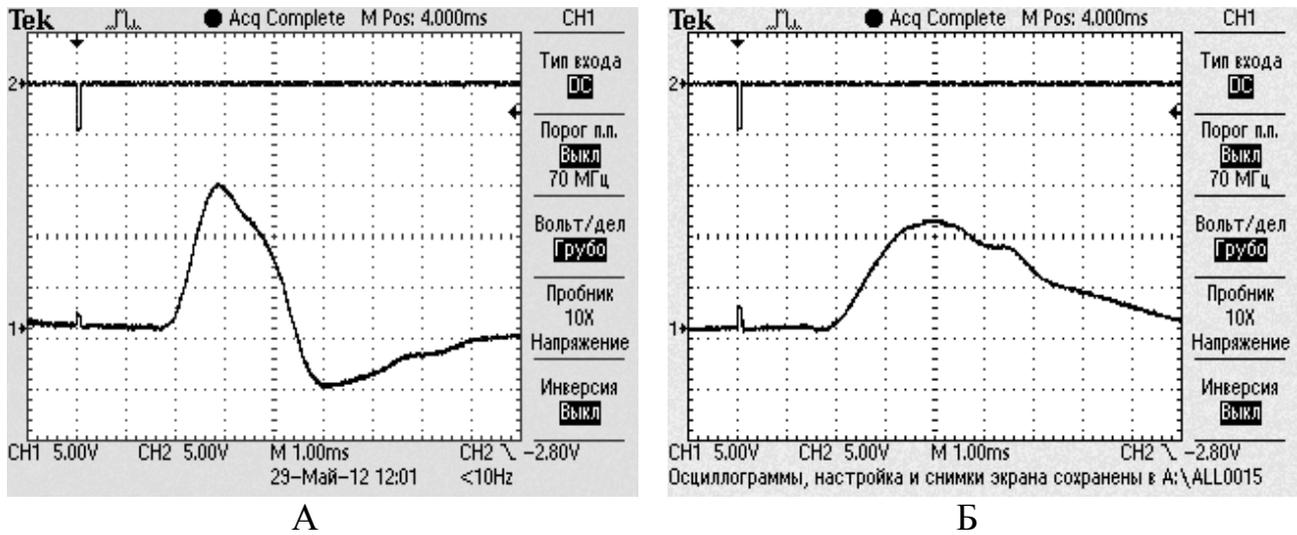
В выделенных множествах характер зависимости « $t_{волны}$ – $T_3$ » описывался уравнением прямой линии:

$t_{волны} = - 0,044 [T_3] + 2,5$  – при  $r = 0,21 \pm 0,16$  ( $p = 0,23$ ) и  $b_{xy} = - 0,044 \pm 0,037$  ( $p = 0,246$ ) в диапазоне «2,2–4,9 пмоль/л»;

$t_{волны} = - 0,28 [T_3] + 3,1$  – при  $r = 0,86 \pm 0,09$  ( $p < 0,01$ ) и  $b_{xy} = - 0,28 \pm 0,04$  ( $p = 1,06E-05$ ) в диапазоне «5,2–7,3 пмоль/л».

Следует обратить внимание на тот факт, что вариационные ряды практически всех показателей легко разделяются минимум на два множества и располагаются приблизительно в одних и тех же участках шкалы концентрации трийодтиронина – по умолчанию в диапазонах «2,2–4,9 пмоль/л» и «5,2–7,3 пмоль/л».

На рис. 4 приведены образцы записей-оригиналов М-ответов у двух крыс контрольной группы, иллюстрирующие, во-первых, различия латентных периодов генерации М-ответа, во-вторых, различия времени формирования положительной М-волны, и, в-третьих, отличия в максимальной амплитуде М-ответа и его формы.



**Рис. 4. Образцы записей М-ответов переднеберцовой мышцы белых крыс с эутиреоидным статусом.**

*Примечание:* на **А** – время развития положительной М-волны составило 1,0 мс, а латентный период М-ответа – 1,8 мс; на **Б** – время развития положительной М-волны составило 2,2 мс, а латентный период – 1,8 мс; использовался цифровой запоминающий осциллограф TDS2004С.

Таким образом, свободный трийодтиронин эндогенного происхождения является эффективным регулятором важных параметров возбудимости скелетной мышцы – латентного периода генерации М-ответа, его максимальной амплитуды и скорости развития восходящей М-волны. В рамках физиологической шкалы колебаний уровня свободного трийодтиронина выраженность регуляторного эффекта гормона претерпевает изменения: в начале физиологической шкалы гормон обладает слабым влиянием на регулируемые параметры сократительного акта, а к концу диапазона – эффект существенно нарастает. Последнее обстоятельство позволяет предположить существование феномена неравномерности физиологического эффекта трийодтиронина в разных участках шкалы концентрации.

Полученные результаты, с нашей точки зрения, могут быть связаны с особенностями действия тиреоидных гормонов на скелетную мышцу. Так, в литературе приводятся убедительные данные в пользу положительного влияния гипертиреоидных состояний на плотность  $\text{Na}^+$ -каналов в плазматической мембране [8, 9, 13] и продолжительность нахождения их в открытом состоянии в момент деполяризации мембраны мышечного волокна [12, 13], а также на активность и концентрацию молекул  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазы в мембранах саркоплазматического ретикулума, сродство контрактильного аппарата мышечного волокна к ионам  $\text{Ca}^{2+}$ , синтез миофибриллярных белков [6, 11], активность АТФазы миозина, определяющей тип мышечного волокна и его скоростные характеристики [1].

В основе отмеченного нами факта удлинения латентного периода генерации «М-ответа» при тяжелой форме тиреотоксикоза может лежать эффект тиреоидных гормонов на продолжительность латентного периода и длительности моносинаптического ответа [3], а также латентного периода потенциала действия и его амплитуды при непрямом раздражении мышцы [5]. Наконец, по мнению некоторых авторов, нарушение нервно-мышечной передачи под влиянием избыточных концентраций тиреоидных гормонов в организме может возникать по причине качественных или количественных изменений в холинорецепторной системе [6], недостатка ацетилхолина в пресинаптических терминалях или затруднения его выброса [3], а также изменения активности холинэстеразы [2, 4].

Таким образом, характер действия гормонов щитовидной железы на функциональное состояние нервно-мышечной системы в условиях эутиреоидного статуса определяется уровнем циркулирующего свободного трийодтиронина. При этом выявлена неравномерность функционального эффекта трийодтиронина в разных участках шкалы его физиологической концентрации.

### Выводы

1. Свободный трийодтиронин эндогенного происхождения при состоянии эутиреоза является эффективным регулятором основных параметров М-ответа скелетной мышцы белых крыс: латентного периода его генерации, максимальной амплитуды М-волны и скорости развития ее восходящей фазы;

2. В рамках физиологической шкалы концентрации регуляторный эффект гормона характеризуется разной функциональной активностью: в начале физиологической шкалы (2,2–4,9 пмоль/л) трийодтиронин обладает слабым влиянием на возбудимость скелетной мышцы, а к концу диапазона (5,2–7,0 пмоль/л) эффект существенно нарастает (до 39%).

### Список литературы

1. Валиуллин В. В. Нейротрофический контроль скелетных мышц у гипертиреозных животных / В. В. Валиуллин // Вопросы нейробиологии. – Казань, 1987. – Т. 68. – С. 48–53.

2. Гайдина Г. А. К характеристике состояния нервно-мышечной передачи при экспериментальном тиреоидиновом токсикозе / Г. А. Гайдина, Л. М. Гольбер, Г. Н. Крыжановский // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1972. – № 9. – С. 24–27.

3. Гольбер Л. М. Патогенез двигательных расстройств при тиреотоксикозе / Г. А. Гайдина, В. Я. Игнатков, М. Н. Алиев / Под ред. Л. М. Гольбера. – М.: Медицина, 1980. – 208 с.

4. Казаков В. М. Двигательная иннервация мышечных волокон при тиреотоксической миопатии / В. М. Казаков // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – № 6–8. – С. 75–81.

5. Неруш П. О. Вікові особливості функціонування нервово-м'язової системи щурів за умов гіпертиреозу / П. О. Неруш, Є. А. Макій, О. Г. Родинський // Фізіол. журн. – 2001. – Т. 47, № 5. – С. 12–17.

6. Родинський О. Г. Аналіз активності холінорецепторів скелетного м'яза в умовах експериментального гіпертиреозу / О. Г. Родинський // Одеський медичний журнал. – 2001. – Т. 68, № 6. – С. 33–35.

7. Соболев В. І. Вплив експериментального атиреозу на енергетику ізометричного скорочення м'яза білого щура (дослідження *in situ*) / В. І. Соболев, Т. В. Москалець // Фізіол. журн. – 2007. – Т. 53, № 5. – С. 86–90.

8. Brodie C. Characterization of thyroid hormone effects on Na-K pump and membrane potential of cultured rat skeletal myotubes / C. Brodie, S. R. Sampson // Endocrinology. – 1988. – № 2. – P. 891–897.

9. Butler-Browne G. S. Myosin heavy and light chain expression during human skeletal muscle development and precocious muscle maturation induced by thyroid hormone / G. S. Butler-Browne, J. P. Barbet, L. E. Thornell // Anatomy and Embryology. – 1990. – Vol. 181, № 7. – P. 513–522.

10. Caroccia L. Effects of thyroid and parathyroid hormones on muscular activity / L. Caroccia, D. A. Williams, A. Wrigth et al. // Proc. Austral. Physiol. and Pharmacol. Soc. – 1988. – P. 19–71.

11. Connelly T. J. L-thyroxine activates the intracellular  $Ca^{2+}$  release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum / T. J. Connelly, R. Hayek, S. M. Ukhareva // Biochem. Mol. Biol. Int. – 1994. – Vol. 32, № 3. – P. 441–448.

12. Harris D. R. Acute thyroid hormone promotes slow inactivation of sodium current in neonatal cardiac myocytes / D. R. Harris, W. L. Green, W. Craelius // *Biochem. Biophys. Acta.* – 1991. – Vol. 1095, № 2. – P. 175–181.

13. Sampson S. R. Effects of thyroxine on transmembrane resting potentials of skeletal muscle cells in culture / S. R. Sampson, R. R. Bennett, A. Shainberg // *J. Neurosci. Res.* – 1982. – V. 8, № 4. – P. 595–601.

Поступила в редакцію 2.12.2013

Принята в печать 22.12.2013

Stanishevska T. I.<sup>1</sup>, Morozova I. N.<sup>2</sup>, Sobolev V. I.<sup>2</sup>

**DEPENDENCE CHARACTER OF WHITE RATS SKELETAL MUSCLE EXCITABILITY AT DIFFERENT AREAS OF CIRCULATING FREE TRIIODOTHYRONINE CONCENTRATION SCALE**

<sup>1</sup>Melitopol State Pedagogical University; Lenin Str., 20, Melitopol, 73312, Ukraine; e-mail: stanisch@ukr.net

<sup>2</sup>Donetsk National University; Schorsa Str., 46, Donetsk, 83050, Ukraine; e-mail: v.sobolev@mail.ru

Violation of thyroid status causes numerous changes in various parts of the neuromuscular system, which is a manifestation of their pathophysiological effect. However, it remains under-researched issue of the status of basic indicators of the neuromuscular system during growth severity of hyperthyroidism as well as in experimental athyroid. The work was aimed to find character of relationship between latent period of generation of M-response of white rats tibialis anterior muscle and circulating levels of free triiodothyronine under euthyroid status *in situ*.

Experiments were performed on 50 white mongrel adult male rats weighted about 300 g. In all animals *in situ* are measured several parameters of M-response of the tibialis anterior muscle of rat: latent period of M-response, M-wave amplitude and the time of its formation. During the experiment nerve stimulator annoyed by pulses with duration 0.1 ms at 4 Hz. After measuring the baseline index values of the animals they were decapitated and level of free triiodothyronine in blood was determined. Determination of hormone was performed using enzyme immunoassay with the «ThermoLabsystems» system and «ThyroidIFA triiodothyronine – free» (Russia) standard kits.

It was shown, that free triiodothyronine endogenous source at the state of euthyroid is the effective regulator of basic parameters of the white rats skeletal muscle M-response (latent period of its generation, maximal M-wave amplitude and speeds of its ascending phase development). Within the framework of physiological scale of concentration the regulatory effect of hormone is characterized by different functional activity: at the beginning of physiological scale (2,2-4,9 pmol/l) triiodothyronine possesses the weak influence on excitability of skeletal muscle, and by the end of range (5,2-7,0 pmol/l) the effect substantially grows (about 39%).

Thus, free triiodothyronine is effective important regulator of skeletal muscle excitability parameters – a latent period of M-response generation, its amplitude and the maximum speed of the upward – M-waves. Under physiological scale fluctuations in the level of free triiodothyronine severity of the regulatory effect of the hormone is changing: at the beginning of the scale physiological hormone has little influence on the adjustable parameters of the contractile act, but by the end of the range the effect significantly increased. The latter allows assuming the existence of the phenomenon of irregular physiological effect of triiodothyronine in different parts of the concentration scale.

*Key words:* hyperthyroidism, M-response, skeletal muscle.

**References**

1. Valiullin, V.V. (1987). Neurotrophic control of skeletal muscles at hyperthyroid animals. *Questions of neurophysiology*, 68, 48-53.
2. Gaydina, G.A., Golber, L.M., & Kriganovskiy, G.N. (1972). The characterization of the state of neuromuscular transmission in experimental thyroid toxicosis. *Bull. experimental biology and medicine*, 9, 24-27.
3. Golber, L.M., Ignatkov, V.Ya., & Aliev, M.N. (1980). Pathogenesis of movement disorders at thyrotoxicosis. Moscow, 208 p.
4. Kazakov, V.M. (1991). Motor innervations of muscle fibers in thyrotoxic myopathy. *Archive of anatomy, histology and embryology*, 6-8, 75-81.
5. Nerush, P.O., Makiy, E.A., & Rodinskyi, O.G. (2001). Age features functioning of the neuromuscular system of rats at hyperthyroidism. *Journal of Physiology*, 5(47), 12-17.
6. Rodinsky, A.G. (2001). Analysis of activity of skeletal muscle acetylcholine receptors in experimental hyperthyroidism. *Odessa Medical Journal*, 6(68), 33-35.
7. Sobolev, V.I., & Moskalets T.V. (2007). Influence of experimental atireoza the energetics of isometric contraction of the muscle of white rats. *Journal of Physiology*, 5(53), 86-90.
8. Brodie, C., & Sampson, S.R. (1988). Characterization of thyroid hormone effects on Na-K pump and membrane potential of cultured rat skeletal myotubes. *Endocrinology*, 2, 891-897.
9. Butler-Browne, G.S., Barbet, J.P., & Thornell, L.E. (1990). Myosin heavy and light chain expression during human skeletal muscle development and precocious muscle maturation induced by thyroid hormone. *Anatomy and Embryology*, 7(181), 513-522.

10. Caroccia, L., Williams, D.A., & Wriqth, A., et al. (1988). Effects of thyroid and parathyroid hormones on muscular activity. *Proc. Austral. Physiol. and Pharmacol. Soc.*, 19-71.
11. Connelly, T.J., Hayek, R., & Ukhareva, S.M. (1994). L-thyroxine activates the intracellular  $Ca^{2+}$  release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *Biochem. Mol. Biol. Int.*, 3(32), 441-448.
12. Harris, D.R., Green, W.L., & Craelius, W. (1991). Acute thyroid hormone promotes slow inactivation of sodium current in neonatal cardiac myocytes. *Biochem. Biophys. Acta*, 2(1095), 175-181.
13. Sampson, S.R., Bannett, R.R., & Shainberg, A. (1982). Effects of thyroxine on transmembrane resting potentials of skeletal muscle cells in culture. *J. Neurosci. Res.*, 4(8), 595-601.

Received: 2.12.2013

Accepted: 22.12.2013

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

1. Для публікації в науково-практичному журналі «Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону» приймаються не опубліковані раніше наукові роботи з усіх розділів біології (ботаніка, зоологія, фізіологія рослин, фізіологія людини й тварин, біофізика та ін.), які стосуються проблем екології та охорони природи.

До друку приймаються наукові статті українською, російською та англійською мовами, які мають необхідні елементи: постановка проблеми в загальному виді та її зв'язок із важливими науковими й практичними завданнями; аналіз останніх досягнень і публікацій, у яких розглянута дана проблема та на які посилається автор, виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, на рішення яких спрямована дана стаття; формулювання мети й постановка завдань; виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки із цього дослідження та перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

2. Стаття набирається в редакторі MS Word. Шрифт – Times New Roman, розмір – 12 пунктів, міжрядковий інтервал – одинарний; поля з усіх боків – 2 см; абзацний відступ – 1 см; вирівнювання – за шириною, без переносів; стиль «Звичайний». Сторінки рукопису не нумеруються. Обсяг статті (включаючи ілюстративний матеріал, таблиці, список літератури, резюме) – 5-16 сторінок.

3. Текст статті повинен відповідати структурній схемі:  
УДК (у верхньому лівому куті сторінки)

### **Ініціали й прізвище автора (-ів)**

Назва статті – **ВЕЛИКИМИ ЛІТЕРАМИ**

*Повна офіційна назва установи та її поштова адреса з індексом  
(для кожного з авторів, якщо вони представляють різні установи)  
та адреса електронної пошти*

4. Резюме (не більше 100 слів) і ключові слова подаються українською та російською мовами за зразком (розмір шрифту – 10 пунктів):

**Прізвище й ініціали автора (-ів). Назва статті.** – Текст, що повинен містити короткий виклад предмета досліджень, результатів і висновків.

*Ключові слова:* не більше 5-8 слів.

5. Розширена анотація англійською мовою, об'ємом до 1 стор. (до 3000 символів), (розмір шрифту – 12 пунктів), за таким зразком:

Прізвище й ініціали автора (-ів).

Назва статті.

Повна офіційна назва установи, її поштова адреса з індексом та адреса електронної пошти (для кожного з авторів, якщо вони представляють різні установи).

Анотація повинна містити короткий виклад структури статті (включаючи вступ, мету та завдання дослідження, методи, основні результати та висновки), оригінальною (не бути калькою російськомовної або україномовної анотації), написана якісною англійською мовою та виконувати функцію незалежного від статті джерела інформації.

*Ключові слова:* не більше 5-8 слів.

6. У тексті статті виділяють розділи: **Вступ, Матеріал і методи дослідження, Результати та обговорення, Висновки, Список літератури.**

**Подяки** подаються наприкінці статті перед списком літератури.

7. **Список літератури** наводиться згідно з правилами оформлення бібліографічного списку (ДСТУ ГОСТ 7.1:2006). *Прізвища й ініціали* авторів виділити *курсивом*. Посилання на літературні джерела подаються цифрами у квадратних дужках. Прізвища авторів у списку літератури розташовуються за абеткою. Назви робіт наводяться мовою оригіналу.

Ретельно перевірте відповідність літературних джерел у тексті й у списку. При цитуванні матеріалів і тез конференцій, з'їздів, симпозіумів і ін. обов'язково вказувати місце й дату їхнього проведення. При цитуванні видання колективу авторів вказувати ініціали й прізвище відповідального редактора.

8. Окремо наводиться перелік літературних джерел англійською. Списки російськомовних та україномовних джерел бібліографії повинні бути наведені за наступною схемою:

Автор(и) (транслітерація), рік. Назва роботи (англомовний варіант). Назва джерела (англомовний варіант), вихідні данні (цифрові, через кому). Наприклад,

**References**

Author, A.A., Author B.B., & Author, C.C. (2013). Title of article. Title of Journal, 10(2), 49-58.

9. Латинські назви *родів* і *видів* необхідно виділити *курсивом*. Перше згадування будь-якої назви організму повинне супроводжуватися повною науковою (латинською) назвою із вказівкою автора (прізвище повністю) і року опублікування (наприклад, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при наступному згадуванні прізвище автора й рік не наводяться, а назву роду можна подавати скорочено (*P. domesticus*).

10. Текст статті повинен бути ретельно перевірений, без орфографічних помилок. Скорочення слів, окрім загальноприйнятих, не допускаються або обов'язково дається їхня розшифровка.

11. Таблиці слід набирати в редакторі MS Word, розміщати в «книжковому», а не в «альбомному» форматі. У назвах граф скорочення слів є небажаним. Варто уникати занадто громіздких таблиць. Заголовок таблиці оформляється за таким зразком:

Таблиця 1

**Назва таблиці**

12. Рисунки, схеми, графіки, діаграми, фотографії в електронній формі повинні бути вставлені в текст, відразу після посилання на них (або на наступній сторінці). Підписи під рисунками – у текстовому редакторі MS Word (Рис. 1. Назва). Шрифт усіх елементів тексту на графіках і діаграмах – Times New Roman. Фотографії повинні бути якісними й контрастними. Обсяг ілюстративного матеріалу й таблиць не повинен перевищувати 30% обсягу статті.

13. Математичні формули й рівняння наводити з використанням редактора MS Equation 3.0.

14. До статті на окремих аркушах додаються: заявка із вказівкою прізвища, імені та по батькові (для кожного автора), вченого звання й наукового ступеня, повної назви й адреси організації, де виконано роботу, адреси електронної пошти (обов'язково!) і контактного телефону.

15. Якщо стаття подається англійською мовою, то додається її український або російський варіант.

16. Відповідальність за зміст статей і якість рисунків несуть автори.

17. Рукопис проходить незалежне анонімне рецензування фахівцями на предмет наукової цінності статті, її відповідності профілю й вимогам журналу. За рекомендацією рецензентів редколегія ухвалює рішення щодо можливості й умов опублікування статті. Редакційна колегія залишає за собою право редагувати текст за узгодженням з авторами.

Усі матеріали направляйте електронною поштою за адресою: **eco99@i.ua** або **shtirts@i.ua**

**Адреса редакції:**

Біологічний факультет ДонНУ,  
вул. Щорса, 46, к. 310, м. Донецьк, 83050  
Відп. редактор: к.б.н. Штірц Артур Давидович  
Тел.: +38 (050) 240-78-02

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

2. Статья набирается в редакторе MS Word. Шрифт – Times New Roman, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

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

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

### **Инициалы и фамилия автора (-ов)**

#### **Название статьи – ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ**

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

4. Резюме (не более 100 слов) и ключевые слова подаются на украинском и русском языках по образцу (размер шрифта – 10 пунктов):

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

*Ключевые слова:* не более 5-8 слов.

5. Расширенная аннотация на английском языке, объемом до 1 стр. (до 3000 символов), (размер шрифта – 12 пунктов), по образцу:

Фамилия и инициалы автора (-ов).

Название статьи.

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

Аннотация должна содержать краткое изложение структуры статьи (включая введение, цель и задачи исследования, методы, основные результаты и выводы), оригинальной (не быть калькой русскоязычной или украиноязычной аннотации), написана на качественном английском языке, и выполнять функцию независимого от статьи источника информации.

*Ключевые слова:* не более 5-8 слов.

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

**Благодарности** подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с новыми правилами оформления библиографического списка (ДСТУ ГОСТ 7.1:2006). *Фамилии и инициалы* авторов выделить *курсивом*. Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках. Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др.

обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

8. Отдельно приводится список литературных источников на английском языке. Списки русскоязычных и украиноязычных источников библиографии должны быть приведены по следующей схеме:

Автор(ы) (транслитерация), год. Название работы (англоязычный вариант). Название источника (англоязычный вариант), выходные данные (цифровые, через запятую). Например,

**References**

Author, A.A., Author B.B., & Author, C.C. (2013). Title of article. Title of Journal, 10(2), 49-58.

9. Латинские названия *родов* и *видов* необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования (например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

10. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических ошибок. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно даётся их расшифровка.

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

Таблица 1

**Название таблицы**

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

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

14. К статье на отдельных листах прилагаются: заявка с указанием фамилии, имени и отчества (для каждого автора), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (обязательно!) и контактного телефона.

15. Если статья подается на английском языке, то прилагается её украинский или русский вариант.

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

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

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: [eco99@i.ua](mailto:eco99@i.ua) или [shtirts@i.ua](mailto:shtirts@i.ua)

**Адрес редакции:**

Биологический факультет ДонНУ,

ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 83050

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

Тел.: +38(050) 240-78-02

## RULES FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

### Initials and surname of the author(s)

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

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

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

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

Surname and initials of the author(s).

The title of the article.

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

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

Key words: no more than 5-8.

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

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

6. Bibliographic **references** in English should be added to the article. Lists of sources in Ukrainian and Russian should be given according to the following example:

Author(s), year. The title of the article (in English). The name of information source (in English), basic data (digital, separated by commas). For example,

### References

Author, A.A., Author B.B., & Author, C.C. (2013). Title of article. Title of Journal, 10(2), 49-58.

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

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

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

**Title of the Table**

10. Figures, graphs, diagrams, photos in electronic form should be inserted in the text immediately after the reference to them (or on the next page). The legend is placed under the graph in MS Word (Fig. 1. Legend). All the elements of the text in the graphs and diagrams must be typed in Times New Roman font. The pictures must be of high quality and contrast. The volume of illustrations should not exceed 30% of the article.

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

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

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

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

All the materials are to be sent to: **eco99@i.ua** or **shtirts@i.ua**

**Editorial office address:**

Biological faculty of Donetsk National University

Schorsa Str., 46/310

Donetsk, 83050

UKRAINE

Managing editor: PhD in biology, Arthur Shtirts

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

Науково-практичний журнал

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ

№ 1 (13)

(українською, російською та англійською мовами)

Засновник: Донецький національний університет

Свідоцтво про державну реєстрацію: КВ № 15948-4419Р від 27.10.2009 р.

Оригінал-макет: А. Д. Штірц

Обкладинка: М. В. Максимович

Адреса редакції:

Біологічний факультет

Донецького національного університету,

вул. Щорса, 46, к. 310, м. Донецьк, 83050

E-mail: [eco99@i.ua](mailto:eco99@i.ua) або [shtirts@i.ua](mailto:shtirts@i.ua)

Електронна версія журналу розміщена на сайтах:

<http://irbis-nbuv.gov.ua>

<http://r.donnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/855>