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 (10)

Заснований у 1999 р.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

Научно-практический журнал

№ 1 (10)

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

№ 1 (10)

Founded in 1999

Донецьк ДонНУ 2010

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону / Голов. ред. С. В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 1 (10). – 289 с.

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.

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона / Глав. ред. С. В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2010. – № 1 (10). – 289 с.

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.

Problems of ecology and nature protection of technogenic region / Editor-in-Chief S. V. Bespalova. – Donetsk: DonNU, 2010. – № 1 (10). ─ 289 p.

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

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

Редакційна колегія

С. В. Беспалова, проф., д-р фіз.-мат. наук **(*голов. редактор*); О. С. Горецький**, проф., д-р біол. наук **(*заст. голов. редактора*)**; **А. С. Алемасова**, проф., д-р хім. наук; **М. І. Бойко**, проф., д-р біол. наук; **О. З. Глухов**, член-кор. НАН України, проф., д-р біол. наук; **О. З. Злотін**, проф., д-р біол. наук; **О. Г. Калінкін**, проф., д-р мед. наук; **В. А. Максимович**, проф., д-р мед. наук; **В. М. Остапко**, проф., д-р біол. наук; **В. А. Романенко**, проф., д-р біол. наук; **В. І. Соболев**, проф., д-р біол. наук; **В. Н. Сокрут**, проф., д-р мед. наук; **М. М. Сухомлин**, проф., д-р біол. наук; **В. М. Шаталов**, проф., д-р фіз.-мат. наук; **М. М. Ярошенко**, проф., д-р біол. наук; **А. Д. Штірц**, доц., канд. біол. наук **(*відп. секретар*)**.

Editorial Board

S. V. Bespalova (Editor-in-Chief), O. S. Goretsky (Associate Editor), A. S. Alemasova, M. I. Boiko, A. Z. Glukhov, A. Z. Zlotin, O. G. Kalinkin, V. A. Maximovich, V. M. Ostapko, V. A. Romanenko, V. I. Sobolev, V. N. Sokrut, M. N. Sukhomlin, V. M. Shatalov, N. N. Yaroshenko, A. D. Shtirts (Executive Secretary).

Атестований ВАК України. Журнал включено до нового 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.: (062) 304-61-86; (050) 240-78-02

E-mail: eco99@i.ua або shtirts@i.ua

Електронна версія журналу розміщена на сайті:

www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/peop

© Обкладинка М. В. Максимовича

© Донецький національний університет, 2010

ЗМІСТ

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Беспалова С. В., Горецький О. С., Глухов О. З., Максимович В. О., Злотін О. З., Говта М. В., Маркіна Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Машталер О. В., Федотов О. В., Штірц А. Д. Визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища **9**

ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ

Глухов О. З., Агурова І. В., Прохорова С. І., Хархота Г. І. Життєздатність популяцій *Silene supina* M. Bieb. в умовах відвалів вугільних шахт Донбасу **26**
Глухов О. З., Володарець С. О. До вивчення фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища **34**
Аверчук А. С. Раритетні види ліхенофлори Донецької області **40**
Гнатюк Н. Ю. До вивчення флори басейну річки Кринки (басейн річки Міус) **47**
Жуков С. П. Флорокомплекси техногенних екосистем Донбасу **57**
Крохмаль І. І., Пугачова А. Ю. Особливості анатомічної будови листка видів роду *Hemerocallis* L. в умовах інтродукції на Південному Сході України **62**
Лялюк Н. М., Омельяненко М. Ю. Видове різноманіття водоростей планктону ставків м. Донецька **74**
Миколайчук В. Г. Морфолого-біологічні особливості кореневищ *Cyperus esculentus* L. при інтродукції в Північному Причорномор'ї **79**
Павлова М. О., Качур Л. Ю. *Iris pseudacorus* L. в культурі відкритого ґрунту на південному сході України **86**
Сафонов А. І. Первинний скринінг насінного банку фітоіндикаторів техногенних навантажень на едафотопи Донбасу **92**
Чиркова О. В. Структура лісосмуг як складових елементів екологічної мережі **97**

ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ

Жуков О. В., Кунах О. М., Коновалова Т. М. Фодересфера сліпаків (*Spalax microphthalmus*) **105**
Іліка Р. В. Панцирні кліщі (Acariformes, Oribatei) природних і антропогенних екосистем Чернівецької області **124**
Кульбачко Ю. Л., Дідур О. О., Лоза І. М. Особливості формування фауни ґрунтових безхребетних в антропотехногенних умовах Криворіжжя **128**
Маслодудова К. М., Макарова О. М., Бурим Т. Л., Семенова О. В. Особливості біології *Demodex folliculorum* та його розповсюдження серед населення міст Макіївка і Донецьк **133**
Міхєєв О. В. Інформаційно-значущий простір: оцінка діапазону сприйняття тваринами середовищної інформації (на прикладі ссавців) **142**
Прокопенко О. В., Жуков О. В. Структура населення павуків (Aranei) степової цілини в урочище Яцев Яр (Дніпропетровська область) **151**
Усова З. В., Рева М. В., Семушин Р. Д. До систематики мошок роду *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) південного сходу України **158**
Федоненко О. В., Шарамок Т. С. Антропогенний вплив важких металів на екосистему Запорізького (Дніпровського) водосховища **173**
Ярошенко М. М. Стаціальний розподіл панцирних кліщів у Липовій балці регіонального ландшафтного парку «Зуївський» (Донецька область) **178**

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

Бутюгін О. В., Гнеденко М. В., Узденніков Н. Б., Зубкова Ю. М. Способи рекультивації териконів **184**
Вєтрова О. В., Стародубова Г. О. Порівняльне вивчення фізіолого-біохімічних показників нових гібридів гливи звичайної **190**
Древаль К. Г., Семилетова О. С., Бойко С. М., Бойко М. І. Пектолітична активність штамів вищих базидіальних грибів – активних продуцентів целюлозолітичних ферментів **195**
Сичов П. А., Ткаченко Н. П. Вивчення біорізноманіття деяких їстівних базидіоміцетів та інтродукція їх у культуру **200**
Федотов О. В., Перцевой М. С. Мікотестування забруднення навколишнього середовища фенолом **208**

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

Беспалова С. В., Максимович В. О., Говта М. В. Неусвідомлюване і усвідомлюване в психіці **214**
Білобров В. М. Деякі біофізичні аспекти самоорганізації і старіння клітини **221**
Говта М. В. Дерматогліфічні малюнки населення екокризових територій **228**
Доценко О. І. Влив низькочастотної вібрації на процеси агрегації альбуміну у водному розчині **233**
Зінченко А. О., Шаталов В. М. Вплив дегазації при центрифугуванні на вміст глюкози в крові **240**
Нецветов М. В., Корнієнко В. О. Вплив листя на динамічні характеристики *Acer saccharinum* L. та *Acer ibericum* Bieb. **246**
Шаталов В. М., Нога І. В., Зінченко А. О., Бункин Н. Ф. Вплив газових нанобульбашок на електропровідність чистої води **252**

Кокіна І. В., Тарапата М. І., Кустов Д. Ю. Поведінкові реакції щурів з моделлю атопічного дерматиту до та після трансплантації ембріональних стовбурових клітин .. **258**
Кустов Д. Ю., Кравцов П. Я., Кокіна І. В., Сюсюк Н. В. Грумінгова активність самців білих щурів з моделлю ревматоїдного артриту **263**
Романенко В. О., Горецький О. С. Особливості фізичного стану у тривожних і нетривожних жінок **268**
Станішевська Т. І., Соболєв В. І. Характеристика кореляційних зв'язків у системі «гіпофіз – щитоподібна залоза» у людини в межах фізіологічної норми **273**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ **284**

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Беспалова С. В., Горецкий О. С., Глухов А. З., Максимович В. А., Злотин А. З., Говта Н. В., Маркина Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова Е. Н., Сафонов А. И., Машталер А. В., Федотов О. В., Штирц А. Д. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды **9**

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Глухов А. З., Агурова И. В., Прохорова С. И., Хархота А. И. Жизнеспособность популяций *Silene supina* M. Bieb. на отвалах угольных шахт Донбасса **26**
Глухов А. З., Володарец С. А. К изучению фитонцидной активности древесных растений в условиях урбанизированной среды **34**
Аверчук А. С. Раритетные виды лихенофлоры Донецкой области **40**
Гнатюк Н. Ю. К изучению флоры бассейна реки Крынки (бассейн реки Миус) **47**
Жуков С. П. Флорокомплексы техногенных экосистем Донбасса **57**
Крохмаль И. И., Пугачева А. Ю. Особенности анатомического строения листа видов рода *Hemerocallis* L. в условиях интродукции на юго-востоке Украины **62**
Лялюк Н. М., Омельяненко М. Ю. Видовое разнообразие водорослей планктона прудов г. Донецка **74**
Миколайчук В. Г. Морфолого-биологические особенности корневищ *Cyperus esculentus* L. при интродукции в Северном Причерноморье **79**
Павлова М. А., Качур Л. Ю. *Iris pseudacorus* L. в культуре открытого грунта на юго-востоке Украины **86**
Сафонов А. И. Первичный скрининг семенного банка фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса **92**
Чиркова О. В. Структура лесополос как составных элементов экологической сети ... **97**

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

Жуков А. В., Кунах О. Н., Коновалова Т. П. Фодересфера слепышей (*Spalax microphthalmus*) **105**
Илика Р. В. Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) природных и антропогенных экосистем Черновицкой области **124**
Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Лоза И. М. Особенности формирования фауны почвенных беспозвоночных в антропотехногенных условиях Криворожья **128**
Маслодудова Е. Н., Макарова Е. Н., Бурым Т. Л., Семенова Е. В. Особенности биологии *Demodex folliculorum* и его распространение среди населения городов Макеевка и Донецк **133**
Михеев А. В. Информационно-значимое пространство: оценка диапазона восприятия животными средовой информации (на примере млекопитающих) **142**
Прокопенко Е. В., Жуков А. В. Структура населения пауков (Aranei) степной целины в урочище Яцев Яр (Днепропетровская область) **151**
Усова З. В., Рева М. В., Семушин Р. Д. К систематике мошек рода *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) юго-востока Украины **158**
Федоненко Е. В., Шарамок Т. С. Антропогенное влияние тяжелых металлов на экосистему Запорожского (Днепровского) водохранилища **173**
Ярошенко Н. Н. Стациальное распределение панцирных клещей в Липовой балке регионального ландшафтного парка «Зуевский» (Донецкая область) **178**

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Бутюгин А. В., Узденников Н. Б., Гнеденко М. В., Зубкова Ю. Н. Способы рекультивации терриконов **184**
Ветрова Е. В., Стародубова А. А. Сравнительное изучение физиолого-биохимических показателей новых гибридов вешенки обыкновенной **190**
Древаль К. Г., Семилетова А. С., Бойко С. М., Бойко М. И. Пектолитическая активность штаммов высших базидиальных грибов – активных продуцентов целлюлозолитических ферментов **195**
Сычёв П. А., Ткаченко Н. П. Изучение биоразнообразия некоторых съедобных базидиомицетов и интродукция их в культуру **200**
Федотов О. В., Перцевой М. С. Микотестирование загрязнения окружающей среды фенолом **208**

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

Беспалова С. В., Максимович В. А., Говта Н. В. Неосознаваемое и осознаваемое в психике **214**
Билобров В. М. Некоторые биофизические аспекты самоорганизации и старения клетки **221**
Говта Н. В. Дерматоглифические рисунки населения экокризисных территорий **228**
Доценко О. И. Влияние низкочастотной вибрации на процессы агрегации альбумина в водном растворе **233**
Зинченко А. А., Шаталов В. М. Влияние дегазации при центрифугировании на содержание глюкозы в крови **240**
Нецветов М. В., Корниенко В. О. Влияние листьев на динамические характеристики *Acer saccharinum* L. и *Acer ibericum* Bieb. **246**
Шаталов В. М., Нога И. В., Зинченко А. А., Бункин Н. Ф. Влияние газовых нанопузырьков на электропроводность чистой воды **252**

Кокина И. В., Тарапата Н. И., Кустов Д. Ю. Поведенческие реакции крыс с моделью атопического дерматита до и после трансплантации эмбриональных стволовых клеток **258**
Кустов Д. Ю., Кравцов П. Я., Кокина И. В., Сюсюк Н. В. Груминговая активность самцов белых крыс с моделью ревматоидного артрита **263**
Романенко В. А., Горецкий О. С. Особенности физического состояния у тревожных и нетревожных женщин **268**
Станишевская Т. И., Соболев В. И. Характеристика корреляционных связей в системе «гипофиз – щитовидная железа» у человека в пределах физиологической нормы **273**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ **284**

CONTENTS

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY

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. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors **9**

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

Glukhov O. Z., Agurova I. V., Prokhorova S. I., Kharkhota G. I. *Silene supine* M. Bieb. population viability in the coalmine dump environment of Donets Basin **26**
Glukhov A. Z., Volodarez S. A. To the study of the phytoncide activity of woody plants in the urban environment **34**
Averchuk A. S. Rare species of lichen flora of Donetsk region **40**
Gnatyuk N. Yu. Concerning the study of the Krynka River basin flora (the Mius River basin) **47**
Zhukov S. P. The floristic complexes of technogenic ecosystem of Donbass **57**
Krokhmal I. I., Puhachova A. Yu. Peculiarities of leaf anatomic structure in the species of the *Hemerocallis* L. genus in the conditions of introduction in the South-East of Ukraine **62**
Lyalyuk N. M., Omelyanenko M. J. The species diversity of planktonic algae of ponds of Donetsk **74**
Mikolajchuk V. G. Morphological-biological features of rhizomes of plant *Cyperus esculentus* L. introduction in Northern Black Sea Coast **79**
Pavlova M. A., Kachur L. Yu. *Iris pseudacorus* L. in culture of the open ground in the Southeast of Ukraine **86**
Safonov A. I. Initial screening of seed bank of phytoindicators of technogenic pressure on edaphotopes in Donbass **92**
Chirkova O. V. The structure of the forest shelter belts as the components of the ecological network **97**

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Zhukov A. V., Kunach O. N., Konovalova T. M. Foderespera of the mole rats (*Spalax microphthalmus*) **105**
Ilika R. V. Oribatid mites (Acariformes, Oribatei) of natural and anthropogenic ecosystems in Chernivtsi region **124**
Kulbachko Yu. L., Didur O. A., Loza I. M. Features of forming an invertebrate fauna in technogen environment (Kriviy Rig) **128**
Maslodudova E. N., Macarova E. N., Burim T. L., Semenova E. B. On special biology *Demodex folliculorum* features and its distribution among the population of Makeywka and Donetsk **133**
Mikheyev A. V. Information-Meaningful Space: evaluation of animals' perception range of environmental information (on the mammals' example) **142**
Prokopenko E. V., Zhukov A. V. The structure of the spider (Aranei) community of the steppe virgin land in Yatsev Yar (Dnepropetrovsk region) **151**
Usova Z. V., Reva M. V., Semushin R. D. On systematics of blackflies genus of *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) of the South-East of Ukraine **158**
Fedonenko O. V., Sharamok T. S. Anthropogenic influence of heavy metals on ecosystem of Zaporozhian Reservoir **173**
Yaroshenko N. N. Station distribution of oribatid mites in the Lime ravine of Regional Landscape Park «Zuevsky» (Donetsk region) **178**

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Butjugin A. V., Gnedenko M. V., Uzdennikov N. B., Zubkova J. N. The methods of reclamation of spoil heaps **184**
Vetrova E. V., Starodubova A. A. Comparative investigation of physiology-biochemist indexes of the new hybrids of *Pleurotus ostreatus* **190**
Dreval K. G., Semiletova A. S., Boyko S. M., Boyko M. I. Pectolytic activity of higher basidiomycetes – active producers of cellulolytic enzymes **195**
Sychev P. A., Tkachenko N. P. Study of biodiversity fungi and introduction of culture mushrooms **200**
Fedotov O. V., Pertsevoy M. S. The mycological testing of environmental pollution by phenol **208**

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

Bespalova S. V., Maksimovich V. A., Govta N. V. Unrealized and realized in a psyche ... **214**
Bilobrov V. M. Some biophysics aspects of cell self-organization and senescence **221**
Govta N. V. Dermatoglyphics pictures of the population of ecocrisis territories **228**
Dotsenko O. I. Influence of low-frequency vibration on processes albumin aggregation at the aqueous solutions **233**
Zinchenko A. A., Shatalov V. M. Effect of degassing in a centrifuge at the level of glucose in the blood **240**
Netsvetov M. V., Kornienko V. O. Leaves effect on dynamic characteristics of *Acer saccharinum* L. и *Acer ibericum* Bieb. **246**
Shatalov V. M., Noga I. V., Zinchenko A. A., Bunkin N. F. Gas nanobubbles effect on electrical conductivity of pure water **252**

Kokina I. V., Tarapata M. I., Kustov D. Yu. Behavioral reactions in rats with atopic dermatitis model prior to and after embryonic stem cell transplantation **258**
Kustov D. Yu., Kravtsov P. Ya., Kokina I. V., Syusyuk N. V. Grooming acticvity in male white rats with rheumatoid arthritis model **263**
Romanenko V. A., Goretsky O. S. Features of the anxious and non-anxious women physical state **268**
Stanishevska T. I., Sobolev V. I. Character of the correlation in the system «hypophysis – thyroid» at man within the limits of physiological norm **273**

GUIDELINES FOR AUTHORS **284**

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. Глухов, В. О. Максимович, О. З. Злотін, М. В. Говта, Т. Ю. Маркіна, Н. М. Лялюк, К. М. Маслодудова, А. І. Сафонов, О. В. Машталер, О. В. Федотов, А. Д. Штірц

ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГІВ ЧУТЛИВОСТІ БІОІНДИКАТОРІВ НА ДІЮ ЕКОЛОГІЧНО НЕСПРИЯТЛИВИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

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

Беспалова С. В., Горецький О. С., Глухов О. З., Максимович В. О., Злотін О. З., Говта М. В., Маркіна Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Машталер О. В., Федотов О. В., Штірц А. Д. **Визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища. –** За результатами проведених досліджень, які спрямовані на вирішення актуальних завдань діагностики та нормування в системі контролю якості середовища, визначені пороги чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів довкілля. Сформовано базу даних характеристик щодо порогової чутливості біоіндикаторів (водоростей, грибів, мохоподібних, квіткових рослин, кліщів, комах та психофізіологічного стану людини) на дію екологічно несприятливих факторів.

Ключові слова: пороги чутливості, біоіндикація, стан довкілля.

Вступ

Підґрунтям для виконання пропонованої роботи є результати наших попередніх досліджень, які спрямовані на вирішення актуальних завдань діагностики та нормування в системі контролю якості середовища [1-4]. Незважаючи на глобальну атрактивність концепцій біомоніторингу, нормованих критичних навантажень та стійкості екосистем, оцінка чинників середовища пов’язана з багатьма невизначеностями. Реалізація кваліметричної програми для промислового регіону вимагає наявності репрезентативної бази даних за максимальною кількістю чинників та характеристик стану середовища, що мають локалізацію та можливість оцінювання за довго- та короткостроковою динамікою.

Біологічні методи широко використовуються в системі моніторингу стану довкілля, основними елементами якого є біоіндикація і біотестування. Вони значно відрізняються від інших, особливо інструментальних методів, невисокою коштовністю в поєднанні з можливістю одночасного вивчення великих територій, а також відносною простотою інтерпретації результатів [5-8]. Окрім того, біоіндикаційні дослідження дозволяють використовувати інформацію та оцінювати режим тих впливів, які у момент спостереження можуть мати нульову активність [9].

Екологічне нормування передбачає встановлення нормативів якості довкілля, яке ґрунтується на концепції пороговості шкідливої дії. Тому наступним етапом у вирішенні завдань у системі контролю якості середовища було визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів довкілля.

Матеріал і методи дослідження

Для досліджень порогів чутливості водоростей-індикаторів використані альгологічні проби фітопланктону водойм м. Донецька та Донецької області, зібрані у вегетаційні періоди. Аналіз складу видів проводили методами світлової мікроскопії з використанням загальновизнаних методик визначників для прісних та солоних вод України [10-15]. При визначенні складу діатомових водоростей виготовляли постійні препарати із середовищем Ельяшева [16]. Екологічний аналіз включав визначення пристосування виду до біотопу, умов pH та солоності, реофільності, галобності. Для створення бази даних порогів чутливості використані систематичні схеми, прийняті в «Algae of Ukraine» [17, 18].

Об'єктом дослідження серед базидіоміцетів був штам F-610 гриба *Flammulina velutipes*. Для вивчення динаміки росту й інтенсивності процесів ПОЛ штам F-610 культивували поверхнево на глюкозо-пептонному середовищі об'ємом 50 мл у колбах Erlenmeyer ємністю 250 мл при температурі 27,5°С протягом 20 діб. Початкове pH живильного середовища 6,0-6,5 од. Ріст штаму оцінювали за накопиченням біомаси (абсолютно сухий міцелій) ваговим методом [19, 20]. Для оцінки активності процесів ПОЛ використовували тест із тіобарбітуровою кислотою – ТБК-тест. Метод заснований на визначенні кількості забарвленого продукту, який має максимум поглинання в червоному видимому спектрі при 532 нм. Забарвлений продукт утворюється в результаті взаємодії двох молекул ТБК з однією молекулою малонового діальдегіду (МДА) – одного з вторинних продуктів ПОЛ. Встановлено, що реакцію з ТБК дає не тільки МДА, а й багато інших карбонільних сполук, які утворюються під час ПОЛ. Тому разом їх називають ТБК-активні продукти (ТБК-АП) [21]. Вміст продуктів ПОЛ у міцелії та культуральному фільтраті (КФ) визначали на 5, 10, 15 і 20-ту добу культивування. Для отримання гомогенату (МГ) міцелій відділяли від КФ і розтирали в ступці при +5°С. Суміш центрифугували при 3000 об/ хв. протягом 10 хвилин. Визначали вміст продуктів ПОЛ у мікологічному матеріалі в присутності 20% трихлороцтової кислоти. Вміст ТБК-АП перераховували на вміст у наномолях МДА на 1 г (мл) маси досліджуваного матеріалу [21]. pH розчинів визначали потенціометричним методом.

Вивчення флористичних і геоботанічних показників мохоподібних проводили методом маршрутних досліджень і на стаціонарних ділянках. Гербарні зразки визначали стандартним порівняльно-морфологічним методом за визначниками та флорами, а також за окремими монографічними обробками. Ідентифікацію мохоподібних та анатомо-морфологічні дослідження проводили за допомогою бінокулярних мікроскопів та стереоскопічного мікроскопу за загальноприйнятою методикою [22]. Використовували окуляри зі збільшенням 15× та об'єктиви зі збільшенням 8× і 20× з апертурою 0,20 і 0,65 відповідно. Усі експерименти, описи та відбір зразків мохоподібних і ґрунту проводили у 5-х повторностях, аналізуючи не менше 50 гаметофітів досліджуваних мохоподібних.

Визначення комбінованого ефекту промислового забруднення на рослини було проведено на рослинах *Dactylis glomerata* L., *Bromus arvensis* L. та *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, що висаджували в квітні на пробних площах, які характеризувалися різним ступенем техногенного навантаження на природне середовище, а саме на територіях підприємств: металургійної промисловості – Єнакіївський металургійний завод (ЄМЗ) та Донецький металургійний завод (ДМЗ); хімічної промисловості – підприємство «Макрохім» та Макіївский хімічний комбінат (МХК); коксохімічної промисловості – Авдіївський коксохімічний завод (АКХЗ), Єнакіївський коксохімпром (ЄКХП) та «Донецькккокс» (ДК). Насінний матеріал збирали в контрольних фонових умовах у с. Дронівка Артемівського району Донецької обл. (контроль) у кількості 1000 плодів кожного виду. Плоди всієї вибірки для кожного виду окремо перемішували між собою, таким чином формували гомогенізовану однорідну вибірку насінного матеріалу рослин, для яких раніше було доведено індикаційні властивості [23], тобто рослин-індикаторів. Таким чином було сформовано моніторингові дослідження при вирощуванні тест-рослин за дії окремих ксенобіотиків та їх комбінацій. Встановлення відповідних реакцій рослин та діагностику типу комбінованого впливу здійснювали на основі отриманих результатів та очікуваних для кожного типу промисловості реакцій рослин на дію комплексного фактору токсичного забруднення. Будову рослинного організму вивчали за морфологічними показниками: максимальній кількості утворених за два вегетаційні сезони (з квітня до жовтня наступного року) пагонів для кущових злаків *Dactylis glomerata* L., *Bromus arvensis* L. та *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, а також за допомогою лінійних приладів визначали максимальні розміри діаметру проективного покриття окремих кущів злаків у межах пробної ділянки. Кількість пагонів і діаметр проективного покриття куща, що утворюються за два роки з однієї насінини, розраховували у 10-кратній повторності для кожної окремої дослідної ділянки.

Проаналізовано матеріал по панцирних кліщах, зібраний на техногенних катенах: териконах шахт «Трудівська», ім. М. Горького, «Панфіловська», № 5/6, № 29 м. Донецька, шахт № 12 і 30 м. Шахтарська та відвалах Новотроїцького доломітного комбінату. Отримані дані порівняно з контрольними ділянками, у якості яких обрано природні катени: байрачну балку лісопарку «Путилівський ліс» м. Донецька та степову балку відділення Українського природного степового заповідника «Хомутовський степ». Збір ґрунтових проб та вигонку кліщів проводили за загальноприйнятою методикою Е. М. Буланової-Захваткіної [24]. Видову належність панцирних кліщів встановлювали при мікроскопіюванні за допомогою мікроскопу PZO (Польща). При цьому використовували визначники [25-29], а також статті з першоописами видів. Для дослідження структури домінування угруповань панцирних кліщів використовували індекс домінування за шкалою Г. Енгельмана [30], де E – еудомінант (>40%), D – домінант (12,5-39,9%), SD – субдомінант (4,0-12,4%), R – рецедент (1,3-3,9%), SR – субрецедент (<1,3%). Розподіл угруповань панцирних кліщів за життєвими формами наведений відповідно до робіт Д. О. Криволуцького [27, 31]. Для оцінки екологічного різноманіття угруповань панцирних кліщів досліджуваних ділянок використано інформаційно-статистичний індекс Шеннона [32].

У дослідах використовували гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда одного часу виходу з яєць. Для досліджень було обрано стабільно високу за життєздатністю породу шовковичного шовкопряда Білококонна-2 поліпшена (Б-2 пол.). Протягом 2009-2010 років було проведено 3 серії дослідів. Брали широкий діапазон концентрацій фосфор-органічного інсектициду фосфаміду (від 0 до 0,1 мг/л), що забезпечило загибель гусениць від 0 до 100%. Кожна концентрація випробовувалась у 5-кратній повторності (по 30 гусениць-мурашів). Для визначення практичних меж чутливості біоіндикатору гусениць-мурашів використовували метод сухої плівки. Спостереження за загибеллю гусениць-мурашів проводили до початку загибелі гусениць у контролі. Під час проведення досліду освітлення було природнім, температура повітря в термостаті – +25°С, вологість повітря – 90%. Облік загиблих гусениць проводили щодня [33, 34].

Проведено аналіз психофізіологічного стану мешканців Петровського, Київського, Пролетарського та Кіровського районів м. Донецька. Обстежено 100 осіб, які довгостроково (більше 10 років) мешкали на техногенно-трансформованих територіях. Обстеженими були студенти біологічного факультету Донецького національного університету у віці 18-24 років, у яких загальноприйнятими методами визначали психофізіологічні показники. Для визначення порогів чутливості психофізіологічних показників людини було вивчено стан показників прийняття рішень, концентрації уваги, швидкості переробки інформації (ШПІ), психофізіологічної адаптивності, короткочасної пам'яті. Зміни порогів чутливості визначали за результатами мінімальної реакції (вірогідній зміні) психофізіологічних показників з урахуванням шкали екологічної шкідливості району обстеження [4].

Результати досліджень оброблено за допомогою загальноприйнятих статистичних методів та пакетів прикладних програм: Excel, Statgraph 5.0, Statistica 6.0, SPSS 11.5 for Windows.

Результати та обговорення

Визначення порогів чутливості до дії факторів середовища водоростей видів-індикаторів водойм Донбасу.

Аналіз літературних джерел свідчить, що дослідження порогів чутливості водоростей проводяться у досить обмеженому колі. Так, наявні джерела стосуються головним чином дії факторів забруднення радіонуклідами, важкими металами, нафтопродуктами [35-40]. До того ж основні методики визначення порогів базуються на біотестування на засадах однофакторного експерименту в умовах лабораторії [41, 42]. Однак відомо, що в умовах комплексного забруднення отримані результати не мають частіше реального проектування й потребують досить тривалого й неоднозначного експериментального підтвердження. Тому визначення порогів чутливості до дії факторів забруднення для водоростей повинні

починатися з визначення порогів базових чинників, таких як температура, pH води, динамічність води, мінералізація тощо, тому що часто саме ці фактори є основними вирішальними для існування виду. Тому одним із завдань роботи стало формування бази даних характеристик щодо порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічних факторів у несприятливих умовах водного середовища м. Донецька та Донецької області.

Для м. Донецька і Донецької області складені списки видів-індикаторів забруднення водойм з вказанням порогових значень для низки екологічних факторів (температури, pH, мінералізації, динамічності вод, сапробності та ін.). За базами даних є можливість визначення основних характеристик водойми. На рис. 1 представлені результати апробації аналізу на прикладі визначення кислотності водойми (перший міський ставок м. Донецька) за пороговими значеннями домінуючих видів-індикаторів. Як видно з рис. 1, в угрупованнях водоростей дослідженого об'єкту переважну більшість складають види водоростей-індиферентів (широка екологічна валентність) та алкаліфіли (pH від 6 до 10).

На рис. 2-4 представлені результати дослідження порогових значень для водоростей-індикаторів р. Кальміус за трьома факторами середовища. Як видно з рис. 2, в угрупованнях водоростей переважали помірно температурні (10-30°C) види й велику кількість складали види, що пристосовані до існування у широкому діапазоні температур (від 0 до 30°C).

Помірно температурними були такі види: *Navicula radiosa* Kütz і *Cymbella cymbiformis* Ag., а як еврітермні в базі вказані *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *N. gracilis* Hant. У визначених раніше видах трапляються і теплолюбні, а саме: *Synechocystis aguatili*s Sauv.

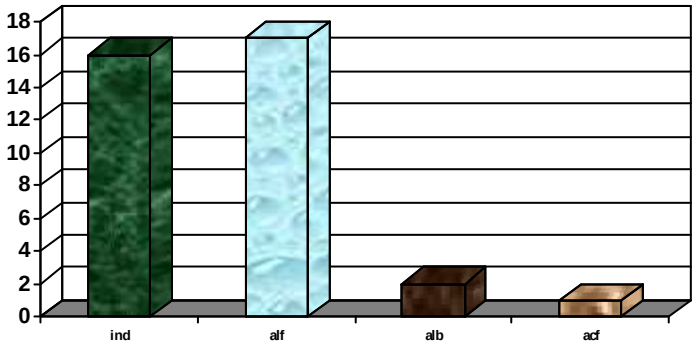


Рис. 1. Приклад розподілу видів за групами кислотності у порогових градаціях (ставки м. Донецька): ind – індифернент та/або нейтрофіл; alf – алкаліфіл; alb – алкалібіонт; acf – ацидофіл.

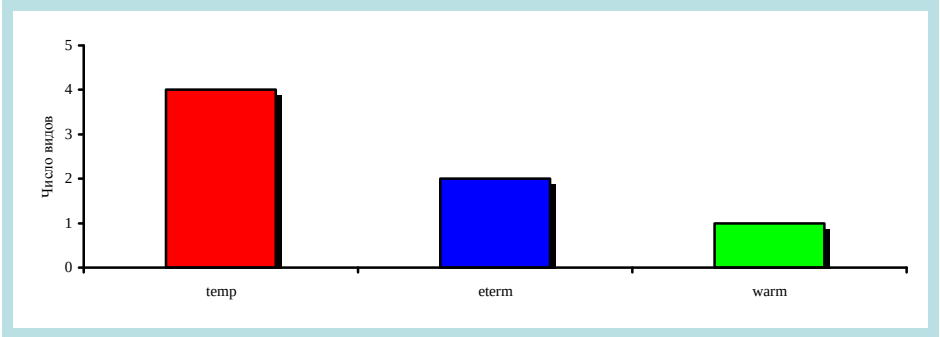


Рис. 2. Розподіл видів-індикаторів за групами порогових значень температури (А): temp – помірні або індиферентні, eterm – еврітермні, warm – теплолюбні.

За умовами субстрату в угрупованнях переважали планктонно-бентосні види та бентосні, тобто пристосовані до умов товщі води або до певного субстрату (каміння, інших вищих рослин, черепашок молюсків та ін.) (рис. 3).

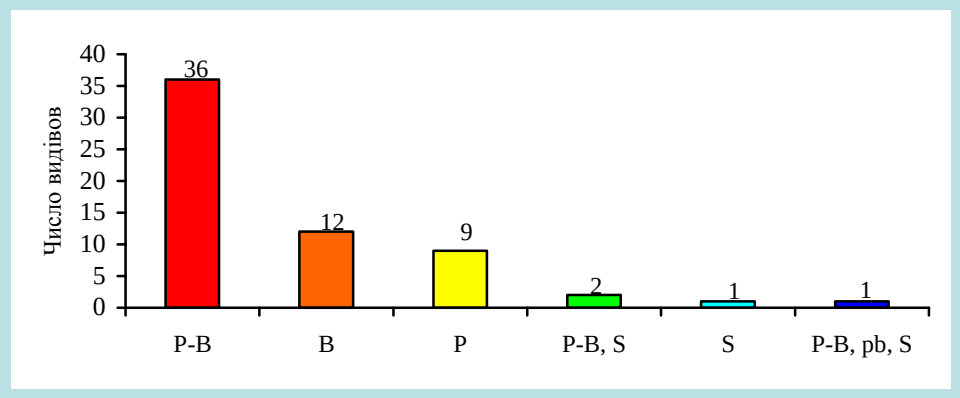


Рис 3. Розподіл видів-індикаторів за групами порогових значень біотопів р. Кальміус: бентос на (*B*), ґрунтові (*S*), фікобіонти (*pb*), планктонно-бентосні (*P-B*), планктонні (*P*), епіфітні (*Ep*) та перифітонні (*pr*).

Планктонно-бентосні форми домінували за кількістю видів. Пояснити цей факт можна тим, що досліджена річка Кальміус має невелики глибини, що сприяє просторовому наближенню місцезростань представників планктону і бентосу й утворенню змішаних форм, таких як *Merismopedia tenuissima* Lemmerm., *Oscillatoria limosa* Ag., *Euglena clara* Skuja, *Monoraphidium irregulare* (G. Sm.) Kom.-Legn. in Fott, *Acutodesmus pectinatus* (Meyen) P. Tsarenko comb. nova var. *pectinatus*. Суто бентосними були такі види, як *Caloneis amphisbaena* (Bory) A. Cleve. *Gyrosigma spenceri* (J. T. Quekett) Griffith et Henfr. Фікобіонтною виявилась *Chlorella vulgaris* Beijer., яка має широку екологічну валентність щодо умов субстрату.

На рис. 4 представлений аналіз умов мінералізації. Встановлено, що у р. Кальміус переважають олігогалобні та мезагалобні види (порог чутливості до концентрації розчинних солей від 0,5-5 до 5-18 ‰).

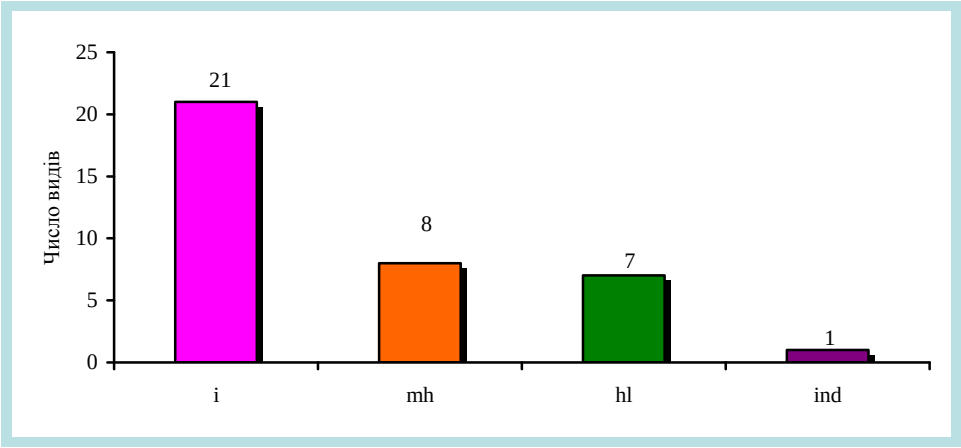


Рис. 4. Розподіл видів-індикаторів за групами порогових значень солоності (С): I – олігогалоб, mh – мезогалоб, hl – галофіл, ind – індифферент на прикладі р. Кальміус.

Acutodesmus acuminatus (Lagerch.) Hegew. et Hanagata, *Pediastrum boryanum* (Turpin) Menegh. var. *boryanum* та ін. були відмічені як олігогалобні. Друге місце за кількістю видів посідала група мезогалобних видів (*Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansg. var. *minimum*, *Dictyosphaerium ulchellum* Woodw., *Cymbella turgidula* Grunow in A. Schmidt et al.).

Галофільні види були також широко представлені. Серед цієї групи в угрупованнях фітопланктону р. Кальміус траплялися *Chaetoceros muelleri* Lemmerm., *Oscillatoria limosa* Ag. та інші види.

Отримані результати дають підстави сказати, що види-індикатори водойм м. Донецька здебільшого мають широку екологічну валентність, тобто добре пристосовані до несприятливих умов середовища й здатні витримувати значне забруднення.

Визначення порогу чутливості штаму F-610 Flammulina velutipes до фенолу.

За даними річних моніторингових досліджень екологічного стану контрольних та дослідних територій Донецької області з впровадженням мікологічних способів встановлено, що активність каталази та рівень процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) міцелію плодових тіл грибів *Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus* вірогідно залежать від місця збору плодових тіл. Рівень накопичення продуктів ПОЛ – сумарна реакція організму на дію факторів довкілля, а гриб *Flammulina velutipes* має більш виражену реакцію на такі впливи.

Виходячи з вищезазначеного, метою роботи було вивчити вплив фенолу на інтенсивність процесів ПОЛ культури *Flammulina velutipes* і на основі цих показників визначити поріг чутливості штаму F-610 до фенолу.

Штам культивували 5 діб, після цього в колби вносили фенол у кінцевій концентрації 0,01%. Результати представлені на рис. 5.

Виявлено вірогідний вплив фенолу в цій концентрації на вміст продуктів ПОЛ як у міцелії, так і в культуральному фільтраті. Максимальна кількість продуктів ПОЛ у міцелії зафіксована на 24 годину експозиції фенолу і перевищувала цей показник у контролі в 1,6 рази; у культуральному фільтраті – на 72 годину і зросла порівняно з контролем у 2,16 рази.

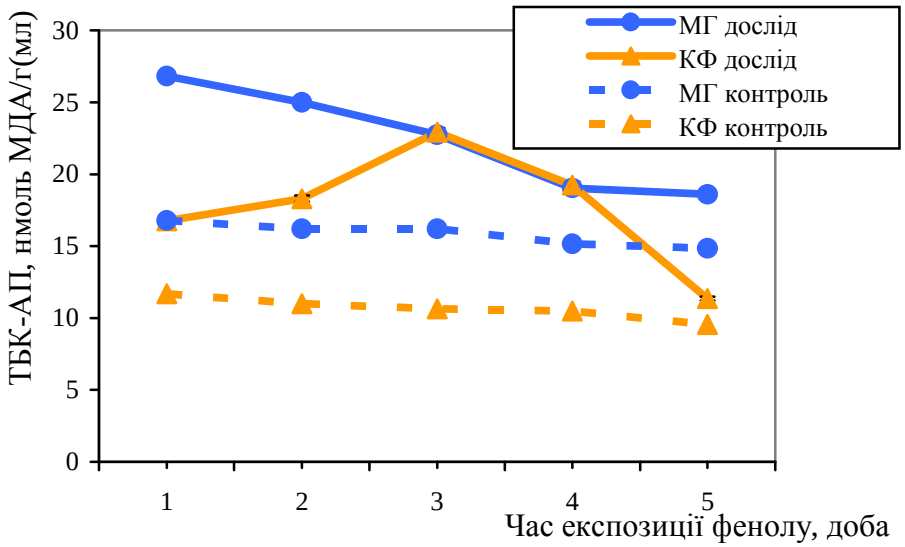


Рис. 5. Вміст продуктів ПОЛ штаму F-610 залежно від часу експозиції фенолу в концентрації 0,01%.

Вплив різних концентрацій фенолу від 0,005 до 0,15% на інтенсивність процесів ПОЛ штаму F-610 визначали через 24 години експозиції полютанту (рис. 6). Обрані концентрації перевищують ГДК фенолу, які становлять 0,01 мг/м^3 у повітрі та 0,001 мг/дм^3 у воді.

Результати досліду показали, що зміна вмісту продуктів ПОЛ в культуральній рідині при концентрацій фенолу 0,005% порівняно з контролем не є вірогідною. Отже, поріг чутливості на фенол – найменша величина параметра, яку може фіксувати штам F-610, є концентрація 0,01%. При цій концентрації вміст продуктів ПОЛ у міцелії перевищує контрольний у 1,6 рази, а у культуральній рідині – у 1,4 рази. Максимальна кількість продуктів ПОЛ у міцелії була зафіксована при концентрації фенолу 0,05%, а у

культуральному фільтраті – при концентрації 0,15%. Подальше підвищення концентрації фенолу у середовищі до 0,3% веде до пригнічення процесів перекисного окиснення ліпідів в міцелії та зменшення вмісту їх продуктів у культуральній рідині.

Таким чином, міцеліальні культури *F. velutipes* мають достовірний відгук на дію фенолу, що вказує на можливість їх використання для мікологічного тестування забруднення навколишнього середовища цим полютантом.

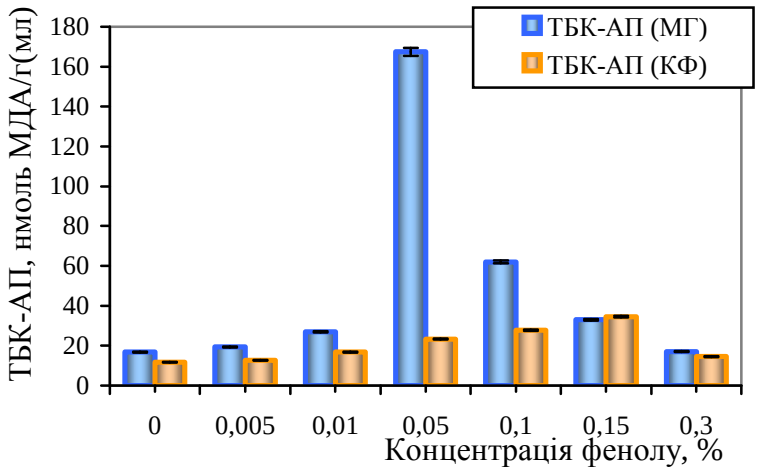


Рис. 6. Вплив різних концентрацій фенолу на вміст продуктів ПОЛ штаму F-610 *Flammulina velutipes.*

Визначення порогів чутливості до дії факторів середовища бріофлори.

Бріофлора є вагомим компонентом екосистем, який істотно впливає на мікроклімат місцезростань, на ріст і відновлення судинних рослин, відіграє важливу роль у регуляції водного режиму і процесах ґрунтоутворення. Мохоподібним характерна широка екологічна амплітуда, але вони тісно пов'язані з певним поєднанням екологічних факторів. Як і інші рослини, мохи займають місцезростання в залежності від норми реакції видів на дію факторів навколишнього середовища – світла, вологи, температури, хімічного й механічного складу субстрату та ін.

Особливості місцезростань є основним критерієм виділення екологічних груп мохоподібних. Треба зазначити, що для поширення кожного виду також мають значення регіональні особливості, оскільки екологічні характеристики видів у різних регіонах не завжди збігаються: один і той же вид може належати до різних екологічних груп.

Провідним екологічним фактором у розповсюдженні рослин є зволоження місцезростань. З'ясовано, що провідне місце в екологічній структурі мохоподібних південного сходу України належить мезоксерофітам (55,26%). Друге місце за кількістю представників належить мезофітам (31,58%). Ксерофіти представлені трьома видами мохоподібних (7,89%). Мезогігрофіти (5,26%) трапляються на вологих місцях, берегах струмків та в умовах антропогенних екотопів на незадернованих ґрунтах, стінах колодязів. Представники інших екологічних груп (гігрофіти, гігрогідрофіти, гідрофіти) на обстежених територіях нами поки що знайдені не були (рис. 7).

Трофність субстрату (багатство субстрату елементами живлення) – один з найважливіших факторів, що впливає на поширення мохоподібних. Залежно від вимог щодо вмісту в субстраті елементів живлення виділено такі групи мохоподібних: оліготрофи, олігомезотрофи, мезотрофи, мезоевтрофи та евтрофи. Поживність субстрату визначали за рослинами-індикаторами трофності. Найчисельнішою є група мезотрофів (50,00%), що, головним чином, характерно для бріофлори лісостепу та лісосмуг антропогенного походження. Найменше представлені мезоевтрофні види, евтрофні – відсутні (рис. 8).

Набір відповідних адаптацій та широта межі витривалості визначають розповсюдження видів, можливість їх існування у даній природній зоні [43, 44].

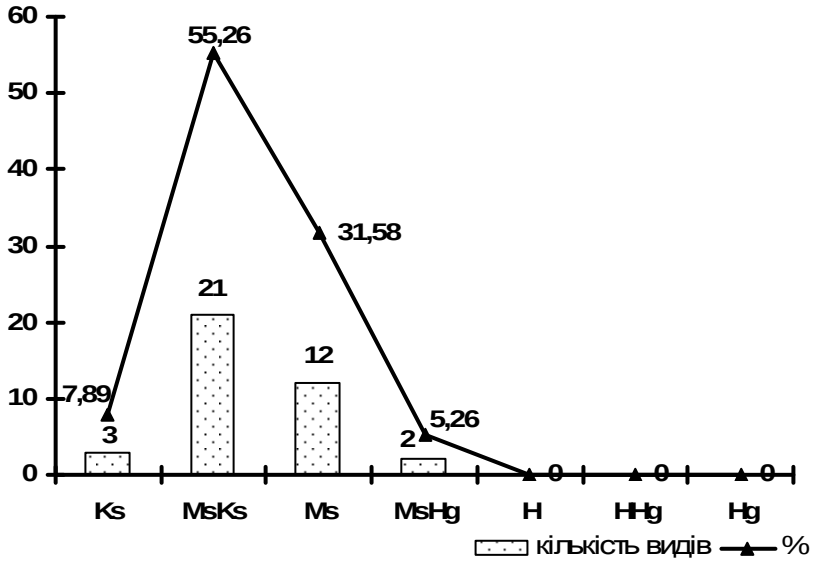


Рис. 7. Екологічні групи мохоподібних південного сходу України за відношенням до зволоження: Ks – ксерофіти; MsKs – мезоксерофіти; Ms – мезофіти; MsHg – мезогігрофіти; H – гігрофіти; HHg – гігрогідрофіти; Hg – гідрофіти.

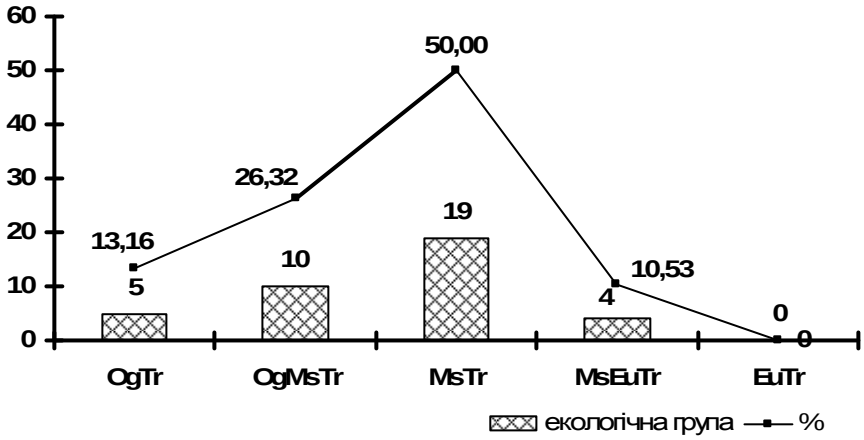


Рис. 8. Екологічні групи мохоподібних південного сходу України за відношенням до трофності субстрату: OgTr – оліготрофи; OgMsTr – олігомезотрофи; MsTr – мезотрофи; MsEuTr – мезоевтрофи; EuTr – евтрофи.

Визначення порогів чутливості до дії факторів середовища рослин-індикаторів.

У табл. 1 представлено результати підрахунку кількості пагонів для рослин-індикаторів під час завершення експерименту.

Таблиця 1

Специфіка пагоноутворення тест-індикаторів

Пробна площа	Кількість пагонів, шт.		
	Dactylis glomerata	*Bromus arvensis*	*Bromopsis inermis*
ЄМЗ	2,7	2,8	1,7
ДМЗ	1,5	2,0	1,5
Макрохім	7,8	9,5	6,0
МХК	7,0	9,7	7,3
АКХЗ	3,1	4,2	3,9
ЄКХП	3,3	3,5	3,9
ДК	3,0	4,0	3,8
Контроль	14,5	16,3	15,0

Середнє значення кількості пагонів на територіях підприємств металургійної промисловості складає 2,04, хімічної – 7,89, коксохімічної – 3,64; у контролі – 15,27 шт.

У табл. 2 представлено результати розміру проективного покриття куща, утвореного однією насіниною наприкінці експерименту.

Таблиця 2

Метричні показники проективного покриття фітоіндикаторів

Пробна площа	Діаметр проективного покриття, см		
	Dactylis glomerata	*Bromus arvensis*	*Bromopsis inermis*
ЄМЗ	3,4	3,0	3,4
ДМЗ	3,8	3,0	3,1
Макрохім	4,0	4,1	3,4
МХК	4,2	4,4	3,0
АКХЗ	5,0	5,3	5,7
ЄКХП	5,1	4,7	5,9
ДК	4,4	4,0	4,2
Контроль	8,3	9,9	7,1

Середній розмір діаметру проективного покриття кущових злаків на територіях підприємств металургійної промисловості складає 3,29, хімічної – 3,85, коксохімічної – 4,93; у контролі – 8,44 см.

Позитивний ефект проявляється в тому, що запропонований спосіб дозволяє інтегровано оцінити комбінований ефект промислового забруднення в польових умовах при використанні рослин-індикаторів. За допомогою такого розрахунку можна визначати ступінь токсичного впливу на даній території та специфіку забруднення відповідно до окремих підприємств-забруднювачів.

Використання способу дозволить більш детально здійснювати програми токсикологічного моніторингу та експертизи на об'єктах промислового забруднення, діагностики та корекції екологічного стану у промислових районах, що розпочато нами раніше [45].

Визначення порогів чутливості до дії факторів середовища угруповань панцирних кліщів.

У результаті проведеного аналізу складу та екологічної структури угруповань панцирних кліщів техногенних та природних ландшафтів визначено показники для оцінки порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища (табл. 4).

Встановлено, що різні форми антропогенного навантаження впливають на розподіл угруповань й екологічну структуру населення орибатид та призводить до змін основних синекологічних показників: середньої щільності населення, видового багатства, структури домінування, співвідношення життєвих форм та індексу екологічного різноманіття Шеннона.

Характеризуючи окремі синекологічні показники угруповань панцирних кліщів техногенних ландшафтів, слід відзначити, що середня щільність населення орибатид становить 1-5 тис. екз./м^2 та рідко перевищує цей показник. Для порівняння: на контрольних ділянках цей показник зазвичай перевищує 20 тис. екз./м^2.

Видове багатство угруповань техногенних ділянок у цілому зазвичай не перевищує 10-15 видів для окремої позиції катени, тоді як на контрольних ділянках – більше 20 видів (інколи перевищує 30 видів).

Таблиця 4

Оцінка порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища за основними синекологічними показниками угруповань панцирних кліщів

Синекологічні показники	Бали					
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Середня щільність населення	Кліщи в пробах відсутні	< 1000 екз./м^2	1000-5000 екз./м^2	6000-10000 екз./м^2	11000-20000 екз./м^2	> 20000 екз./м^2
Видове багатство	Кліщи в пробах відсутні	< 5 видів	5-10 видів	11-15 видів	16-20 видів	> 20 видів
Структура домінування	Кліщи в пробах відсутні	1-2 види-еудомінанти (E) (інших видів дуже мало або відсутні)	1 вид еудомінант (E), 1-2 домінанти з високим % домінування, рідкисних видів (R+SR) мало або відсутні	еудомінанти (E) відсутні, 3-4 домінанти з високим % домінування, субрецеденти (SR) відсутні	домінантів (D) багато, є субрецеденти (SR)	домінантів (D) багато з низьким % домінування, багато рідкисних видів (R+SR)
Співвідно-шення життєвих форм	Кліщи в пробах відсутні	Угруповання представлено лише однією життєвою формою	Угруповання представлено двома або трьома життєвими формами, розподіл між ними дуже нерівномірний, явне домінування однієї форми	Угруповання представлено трьома життєвими формами, розподіл між ними нерівномірний	Угруповання представлено чотирма життєвими формами, розподіл між ними відносно рівномірний	Угруповання представлено всіма життєвими формами, розподіл між ними відносно рівномірний
Індекс екологічного різноманіття Шеннона	Кліщи в пробах відсутні	< 1,0	1,0-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	> 2,5

У структурі домінування орибатид техногенних катен зазвичай спостерігається явне домінування одного-двох видів (еудомінанти) та практична відсутність рідкісних видів (рецедентів та субрецедентів). На елювіальних позиціях катен дуже часто кліщі взагалі відсутні або трапляються лише поодинокі особини в окремих пробах. На контрольних ділянках зазвичай багато домінуючих видів з низьким відсотком домінування та багато рідкісних видів, особливо субрецедентів.

Угруповання панцирних кліщів техногенних ділянок представлені двома або трьома життєвими формами (а інколи навіть однією), але розподіл між ними дуже нерівномірний: спостерігається явне домінування представників найбільш екологічно пластичної неспеціалізованої форми, здатних до існування в найбільш екстремальних едафічних умовах. На контрольних ділянках населення орибатид представлено всіма життєвими формами з відносно рівномірним розподілом між основними групами.

Інформаційно-статистичний індекс екологічного різноманіття Шеннона в техногенних ландшафтах зазвичай не перевищує 1,0-2,0, тоді як у контролі цей показник вище 2,0-2,5 (інколи більш ніж 3).

Встановлено, що значний вплив на структуру угруповань панцирних кліщів техногенних катен має не тільки позиція техногенної катени (вершина, схил або підніжжя), а і наявність й характер рослинної підстилки (у першу чергу загальне проективне покриття рослинністю і потужність підстилки). Також важливою характеристикою при цьому є щільність і характер субстрату й рівень його зволоженості. Основні синекологічні характеристики угруповань варіюють і за сезонами року. У цілому для техногенних ділянок характерні низькі показники чисельності й видового багатства орибатид, які зумовлені

екстремальними гідротермічними умовами (особливо низькою вологістю і її високою щільністю) та низьким проективним покриттям рослинності.

Основу комплексів орибатид техногенних ландшафтів становлять види, що відносяться до групи неспеціалізованих форм, наприклад, такий екологічно пластичний вид, як *Tectocepheus velatus*, а також ряд інших видів, що відносяться до цієї життєвої форми.

Основні синекологічні показники структури угруповань панцирних кліщів досліджених техногенних катен ще далекі від еталонних, характерних для непорушених екосистем, структура їх комплексів незбалансована і для її відновлення повинно пройти ще багато часу.

Визначення порогів чутливості гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до дії токсикантів.

Експериментально визначені пороги чутливості біоіндикатору до дії фосфорорганічних інсектицидів та синтетичних перетроїдів. Запропоновано спосіб визначення меж чутливості біоіндикатору до стресору (наприклад, гусениць-мурашів шовковичного шовкопряду *Bombyx mori* L. до токсиканту), який включає дію декількох концентрацій, що відрізняється тим, що нижня межа чутливості біоіндикатору визначається як перша вірогідна відмінність прояву відповідних реакцій біоіндикатору на дозу подразника у порівнянні з контролем, а верхня межа чутливості – як перша концентрація, що забезпечує відповідь на дію дози стресора близьку до 99,9% особин популяції біоіндикатору [46].

Середні результати вивчення чутливості (% загибелі) гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до різних доз розчину фосфаміду наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Чутливість гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до різних доз розчину фосфаміду (за % загиблих)

№ п/п	Концентрація фосфаміду, мг/л	Кількість загиблих за днями спостережень, %			
		1	2	3	4
1	контроль	0	0	0	2,8 ± 1,4
2	0,001	0	0	2,8 ± 1,4	20,1 ± 2,2
3	0,004	0	0	5,2 ± 1,7	41,1 ± 3,3
4	0,008	0	6,5 ± 3,9	28,1 ± 3,1	79 ± 3,1
5	0,01	0	15 ± 3,8	38,7 ± 3,1	89,8 ± 4,7
6	0,04	7,3 ± 3,3	41 ± 4,2	84 ± 5,2	97,4 ± 3,7
7	0,08	19,7 ± 2,1	72,6 ± 4,1	96 ± 4,4	100
8	0,1	42,3 ± 4,5	88 ± 3,6	100	-

Представлені дані можуть слугувати основою для розрахунків чутливості популяцій до різних доз інсектициду, але практично це можливо лише у разі необхідності розрахунку ефекту загибелі від доз, що викликають загибель гусениць в межах напівлетальної. Для цього будують графік залежності ефекту загибелі від дози. Однак експериментальні дані свідчать, що залежність ефекту (у %) від дози хімікату виражається несиметричною S-подібною кривою, так як зростаючі дози інсектициду дають, як правило, поступове вгасання ефекту. Це ускладнює визначення доз. Якщо для побудови графіку брати не абсолютні значення доз, а їх логарифми, то крива приймає вигляд симетричної S-подібної кривої й при середніх значеннях ефекту наближається до прямої. Але при дозах, що викликають ефект близький до 0 або 100%, зв'язок суттєво відрізняється від прямолінійного. Звідси зрозуміло, що для визначення порогів мінімальної чутливості біоіндикатору до доз інсектицидів (а саме вони розташовані в зоні 0-20% загибелі) та максимальних доз токсичності (вони розташовані в інтервалі смертності 80-100%), дана таблиця залежності відсотку загибелі гусениць в залежності від доз токсиканту використана бути не може.

Для вирівнювання цієї лінії використовують метод пробіт-аналізу, при якому відсотки ефекту загибелі переходять в умовні вірогідностні одиниці – пробіти. Значення пробіту, що відповідає даному відсотку ефекту, знаходять у спеціальній таблиці. На графік наносять значення пробіту і логарифма доз. Пряму залежності ефекту від дози пестициду будують на основі вирішення кореляційного рівняння зв'язку або емпірично і по ній знаходять порогові дози чутливості біоіндикатору до доз інсектицидів (рис. 9).

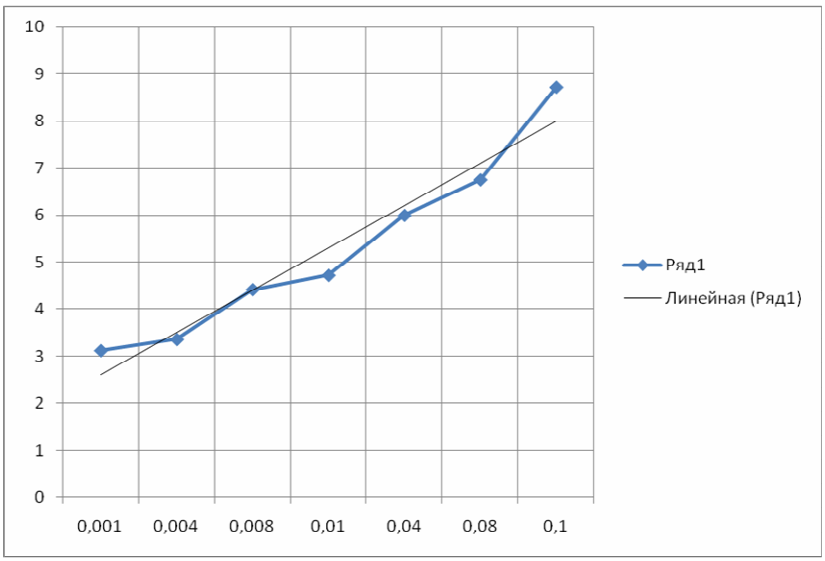


Рис. 9. Залежність загибелі гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда від доз фосфаміду.

Визначення порогів психофізіологічної чутливості людини на дію екологічно несприятливих факторів середовища.

У мешканців з екологічно несприятливих районів, до яких віднесено міста (Макіївка, Маріуполь, Донецьк, Єнакієве, Горлівка), які позначено шкалою в діапазоні від 1 до 4 балів, виявлено вірогідні ($p < 0,05$) зміни наступних психофізіологічних показників: концентрація уваги від (32,21±0,25) до (39,4±1,31) ум. од., $p < 0,05$ і швидкість переробки інформації (ШПІ) від (22,16±0,47) до (38,3±0,91) ум. од., $p < 0,05$. Зміна показників прийняття рішень, короткочасної пам'яті, психофізіологічної адаптивності вірогідно ($p < 0,05$) було зареєстровано, але ці зміни не були вірогідними щодо порогових значень [47]. Було звернуто увагу на те, що ШПІ є не самостійним, а комплексним показником, що складається з концентрації уваги, моторної зорової та слухової реакції, прийняття рішень. Отже, виникає питання: чи відбуваються вірогідні порогові зміни складових компонентів показника ШПІ? За результатами проведених досліджень вірогідні порогові зміни властиві усім психофізіологічним компонентам: концентрації уваги від (32,11±0,09 до 39,7±0,04) ум. од., $p<0,001$, зорово-моторній реакції від (28,7±0,12) до (29,9±0,16) ум. од., $p < 0,05$, слухо-моторній реакції від (25,1±0,2) до (29,3±0,4) ум. од., $p < 0,05$, прийняттю рішень від (36,2±0,1) до (43,1±0,02) ум. од., $p < 0,001$. Проте порогові зміни компонентів концентрації уваги і прийняття рішень були більш вірогідними ($p < 0,001$), ніж компоненти показників моторики ($p < 0,05$). Стосовно цього компоненти концентрації уваги і прийняття рішення складали 80% порогової зміни показника ШПІ у людини [3]. За результатами досліджень можливо судити про інформативність показника ШПІ щодо виявлення психофізіологічних порогів чутливості при різних рівнях екологічної шкідливості (рис. 10).

Найбільш чутливим до несприятливих чинників середовища виявився показник швидкості переробки інформації (ШПІ). Він починав достовірно ($p<0,05$) змінюватися раніше інших показників за період проживання 1,7-2 роки в умовах екологічної шкідливості, які перевищують 1 бал (рис. 11).

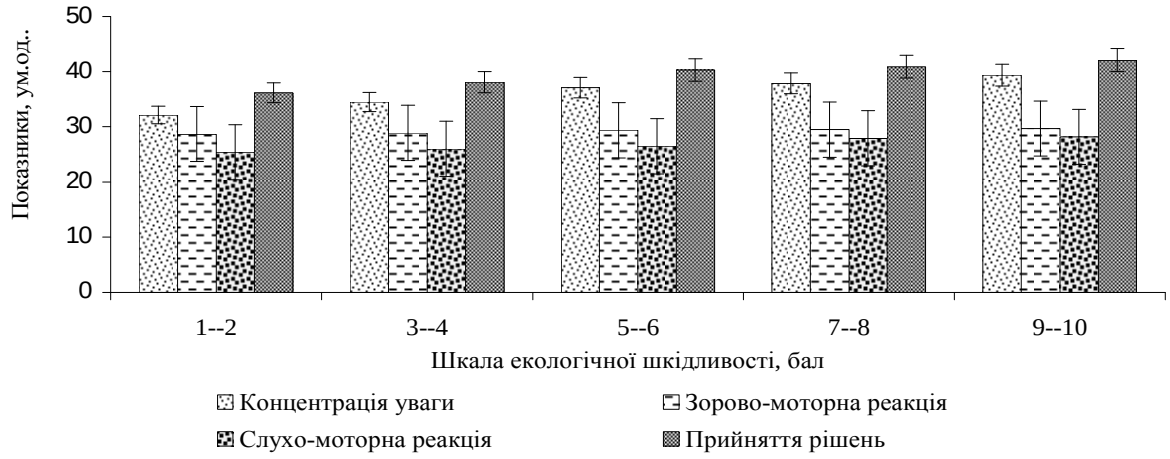


Рис. 10. Психофізіологічні показники людей, які проживають в різних за екологічним станом умовах.

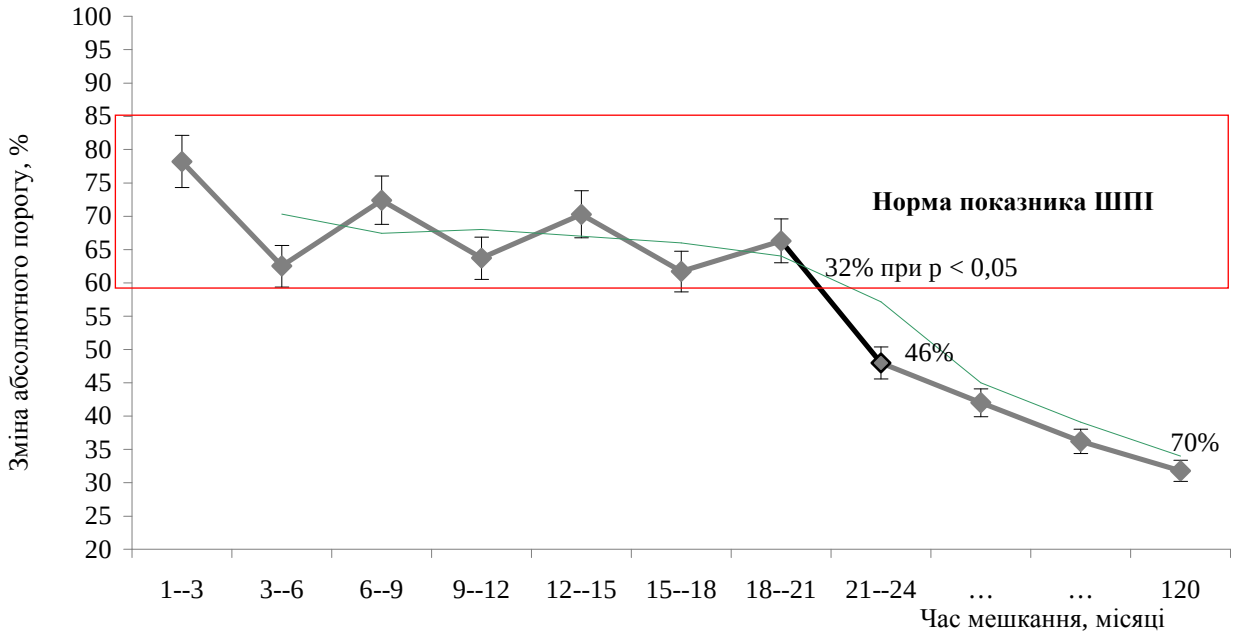


Рис. 11. Зміна абсолютного порогу ШПІ в умовах екологічної шкідливості.

За результатами досліджень виявлено зміну порогових значень ШПІ в середньому на 5-7% упродовж десятирічного проживання людини в умовах екологічної шкідливості. Тобто за 10 років проживання людини в умовах екологічної шкідливості показник ШПІ зменшився на 50%. Проте вірогідні ($p < 0,05$) зміни цього показника реєструвалися вже за 1,5-2 роки мешкання від (88,4±0,7) до (52,1±0,2) ум. од. $p<0,05$.

Величина ШПІ після 1,5 років мешкання людини на несприятливих за екологічним станом територіях знизилась на 32±2% у 48% обстежених, а за 2 роки мешкання цей показник знизився вдвічі у 56% обстежуваних. Тобто за два роки проживання на екологічно несприятливих територіях показник ШПІ погіршується майже в кожної другої людини. Відповідно за 10 років мешкання людини на техногенно трансформованих територіях такі зміни цього показника дорівнювали 70±3% у 91% обстежуваних.

Висновки

1. Вперше сформовано базу даних характеристик щодо порогової чутливості біоіндикаторів (водоростей, грибів, мохоподібних, квіткових рослин, кліщів, комах та психофізіологічного стану людини) на дію екологічно несприятливих факторів.

2. На територіях південного сходу України досліджено пороги чутливості водоростей-індикаторів забруднення й створено бази даних порогів для наступних факторів: температури, мінералізації, pH води на підставі повного альгологічного аналізу альгофлори закритих штучних водойм різного цільового призначення та різного типу експлуатації.

3. Порогом чутливості штаму F-610 їстівного лікарського гриба *F. velutipes* на фенол, який визначався за інтенсивністю процесів перекисного окислення ліпідів, є концентрація фенолу 0,01%. Концентрація цього полютанту 0,3% призводить до пригнічення процесів перекисного окиснення ліпідів. Міцеліальні культури *F. velutipes* мають достовірний відгук на дію фенолу і можуть використовуватись для мікологічного тестування забруднення навколишнього середовища цією речовиною.

4. Вперше на екологічно забруднених територіях південного сходу України встановлено морфологічну мінливість мохоподібних *Bryum argenteum* Hedw. та *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., яка зумовлена тим, що стійкість популяцій в умовах постійних змін середовища може бути досягнута не тільки за рахунок автономності та стабільності, а й через пластичність параметрів, що їх характеризують. Тому такі елементарні кількісні характеристики, як ширина та довжина листкової пластинки мають велике індикаційне значення.

5. Порогом чутливості фітоіндикаторів є емпірично встановлені значення за показниками проективного покриття та специфікою пагоноутворення рослин (*Dactylis glomerata* L., *Bromus arvensis* L. та *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub) в умовах різних за техногенним навантаженням екотопів.

6. Порогами чутливості угруповань панцирних кліщів на дію екологічно несприятливих факторів середовища є основні синекологічні показники угруповань: середня щільність населення, видове багатство, структура домінування, співвідношення життєвих форм, індекс екологічного різноманіття Шеннона. Антропогенне навантаження впливає на розподіл угруповань й екологічну структуру населення панцирних кліщів та призводить до кількісних та якісних змін основних синекологічних показників.

6. Нижня межа чутливості біоіндикатору – гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до дії фосфорорганічного препарату фосфаміду становить 3% загибелі особин, а мінімальна верхня – 96%. Нижня межа чутливості біоіндикатору визначається як перша вірогідна відмінність прояву відповідних реакцій біоіндикатору на дозу фосфаміду у порівнянні з контролем, а верхня межа – як перша концентрація, що забезпечує відповідь на дію дози фосфаміду близьку до 99,9% особин популяції біоіндикатору.

7. Поріг чутливості психофізіологічного стану людини на дію несприятливих факторів довкілля встановлено за показником швидкості переробки інформації, який найбільш вірогідно ($p<0,05$) погіршується вже через 1,5-2 роки проживання людини на несприятливих за екологічним станом територіях. Зниження показника швидкості переробки інформації відбувається в 56% людей при 2 абсолютних порогах чутливості, та в 46% з дворічним проживанням на несприятливих за екологічним станом територіях.

Список літератури

1. *Беспалова С. В.* Биотехнологии для нормализации экологии (программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10–21.

2. Розробка способів біоіндикації екологічного стану Донбасу / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Говта М. В. та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУ, 2007. – Вип. 7. – С. 17–24.

3. Апробування способів біоіндикації екологічного стану Донбасу / [С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Глухов та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий зб. наук. праць / Відп. ред. С. В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 24–33.

4. 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. – Донецьк: ДонНУ, 2009. – № 1 (9). – С. 12–23.

5. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.

6. *Глухов А. З.* Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов / А. З. Глухов, А. И. Сафонов // Промышленная ботаника. – 2002. – № 2. – С. 7–14.

7. *Дідух Я. П.* Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.

8. *Degorski M.* Phytoindication methods in landscape planning and management / M. Degorski // Geographic and Management. – 1996. – № 62. – P. 69–100.

9. *Корженевский В. В.* Современное состояние и уровни фитоиндикации / В. В. Корженевский // Журн. общ. биол. – 1992. – Т. 53, № 5. – С. 704–714.

10. *Голлербах М. М.* Синезелёные водоросли / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М.: Совет. наука, 1953. – 650 с. [Опред. пресновод. водор. СССР. Вып. 2].

11. Диатомовый анализ / Под общей ред. А. Н. Криштофовича. – Л.: Госгеолиздат, 1950. – 398 с. + 117 табл., рис. [Опред. ископ. и соврем. диатом. водор. Кн. 3. Порядок Pennales].

12. *Матвієнко О. М.* Пірофітові водорості – Pyrrophyta / О. М. Матвієнко, Р. М. Литвиненко. – К.: Наук. думка, 1977. – 388 с. [Визн. прісновод. водор. УРСР. Вип. III, ч. 2].

13. *Матвиенко А. М.* Золотистые водоросли / А. М. Матвиенко. – М.: Сов. наука, 1954. – 190 с. [Опред. пресновод. водор. СССР. Вып. 3].

14. *Мошкова Н. О.* Улотриксові й Кладофорові водорості / Н. О. Мошкова. – К.: Наук. думка, 1979. – 500 с. [Визн. прісновод. водор. УРСР. Вип. VI].

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

16. *Эльяшев К.* О простом способе приготовления высокопреломляемой среды для диатомового анализа / К. Эльяшев // Тр. НИИ геол. Арктики. – 1957. – № 4. – С. 74–75.

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

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

19. *Бисько Н. А.* Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер, И. А. Дудка. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.

20. *Дудка И. А.* Методы экспериментальной микологии / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. А. Элланская. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.

21. *Капич А. Н.* Содержание в грибах продуктов перекисного окисления липидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой / А. Н. Капич, Т. С. Гвоздкова // Микол. и фитопатол. – 1998. – Т. 32, вып. 4. – С. 30–36.

22. *Бойко М. Ф.* Анализ бриофлоры степной зоны Европы / М. Ф. Бойко. − К.: Фитосоциоцентр, 1999. − 180 с.

23. Пат. 22814 України, МКІ A 01 G 7/00. Спосіб оцінки токсичності середовища в умовах забруднення автомобільним транспортом / А. І. Сафонов, П. С. Беломеря (Україна); Донецький національний університет. – № u 2006137714; Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5. – 9 с.

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

25. *Определитель* обитающих в почве клещей (Sarcoptiformes) / [Буланова-Захваткина Е.М., Вайнштейн Б.А., Волгин В.И. и др.] / Под ред. М. С. Гилярова. – М.: Наука, 1975. – 491 с.

26. *Павличенко П. Г.* Определитель ceратозетоидных клещей (Oribatei, Ceratozetoidea) Украины / П. Г. Павличенко. – К.: Изд-во Ин-та зоологии им. И. И. Шмальгаузена, 1994. – 143 с.

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

28. *Balogh J.* The oribatid genera of the world / J. Balogh. – Budapest: Akad. Kiado, 1972. – 330 p.

29. *Balogh J.* Primitive oribatids of the Palaearctic region / J. Balogh, S. Mahunka. – Budapest: Acad. Kiado, 1983. – 372 p.

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

31. *Криволуцкий Д. А.* Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) / Д. А. Криволуцкий // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 8. – С. 1176–1189.

32. *Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение: Пер. с англ. / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

33. Патент України на корисну модель № 51360. Спосіб біоіндикації стану технічного забруднення середовища / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М. Опубл. 12.07.2010. – Бюл. № 13.

34. *Злотин А. З.* Тутовый шелкопряд как тест-объект для биоиндикации состояния окружающей среды / А. З. Злотин, Т. Ю. Маркина // Матер. XI Междунар. науч.-практ. конф. «Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики» (г. Белгород, 20-25 сентября 2010 г.). – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2010. – С. 7–8.

35. *Дмитриева А. Г.* Структура и функционирование растительных организмов модельных водных экосистем при токсическом воздействии / А. Г. Дмитриева, В. И. Ипатова, М. С. Кривенко, В. М. Король // Тез. докл. 8 съезда Гидробиол. общ-ва РАН (г. Калининград, 16–23 сент. 2001 г.). – С. 122–123.

36. *Денисов Д. Б.* Диатомовые водоросли оз. Большой Вудъявр (Хибины, Кольский полустров) как индикаторы долговременных изменений экосистем субарктических водоемов / Д. Б. Денисов // Тез. докл. XII Междунар. конф. молодых ученых «Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия» (Борок, 23–26 сентября 2002 г.). – С. 234–237.

37. *Говорунова Е. Г.* Новый экспресс-метод определения степени загрязнения воды: регистрация фотоэлектрических реакций зеленых жгутиковых водорослей / Е. Г. Говорунова, Н. В. Алексеева, О. А. Синещеков // Мат. Междунар. науч. конф. «Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах» (г. Москва, 27–29 мая 2002 г.). – М., 2002. – С. 95.

38. *Барышев А. А.* Особенности биоиндикации загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами / А. А. Барышев, Т. А. Лобанова, А. М. Болдаков // Вестн. Костромского гос. ун-та. – 2006. – Т. 12, № 8. – С. 12–15.

39. *Rimet F.* Влияние на диатомовые индексы имитирования улучшения качества воды в реке / Frederic Rimet, Cauchie Haenry-Michel, Hoffman Lucien, Ector Luc // J. Appl. Phycol. – 2005. – 17, N 2. – P. 119–128.

40. *Ялынская Н. С.* Гидробиологические индикаторы токсификации прудов западного региона Украины / Н. С. Ялынская, И. Т. Олексив, О. П. Андрущишин // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 57–70.

41. ДСТУ 4166-2003. Якість води. Випробування на гальмування росту прісноводних водоростей із застосуванням *Scenedesmus subpicatus* та *Selenastrum capricornutum* (ISO 8692:1998, MOD).

42. ДСТУ 4167-2003. Якість води. Випробування на уповільнення росту морських водоростей *Sceletonema costatum* та *Phaeodactylum tricornutum* (ISO 10253:1995, МОБ).

43. *Глухов О. З.* Бріоіндикація техногенного забруднення навколишнього середовища південного сходу України / О. З. Глухов, О. В. Машталер / Донецьк: «Вебер» (Донецька філія), 2007. – 156 с.

44. Машталер О. В. Екологічна структура мохоподібних Донбасу / О. В. Машталер // Зб. наук. праць Луганськ. нац. агр. ун-ту. Сер. «Біол. науки». – 2005. – № 52 (75). – С. 31–34.

45. Глухов О. З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / О. З. Глухов, А. І. Сафонов, Н. А. Хижняк. – Донецьк: Норд-пресс, 2006. – 360 с.

46. *Горецький О. С.* Новий підхід до біоіндикації токсикантів у довкіллі / О. С. Горецький, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна, О. О. Дехтярьова // Біологія та валеологія. Зб. наук. праць. – Харків: ХНПУ, 2010. – Вип. 12. – С. 67–75.

47. *Максимович В. О.* Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 7. Людина – приймач слабких сигналів за новітніми концепціями сенсоріки та фізики / В. О. Максимович, М. В. Говта, М. В. Максимович // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий зб. наук. праць / Відп. ред. С. В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 299–303.

Беспалова С. В., Горецкий О. С., Глухов А. З., Максимович В. А., Злотин А. З., Говта Н. В., Маркина Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова Е. Н., Сафонов А. И., Машталер А. В., Федотов О. В., Штирц А. Д. **Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды. –** По результатам проведенных исследований, направленных на решение актуальных задач диагностики и нормирования в системе контроля качества окружающей среды, определены пороги чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов. Сформирована база данных характеристик относительно пороговой чувствительности биоиндикаторов (водорослей, грибов, мохообразных, цветковых растений, клещей, насекомых и психофизиологического состояния человека) на действие экологически неблагоприятных факторов.

Ключевые слова: пороги чувствительности, биоиндикация, состояние окружающей среды.

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. **Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors.** – On the results of conducted research, aimed at solving urgent tasks of diagnosing and standardization in the system of environment quality control, bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors have been determined. Database of characteristics for sensitivity thresholds of bioindicators (algae, fungi, bryophytes, flowering plants, ticks, insects and psychophysiological state of man) for ecologically unfavourable environmental factors has been created.

Key words: sensitivity thresholds, bioindication, state of the environment.

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

УДК 635.93: 631.619 / (477.60)

© О. З. Глухов, І. В. Агурова, С. І. Прохорова, Г. І. Хархота

ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ПОПУЛЯЦІЙ *SILENE SUPINA* M. BIEB. В УМОВАХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ДОНБАСУ

Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр. Ілліча, 110
e-mail: sett50@ukr.net

Глухов О. З., Агурова І. В., Прохорова С. І., Хархота Г. І. **Життєздатність популяцій *Silene supina* M. Bieb. в умовах відвалів вугільних шахт Донбасу. –** У статті наводяться дані з вивчення популяційної структури *Silene supina* M. Bieb. на неоедафотопах відвалів вугільних шахт, а саме: результати досліджень щільності, зустрічальності, вікової, віталітетної структур, морфоструктури та насіннєвої продуктивності. У результаті проведених досліджень встановлено, що на відвалах вугільних шахт Донбасу поширені популяції *Silene supina* різного ступеня сформованості. Життєздатність цих популяцій є лабільною ознакою, пов'язаною з коливанням екологічних факторів, тому її треба враховувати в популяційному моніторингу самозаростання та фіторекультивації техногенних земель.

Ключові слова: Silene supina M. Bieb., популяція, структура, відвал вугільної шахти.

Вступ

Невід'ємним елементом ландшафту Донбасу є наявність великої кількості відвалів, що чинять негативний вплив на навколишнє середовище. Тільки на території Донецької області знаходяться тисячі відвалів (відвали пустої породи вугільних шахт, так звані териконіки або терикони, хвостосховища, кар'єрно-відвальні комплекси гірничорудних розробок тощо), які займають понад 13% території регіону [8].

З метою усунення негативного впливу породних відвалів на навколишнє середовище в наш час широко застосовують методи їх рекультивації. При цьому використовують як технічні, механічні, так і біологічні методи [4, 5]. Фіторекультивація передбачає створення стійкого рослинного покриву на трансформованих територіях, який виконує важливу роль в якості універсального природного фільтру в доочищенні атмосфери, води й ґрунту від промислових забруднень. На сьогодні одним з пріоритетних напрямів фіторекультивації є встановлення ролі рослин та спонтанних рослинних угруповань у техногенному середовищі як для визначення фітопридатності едафотопів антропогенного походження, так і для запропонування перспективних видів для фіторекультиваційних робіт. Тому дослідження життєздатності популяцій рослин, їх здатності до відновлення та розселення, оцінювання можливості їх спонтанного відновлення в антропогенно трансформованих умовах набули актуальності. Такі дослідження необхідні для з'ясування адаптацій рослин до умов техногенного середовища. Життєздатність популяцій рослин – це сукупність властивостей, ознак і зв'язків, що забезпечують притаманну популяціям здатність підтримувати рівень системної організації для збереження базових їх функцій: відновлення, розселення та еволюції. Оцінювання життєздатності популяцій потребує врахування як індивідуальних ознак рослин (онтоморфогенез та його темпи, репродуктивна активність, насіннєва продуктивність, анатомо-морфологічні, алометричні та ритмологічні ознаки особин), так і наднндивідуальних параметрів (вікова, статева, просторова структура та чисельність особин) [2]. Вивчення популяцій рослин в умовах антропогенно трансформованих територій, таких як відвали вугільних шахт, є перспективним як з погляду добору стійких до умов техногенних екотопів рослин, так і з погляду визначення ступеня їх пристосованості (адаптації) для подальшого створення стійких фітоценозів у техногенних екотопах.

Співробітники Донецького ботанічного саду НАН України проводять дослідження рослинного покриву техногенних екотопів у різних напрямках із використанням геоботанічних, флористичних, фітоекологічних методів на біогеоценотичному, фітоценотичному, популяційному, організмовому рівнях. Виявлено, що одним з

перспективних видів-фітомеліорантів [7, 10] є *Silene supina* M. Bieb. – смілка приземкувата, напівкущик із родини Гвоздичних (Caryophyllaceae Juss.). У деяких роботах цей вид згадується як закріплювач еродованих відслонень порід. Ареал розповсюдження – Крим, Кавказ (Передкавказзя, передгір'я Головного хребта), а також локально в районах степової зони. Причорноморський ендемік, що приурочений до вапнякових, крейдяних і гранітних відслонень, тобто до екотопів, для яких характерні відкриті рослинні угруповання з ослабленою конкуренцією. Зустрічається на територіях з антропогенно порушеним рослинним покривом, є експлерентом, нерідко утворює чисті зарості [15].

Робіт щодо вивчення, поширення та стану популяцій *S. supina* в техногенних екотопах небагато [7, 9-12]. Отже, дослідження життєздатності популяцій *S. supina* на неоедафотопах відвалів вугільних шахт є актуальним.

Мета досліджень – з'ясування життєздатності популяцій *S. supina* на неоедафотопах та можливості використання цього виду в фіторекультивації відвалів вугільних шахт Донбасу.

Завдання досліджень – вивчення популяційної структури *S. supina* на неоедафотопах відвалів вугільних шахт.

Об'єкти і методи дослідженння

Об'єктом дослідженння були ценопопуляції *S. supina* на неоедафотопах відвалів вугільних шахт ім. Леніна та «6-14» (м. Макіївка), де було закладено стаціонарні пробні площі (західна, південна, північно-східна експозиції відвалу шахти ім. Леніна, вирівняна верхівка, схили відвалу шахти «6-14»). У якості контролю досліджували ценопопуляцію *S. supina* в антропогенно порушеному рослинному угрупованні на відслоненнях пісковику неподалік одного з відвалів. Дослідження проводили в червні, липні (під час масового цвітіння) та вересні (під час плодоношення) протягом 2007-2009 рр.

При вивченні ценопопуляційної структури враховували такі ознаки, як щільність, зустрічальність особин, вікову і віталітетну структури. Для визначення щільності популяції підраховували кількість особин на 1 м^2. Для визначення зустрічальності виду в межах популяційного поля закладали 100 облікових ділянок (1 м^2) на поверхні відвалу шахти ім. Леніна, 15 облікових ділянок (1 м^2) на схилах, на вирівняній верхівковій ділянці – діагонально на відвалі шахти «6-14». На них реєстрували наявність особин виду.

Для визначення вікового складу ценопопуляцій підраховували кількість особин різних вікових груп: сходи (p), ювенільні (j), іматурні (im), віргінільні (v), молоді генеративні (g_1), зрілі генеративні (g_2), старі генеративні (g_3), субсенільні (ss), сенільні особини (s)). Вікові стани рослин вивчали за сукупністю якісних та кількісних морфологічних ознак з урахуванням традиційної вікової періодизації [3, 13]. На цій основі будували вікові спектри.

Для морфологічного аналізу *S. supina* відбирали по 30 особин з кожної ценопопуляції. Досліджували такі діагностичні параметри морфологічних ознак: масу надземної частини, довжину кореня, кількість головних пагонів та їхню довжину, кількість пагонів другого порядку на головному пагоні та їхню довжину [6]. Обчислювали загальноприйняті статистичні показники цих параметрів: середнє значення та його похибка (M ± m), мінімальне (Min) та максимальне (Max) значення, середньоквадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (CV) [14].

Насіннєву продуктивність вивчали шляхом підрахунку кількості плодів на рослину, кількості насінин у коробочці, вимірювання довжини та ширини коробочки. В лабораторних умовах досліджували показники енергії проростання та схожості насіння, а також визначали масу 1000 насінин [1]. Для дослідження лабораторної схожості насіння пророщували в чашках Петрі на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою, протягом 30 днів в умовах кімнатної температури та освітленості. Протягом цього періоду проводили підрахунок пророслого (схожого) насіння.

Результати дослідження

Для *S. supina* характерне насіннєве розмноження, що є важливою складовою природного відновлення рослин. Неспроможність до вегетативного розмноження цього виду в умовах техногенних екотопів ми підтвердили відсутністю будь-яких утворень на кореневій та пагоновій системах, що здатні відокремитися і вести самостійний спосіб життя.

Результати досліджень ознак насіннєвого розмноження *S. supina* наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Деякі показники плодів та насіння *Silene supina* M. Bieb. в умовах відвалів вугільних шахт Донбасу

Статистичні показники	Ознаки			
	кількість коробочок на рослину, шт.	кількість насінин у коробочці, шт.	довжина коробочки, см	ширина коробочки, см
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція				
M ± m	38,82 ± 5,92	8,47 ± 0,63	0,71 ± 0,009	0,29 ± 0,005
Min	14,00	1,00	0,40	0,20
Max	116,00	29,00	0,90	0,40
CV, %	62	73	14	20
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція				
M ± m	54,22 ± 11,49	12,13 ± 1,01	0,78 ± 0,007	0,25 ± 0,008
Min	11,00	1,00	0,60	0,10
Max	122,00	42,00	0,90	0,40
CV, %	63	74	9	32
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка				
M ± m	197,83 ± 64,38	10,41 ± 0,69	0,70 ± 0,006	0,27 ± 0,007
Min	41,00	1,00	0,50	0,10
Max	701,00	34,00	0,90	0,40
CV, %	112	62	10	33

Найменш варіюючими серед усіх цих ознак даного виду в ценопопуляціях є довжина та ширина коробочки. Найбільш варіюючими ознаками виявились кількість коробочок на рослину та кількість насінин у коробочці. В абіотичному плані найгірші умови для рослин складаються на південній експозиції відвалів (більше нагрівання та висушування поверхні). Проте середня кількість насінин у коробочці найбільша у рослин, що зростають саме на едафотопах південної експозиції відвалу шахти ім. Леніна. Таку здатність до різкої активації процесів насіннєвого розмноження *S. supina* можна пояснити адаптаційними механізмами до стресових умов техногенного середовища. Тобто в несприятливих умовах менша кількість проростків може утворитися, багато з них загине, і рослина компенсує ці втрати продукуванням більшої кількості насіння. Дослідження параметрів насіннєвої продуктивності *S. supina* в лабораторних умовах показало, що для рослин з цієї ценопопуляції характерні найменші значення схожості, енергії проростання та маси 1000 насінин. Це свідчить про те, що умови цього місцезростання все-таки є стресовими для рослин *S. supina* (табл. 2).

У випадку ценопопуляцій на відвалі шахти «6-14» ми маємо справу з тим, що рослини зростають на кам’янистому схилі (у достатньо обмеженому просторі з відсутністю конкуренції інших видів), тому в даних умовах ми і спостерігаємо таку велику кількість коробочок на рослину. Крім того, в цій популяції рослини дуже добре розвинуті, одна особина може вкривати устилом до 0,5 м поверхні відвалу. Лабораторні показники насіннєвої продуктивності в особин цієї ценопопуляції найбільші (див. табл. 2).

Таблиця 2

Показники енергії проростання та схожості насіння *Silene supina* M. Bieb., зібраного в екотопах відвалів вугільних шахт Донбасу

Місце збору насіння	Енергія проростання, M±m	Схожість, M±m	Маса 1000 насінин, г
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція	14,7±5,8	17,3±5,8	0,32
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	12,0±6,1	17,3±4,8	0,30
Відвал шахти «6-14»	17,3±3,6	21,3±3,6	0,44

Результати порівняння параметрів морфологічних ознак рослин *S. supina* з популяції відвалу шахти ім. Леніна та популяції з природного місцезростання для виявлення різниці між розвитком вегетативної сфери рослин наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Морфометричні показники особин *Silene supina* M. Bieb. з різних ценопопуляцій

Стати-стичні показ-ники	Параметри морфологічних ознак *Silene supina*					
	надземна маса, г	довжина кореня, см	кількість головних пагонів, шт.	довжина головних пагонів, см	кількість пагонів II порядку галуження на головному пагоні, шт.	довжина пагона II порядку, см
	Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція					
M ± m	14,05 ± 1,25	18,65 ±1,40	9,47 ± 0,75	9,48 ± 0,49	6,36 ± 0,35	8,08 ± 0,27
Min	7,50	10,00	6,00	3,80	3,00	0,80
Max	26,50	32,00	14,00	17,50	14,00	20,40
σ	4,67	5,28	2,75	3,38	2,30	3,95
CV, %	33	28	29	36	36	49
	Природне місцезростання					
M ± m	29,52 ± 3,44	20,76 ± 4,60	16,00 ± 2,31	9,80 ± 0,59	5,90 ± 0,50	6,51 ± 0,68
Min	17,50	14,50	12,00	6,50	4,00	1,50
Max	38,50	39,00	25,00	14,50	8,00	19,50
σ	7,68	10,27	5,15	2,50	1,60	0,99
CV, %	11	49	32	26	27	48

Виявлено, що спостерігається значне зменшення надземної маси (майже у 2 рази) та кількості головних пагонів у рослин з відвалу порівняно з рослинами з природного місцезростання. За іншими метамерами картина є приблизно однаковою, у випадку пагонів другого порядку ми навіть спостерігали зменшення цього параметра в місцезростаннях природної рослинності. Отже, ізольована популяція *S. supina* на едафотопах у межах відвалу є порівняно мономорфною.

Дані щодо щільності особин у популяціях *S. supina* наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Щільність особин *Silene supina* M. Bieb. у різних умовах відвалів вугільних шахт

Місцезнаходження ценопопуляції	Щільність особин на 1 м^2, M ± m
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція	4,80 ± 0,37
Відвал шахти ім. Леніна, північно-східна експозиція	8,90 ± 0,32
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	3,80 ± 0,36
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка	3,29 ± 0,28

Щільність особин у популяції на південній експозиції відвалу шахти ім. Леніна трохи зменшена у зв'язку з гіршими умовами для приживання підросту (сильне нагрівання, швидке висихання поверхні тощо). На відвалі шахти «6-14» ценопопуляції міцно займають еконішу, а невелика щільність особин пояснюється значно більшим (у порівнянні з рослинами інших популяцій) розвитком надземної частини рослин і, внаслідок цього, більшим галуженням та розповсюдженням на ділянці. На північно-східній експозиції відвалу шахти ім. Леніна найкращі умови для закріплення підросту завдяки наявності мохового покриву. Це відображено на віковому спектрі (рис. 1), з якого видно, що кількість проростків, ювенільних та іматурних особин у популяції на цій експозиції є найбільшою.

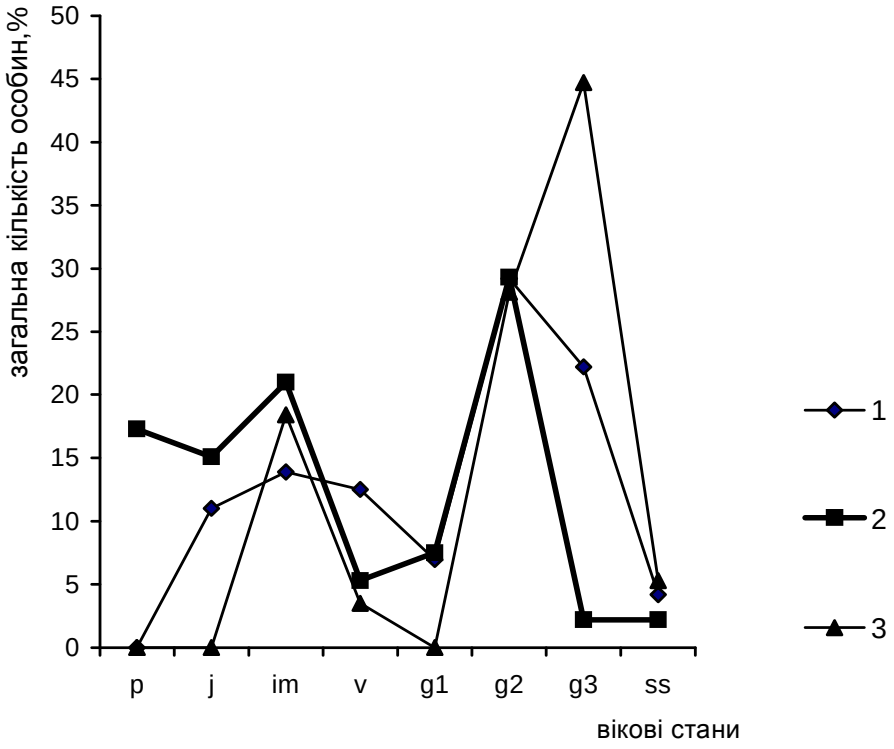


Рис. 1. Вікова структура ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb. на відвалі шахти ім. Леніна: 1 – західна експозиція, 2 – північно-східна експозиція, 3 – південна експозиція.

При дослідженні зустрічальності *S. supina* в умовах відвалів було визначено, що найбільший її відсоток спостерігається на верхівці відвалу шахти «6-14» та в середній частині відвалу шахти ім. Леніна (табл. 5).

Таблиця 5

Зустрічальність *Silene supina* M. Bieb. у ценопопуляціях на відвалах вугільних шахт Донбасу

Місцезнаходження ценопопуляції	Зустрічальність *Silene supina*, % від загального покриття
Відвал шахти ім. Леніна, середня частина, західна експозиція	70
Відвал шахти ім. Леніна, трансекта ближче до вершини	50
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	40
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка	100

Аналіз вікових спектрів ценопопуляцій – це важливий спосіб пізнання їхньої структури. Він дозволяє на кількісній основі охарактеризувати якість ценопопуляції. Структура вікових спектрів популяцій у техногенних екотопах залежить від тривалості її формування, а також від екологічних умов. Отже, віковий спектр указує на певний етап розвитку популяції, на його основі можна визначати її життєвий стан та стійкість. Завдяки різновіковій структурі популяції забезпечуються її виживання й самопідтримання, а кількісне співвідношення вікових груп є одним з показників фітоекологічного оптимуму та життєздатності популяції виду в певних техногенних екотопах.

Вікові спектри ценопопуляцій *S. supina* в умовах відвалу шахти «6-14» наведено на рис. 2.

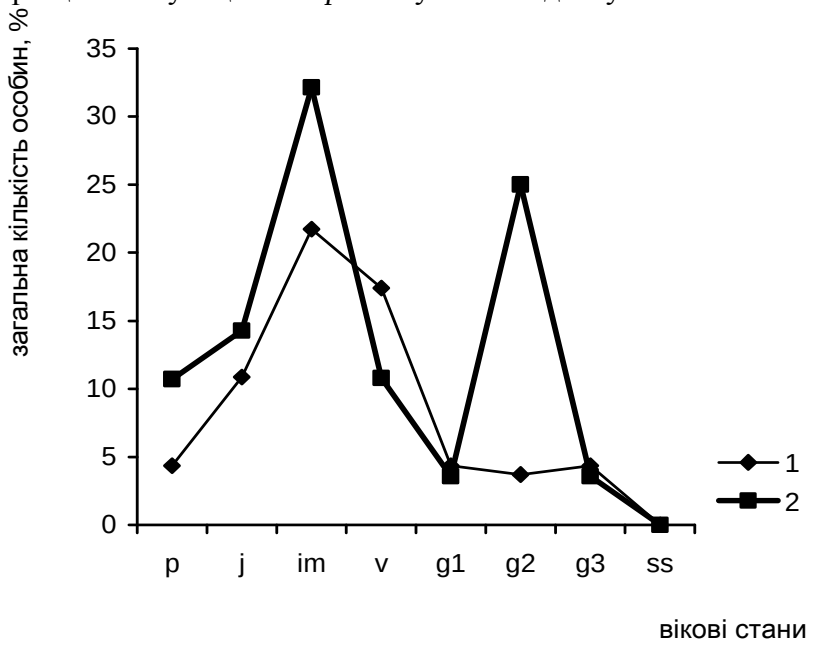


Рис. 2. Вікова структура *Silene supina* M. Bieb. на відвалі шахти «6-14»: 1 – вирівняна верхівка, 2 – облікові ділянки на схилі.

Індикаторами життєздатності та стабільності популяцій є повночленність вікових спектрів, зокрема наявність груп підросту (p, j, im) та генеративних особин. Базовою ознакою ценопопуляцій є здатність рослин до генеративного самовідновлення, тому критичними слід вважати найнесприятливіші порогові умови існування, за яких особини у своєму онтогенезі не набувають генеративної фази, а популяції не містять генеративних особин й (або) життєздатного насіння та підросту генеративного походження і тим самим нездатні до генеративного самовідновлення і є нежиттєздатними. Повночленість вікових спектрів популяцій вказує на їх високу пристосованість до екстремальних умов існування. Разом з тим неповночленість вікових спектрів не завжди говорить про загрозливий стан популяції, адже він може бути пов’язаний з абіотичними факторами (відсутність опадів, довготривала посуха тощо), із сезонними флуктуаціями, з особливостями розташування ценопопуляцій (експозиція, близькість до осередків природної рослинності, розташування на едафотопах у різних частинах відвалу тощо).

Для досліджених ценопопуляцій *S. supina* характерні повночленні вікові спектри з піком на генеративних особинах, частина особин молодих вікових груп збільшується чи зменшується залежно від абіотичних умов та експозиції. У ценопопуляціях на відвалі шахти «6-14» спостерігаються два піки на молодій та генеративній частинах спектру, навіть у випадку розташування облікових ділянок на схилах – піки на іматурній та вегетативній частині спектру, але з достатньою кількістю генеративних особин. Це, як вже було сказано, пояснюється великим розміром генеративних особин смілки приземкуватої в цьому місцезростанні. Виявлено, що за віталітетною структурою досліджені ценопопуляції *S. supina* в екотопах відвалів вугільних шахт відносяться до процвітаючих ценопопуляцій.

Висновки

На досліджених відвалах вугільних шахт Донбасу поширені популяції *Silene supina* різного ступеня сформованості залежно від екологічних умов. Ці ізольовані локальні популяції визначаються високою адаптацією до екстремальних умов середовища і порівняно низьким поліморфізмом, характеризуються повночленними віковими спектрами нормального типу, самовідновлюються. Життєздатність цих популяцій є лабільною ознакою, пов'язаною з коливанням екологічних факторів. Тому її треба враховувати в популяційному моніторингу самозаростання та фіторекультивації техногенних земель.

Список літератури

1. *Вайнагий И. В.* К методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – 59, № 2. – С. 826–831.

2. *Жиляев Г. Г.* Жизнеспособность популяций растений / Г. Г. Жиляев. – Львов, 2005. – 304 с.

3. *Злобин Ю. А.* Ценопопуляционная диагностика экотопа / Ю. А. Злобин // Экология. – 1980. – № 2. – С. 22–30.

4. *Зубова Л. Г.* Теоретичні і прикладні основи відновлення техногенних ландшафтів до рівня природних (на прикладі териконових ландшафтів Донбасу): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Л. Г. Зубова. – Дніпропетровськ, 2004. – 32 с.

5. Принципы освоения земель, нарушенных угольной промышленностью / В. Н. Зверковский, Н. Н. Цветкова, А. А. Дубина, Н. П. Тупика // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: матер. III Міжнар. наук. конф. (Донецьк, 3–5 вересня 1998 р.). – Дніпропетровськ, 1998. – С. 159–162.

6. *Серебряков Н. Г.* Экологическая морфология растений / Н. Г. Серебряков. – М.: Высш. шк., 1962. – 378 с.

7. *Сетт И. В.* Ценопопуляции *Silene supina* M. Bieb. на эдафотопах отвала угольной шахты в Донбассе / И. В. Сетт, А. И. Хархота // Популяции в пространстве и времени: Сб. Матер. VIII Всерос. популяционного семинара (Нижний Новгород, 11–15 апреля 2005 г.). – Нижний Новгород, 2005. – С. 375–376.

8. *Третьяков С. В.* Экологические проблемы Донецкой области / С. В. Третьяков // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Тр. II Междун. науч.-практ. конф. (Москва, 24–27 мая 2005 г.). – М., 2005. – С. 8–11.

9. *Хархота А. И.* Подбор фитомелирантов для рекультивации техногенных земель / А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1989. – Вып. 12. – С. 45–47.

10. *Хархота А. И.* Состояние и перспективы интродукционного изучения фитомелиорантов в Донецком ботаническом саду АН УССР / А. И. Хархота // Ботанические исследования на Украине: докл. Укр. ботан. общ-ва. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 106–107.

11. *Хархота А. И.* Ботаническая оценка техногенных земель / А. И. Хархота // Экологические проблемы аграрного производства. Симп. I. Биологические и горнотехнические проблемы рекультивации нарушенных земель и повышение их продуктивности: Матер. межрегион. науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 1992. – С. 128.

12. *Хархота А. И.* Об особенностях виталитета популяций растений в техногенных экотопах / А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 20. – С. 47–51.

13. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Отв. ред. А. А. Уранов. – М.: Наука, 1976. – 217 с.

14. *Шмидт В. М.* Математические методы в ботанике / Владимир Михайлович Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

15. *Silene supina* M. Bieb. – Смілка приземкувата [М. М. Федорончук, Я. П. Дідух, Р. І. Бурда] // Екофлора України. Т. 3. / Відпов. ред. Я. П. Дідух. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – С. 268–269.

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 1 (10).

***Глухов А. З., Агурова И. В., Прохорова С. И., Хархота А. И.* Жизнеспособность популяций *Silene supina* M. Bieb. на отвалах угольных шахт Донбасса. –** В статье приводятся данные по изучению популяционной структуры *Silene supina* M. Bieb. на неоэдафотопах отвалов угольных шахт, а именно: результаты исследований плотности, встречаемости, возрастной, виталитетной структур, морфоструктуры и семенной продуктивности. В результате проведенных исследований установлено, что на отвалах угольных шахт Донбасса распространены популяции *Silene supina* разной степени сформированности. Жизнеспособность этих популяций является лабильным признаком, связанным с колебанием экологических факторов, поэтому её нужно учитывать в популяционном мониторинге самозарастания и фиторекультивации техногенных земель.

Ключевые слова: *Silene supina* M. Bieb., популяция, структура, отвал угольной шахты.

***Glukhov O. Z., Agurova I. V., Prokhorova S. I., Kharkhota G. I. Silene supine* M. Bieb. population viability in the coalmine dump environment of Donets Basin. –** Results of studying the population structure of *Silene supine* M. Bieb. in the coalmine dump neoedaphotopes, including density, frequency of occurrence, age structure, vitalistic structure, morphologic structure, and seed production structure, are presented. These results show that *Silene supine* M. Bieb. populations with different maturing degree occur in the coalmine dumps of Donets Basin. Viability of such populations is the labile feature connected with variations in ecological factors and therefore it should be taken into consideration during the population monitoring of self-overgrowing and revegetation of anthropogenically impacted lands.

Key words: *Silene supine* M. Bieb., population, structure, coalmine dump.

УДК 581.412 : 577.19

© О. З. Глухов, С. О. Володарець

ДО ВИВЧЕННЯ ФІТОНЦИДНОЇ АКТИВНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: svetlana_masina@mail.ru

Глухов О. З., Володарець С. О. **До вивчення фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища. –** Представлено первинні дані з вивчення сезонної динаміки фітонцидної активності протягом одного вегетаційного періоду 8 видів деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря у м. Донецьку. Встановлено зниження фітонцидної дії летких виділень листків досліджуваних дерев з травня до вересня. Відмічено вплив техногенного середовища на фітонцидну активність деревних рослин.

Ключові слова: фітонциди, деревні рослини, фітонцидна активність, урбанізоване середовище.

Вступ

Урбанізація та збільшення потужностей виробництва на південному сході України призводять до значних змін у навколишньому середовищі. Зелені насадження міст, завдяки своїм сорбційним властивостям, знижують шкідливість впливів різноманітних домішок у повітрі [3, 8]. Більшість рослин виділяють у навколишнє середовище фітонциди, що захищають їх від збудників хвороб, паразитів та шкідників [16]. За даними низки авторів, фітонциди поліпшують повітря, зменшуючи кількість мікроорганізмів, що позитивно впливає на здоров'я людини [6, 9, 11].

Інтенсивність виділення рослинами летких речовин залежить від багатьох факторів (погодні умови, вік, фізіологічний стан рослин, ступінь загазованості повітря промисловими викидами тощо) [13]. У цілому вона визначається рівнем ростових процесів та інтенсивністю фотосинтезу. Найбільш активно виділяються леткі речовини, як правило, навесні та у літні місяці, восени виділення зменшуються, а в період глибокого спокою вони практично відсутні [4].

Для успішного використання деревних рослин з високою антимікробною дією при озелененні міста необхідно знати вплив забруднюючих речовин, що знаходяться у повітрі, на фітонцидну активність рослин. У Донбасі це питання досліджували у 70-х роках XX сторіччя Н. А. Хижняк, К. А. Фельдберг [15], Р. Г. Синельщиков, В. М. Меккель [12]. Проте ці дослідження не висвітлюють на сучасному рівні цю проблему, тому питання вивчення фітонцидних властивостей деревних рослин у промисловому регіоні залишається актуальним.

Метою дослідження було виявити сезонну залежність фітонцидної активності деревних рослин м. Донецька, що зростають на ділянках з різним ступенем техногенного забруднення.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження були 8 видів деревних рослин з родин Aceraceae, Salicaceae, Tiliaceae, Fabaceae, Hippocastanaceae, Fagaceae. Досліджувані види рослин широко використовуються в озелененні промислових міст, тому що вони добре ростуть в умовах техногенного забруднення [8]. Дослідні екземпляри зростають вздовж Київського проспекту – ділянка I, біля Донецького металургійного заводу (ДМЗ) – ділянка II, у парку ім. Щербакова – ділянка III та контрольна ділянка в Донецькому ботанічному саду НАН України (ДБС). Дослідження проводили протягом вегетаційного періоду 2010 р. (травень – вересень). У якості тестового об'єкту використовували інфузорію туфельку *Paramecium caudatum* (Ehrenberg, 1833). Протистоцидність визначали методом «повислої краплини» за Б. П. Токіним [14], за часом загибелі інфузорій у хвилинах – летальна експозиція. Проби відбирали з 11 до 13 години в сонячні ясні дні, одночасно вимірювали температуру повітря та швидкість вітру. Статистичну обробку проводили за загальноприйнятими методиками [7].

Результати та обговорення

За даними Г. С. Голофтєєвої, Н. М. Матвєєва та інших авторів, фітонцидні виділення листків більшості досліджуваних видів рослин характеризуються високою та середньою фітонцидною активністю [2, 10].

Фітонцидна активність (ФА) дослідних екземплярів деревних рослин коливалась у широких межах. Усі види залежно від ступеня фітонцидної дії умовно розділили на 3 групи: з високою – ФА більше 10 умовних одиниць фітонцидності (УОФ), коли загибель найпростіших під дією летких речовин рослин відбувалась за термін до 10 хв., середньою ФА – від 10 до 5 УОФ, відповідно від – 10 до 20 хв. та низькою ФА – менше 5 УОФ (більше 20 хв.). Найвища ФА спостерігалась у *A. platanoides* на всіх дослідних ділянках. Найменшу фітонцидну дію виявив *F. excelsior*, проте у червні та вересні він характеризувався високою ФА.

Фітонцидна активність у травні місяці в усіх варіантах досліду була високою та середньою (рис. 1). До групи з високою ФА віднесено дерева *Acer pseudoplatanus* (L., 1753) (19,00±1,21 УОФ, 5,33±0,32 хв.), *A. platanoides* (L., 1753) (16,75±1,38 УОФ, 6,42±0,52 хв.) та *Tilia cordata* (Miller, 1768) (19,33±1,29 УОФ, 5,24±0,59 хв.), що зростають на контрольній ділянці.

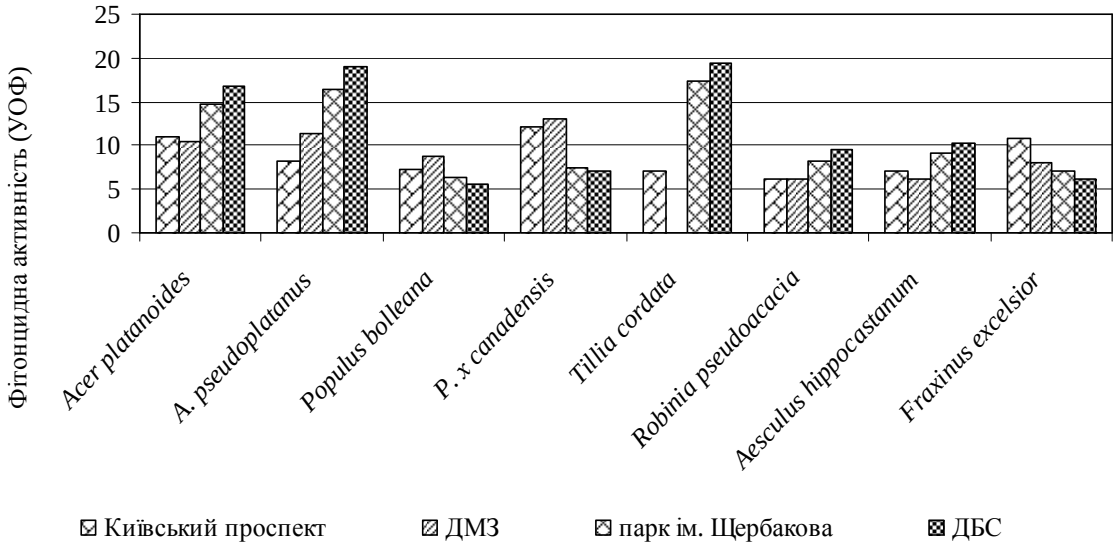


Рис. 1. Фітонцидна активність деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря (травень).

Протистоцидна дія летких виділень листків даних видів, що зростають на інших ділянках, була нижчою, особливо біля ДМЗ та Київського проспекту. У *Populus bolleana* (Lauche, 1878) найвища ФА виявлена в дерев, що зростають біля ДМЗ 8,85±0,38 УОФ, тому його віднесено до групи з середньою ФА. Дослідні екземпляри *P.* x *canadensis* (Moench, 1785) на ділянках біля автомагістралі та металургійного заводу мали вищу протистоцидну дію, ніж у ботанічному саду, відповідно, у 1,7 рази та 1,8 рази. На ФА *Fraxinus excelsior* (L., 1753) впливає забруднення навколишнього середовища, що достовірно при $P > 0,95$. Фітонцидна дія летких виділень листків дерев *F. excelsior*, що зростають вздовж Київського проспекту, становить 10,89±0,43 УОФ, що у 1,8 рази перевищує цей показник у контролі (6,15±0,15 УОФ). Дослідження Р. Я. Ісаєвої та А. П. Швечикової [5] підтверджують стимулюючий вплив токсичних речовин на фітонцидну активність деяких деревних рослин.

Н. М. Верейкіна та М. В. Григорьєва у своїх роботах [1, 3] вказують на те, що пік фітонцидної активності деревних рослин середньої кліматичної смуги припадає на літні

місяці. Це підтверджують дані наших досліджень. Так, більшість досліджуваних нами видів найбільшу ФА виявили саме у червні та липні. Найвища ФА спостерігалась у *Acer platanoides* у ДБС – 26,42±1,68 УОФ (3,83±0,25 хв.) у червні та 23,82±1,84 УОФ у липні, коли температура повітря становила 32-34°С. До групи з високою ФА у першому місяці літа віднесено екземпляри *A. platanoides*, що зростають вздовж Київського проспекту, *Tilia cordata* у контролі та *F. excelsior* на першій та другій ділянках (рис. 2).

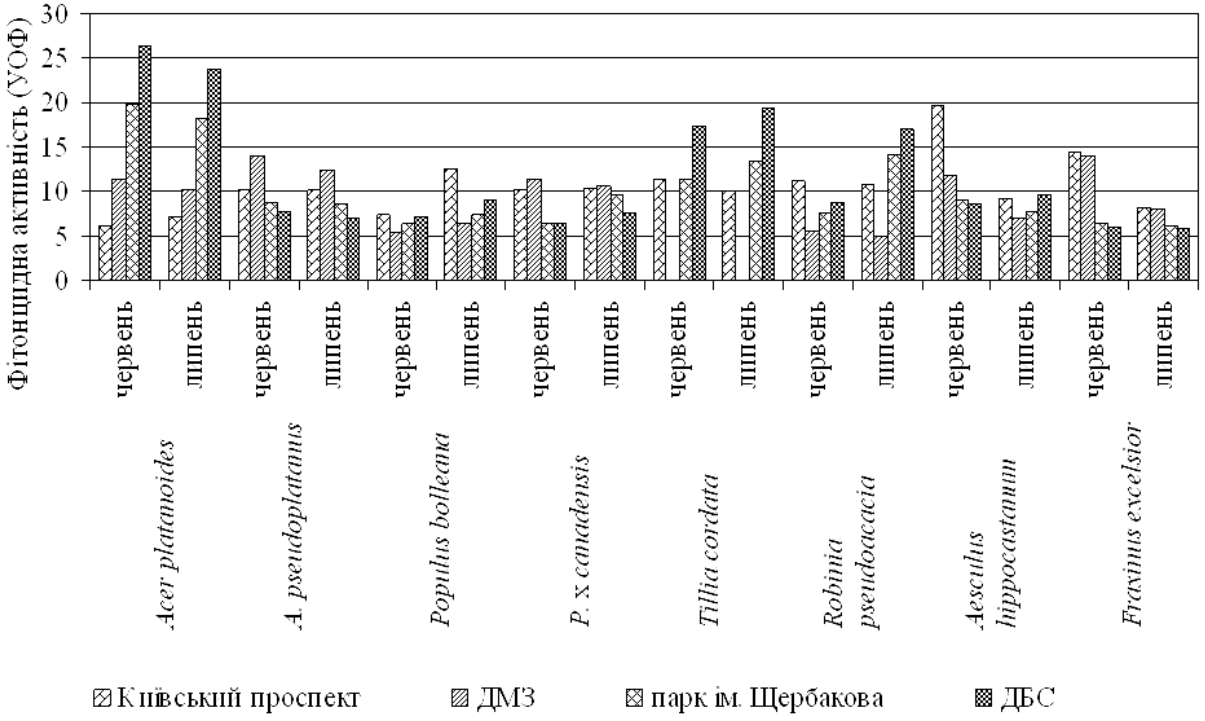


Рис. 2. Фітонцидна активність деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря (червень та липень).

Проте для *P. bolleana* характерне достовірне зниження протистоцидної дії в порівнянні з травнем на всіх дослідних ділянках.

A. platanoides, *T. cordata* та *Robinia pseudoacacia* (L., 1753) в липні, як і в червні, проявляють високий рівень ФА. Зниження в порівнянні з червнем спостерігається в *A. pseudoplatanus* на ділянці біля ДМЗ у 1,2 рази. У дерев тополі Боле, що зростають вздовж Київського проспекту, в липні ФА підвищується на 2,19 УОФ порівняно з червнем. Зниження протистоцидної дії в липні спостерігається в *Aesculus hippocastanum* (L., 1753) та *F. excelsior* на всіх дослідних ділянках. Так, у рослин *A. hippocastanum* вздовж автомагістралі в липні інтенсивність виділення фітонцидів знизилась у 1,7 рази порівняно з даним показником у червні.

У серпні протистоцидна дія *A. platanoides*, *T. cordata* та *R. pseudoacacia* залишилась на сталому рівні – група з високим ФА (рис. 3).

Збільшується протистоцидна дія виділень листків *P. bolleana*, особливо біля ДМЗ. Саме на серпень припадає пік фітонцидної активності *P.* x *canadensis* на ділянці біля металургійного заводу даний показник склав 18,62±0,44 УОФ (5,38±0,12 хв.), що більше порівняно з травнем у 1,4 рази, з червнем – у 1,6 рази та з липнем – у 1,7 рази. Середні показники було виявлено в представників *F. excelsior*, *A. pseudoplatanus*, *A. hippocastanum* та *P. bolleana* на всіх дослідних ділянках та в контролі.

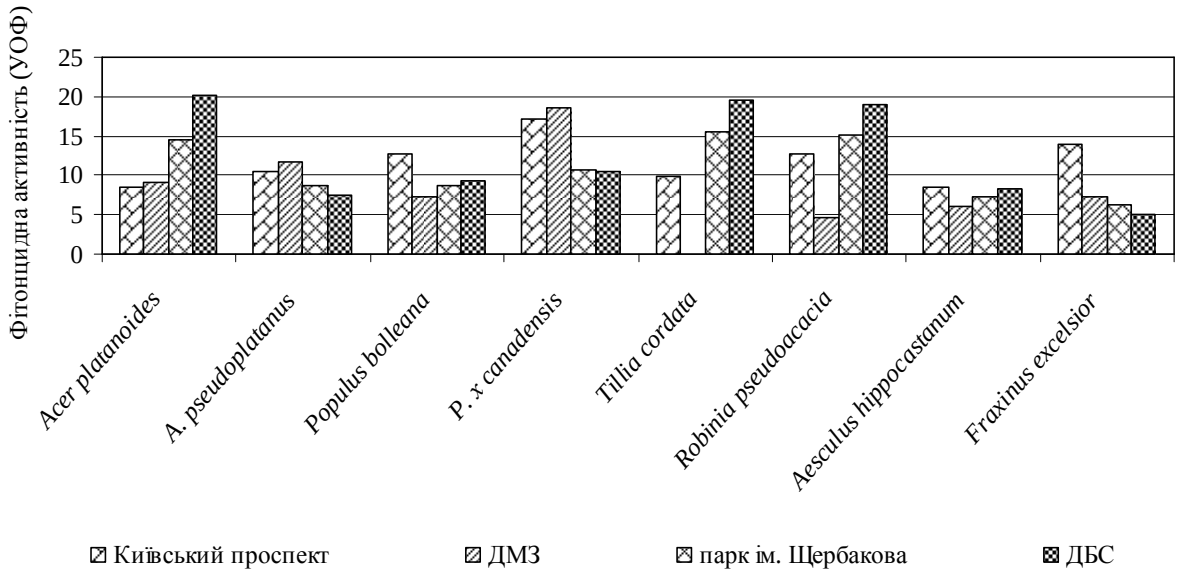


Рис. 3. Фітонцидна активність деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря (серпень).

На початку осені спостерігалось зниження фітонцидної активності дослідних деревних рослин (рис. 4.).

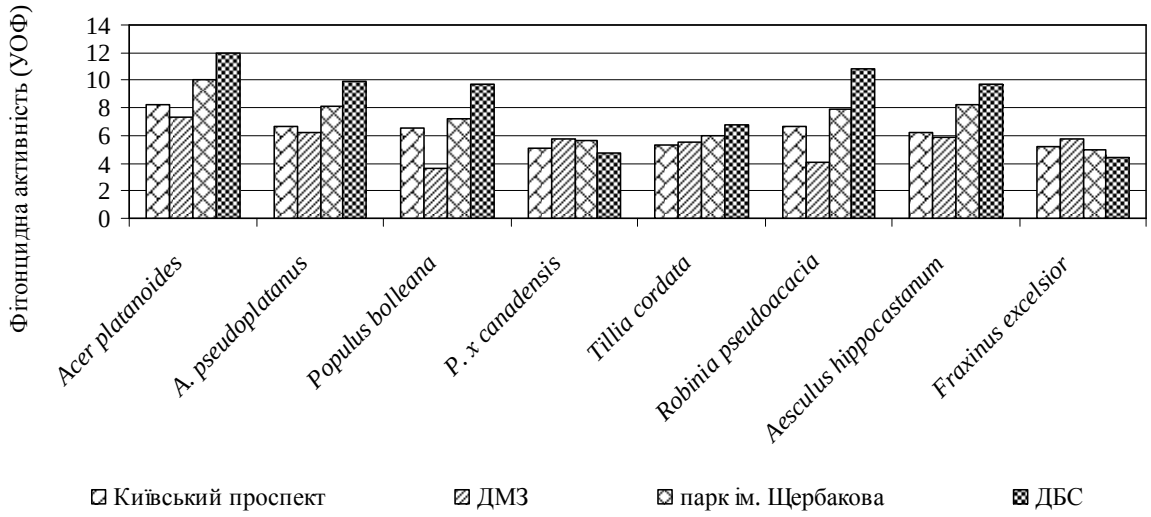


Рис. 4. Фітонцидна активність деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря (вересень).

Усі дослідні рослини у вересні мали середню та низьку ФА. Проте *R. pseudoacacia* та *A. platanoides* на контрольній ділянці виявили високу ФА. Найменшу протистоцидну дію виявлено в листків *P. bolleana* та *R. pseudoacacia*, що зростають біля ДМЗ 3,85±0,11 УОФ та 4,09±0,08 УОФ, відповідно, тому вони були віднесені до групи з низьким рівнем ФА. Інші досліджувані види у вересні показали середню фітонцидну активність.

Аналіз отриманих даних показав мінливість фітонцидної активності деревних рослин протягом сезону. Для більшості розглянутих видів деревних рослин на всіх ділянках характерний літній тип фітонцидної активності, з її піком у червні, проте *P.* x *canadensis* та *R. pseudoacacia*, що зростають у парку ім. Щербакова та ДБС, найбільшу протистоцидну дію виявили в серпні. Зниження протистоцидної дії летких виділень листків спостерігалось на

початку осені – у вересні, коли починаються процеси підготовки до листопаду. Більшість досліджених екземплярів найвищу ФА виявили в контролі та в парку, проте *P. bolleana*, *P.* x *canadensis* та *F. excelsior* найкращі результати показали на ділянках з високим рівнем забруднення повітря. Можливо зробити припущення, що для виживання в екстремальних екологічних умовах міста рослини мобілізують свої внутрішні резерви.

Висновки

Фітонцидна активність досліджених видів деревних рослин змінюється залежно від пори роки, з травня до вересня спостерігалось її зниження. Встановлено, що вплив урбанізованого середовища на фітонцидну активність був не однаковим. Забруднення повітря промисловими викидами пригнічувало виділення летких речовин листками п'яти видів дерев, у той час як у трьох видів, навпаки, фітонцидна активність під дією шкідливих речовин збільшувалась.

Список літератури

1. *Верейкина Н. Н.* Фитонцидная активность интродуцентов в условиях ботанического сада БелГУ / Н. Н. Верейкина, Р. М. Маслов // Актуальні проблеми ботаніки та екології: Матер. Міжнарод. конф. молодих вчених ботаніків України (м. Одеса, 21–22 березня 2003 р.). – Одеса, 2003. – С. 120–122.

2. *Голофтеева А. С.* Влияние тяжелых металлов на фитонцидную активность растений и микрофлору в условиях антропоэкосистемы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 «Экология» / А. С. Голофтеева. – Калуга, 2006. – 22 с.

3. *Григорьева М. В.* Фитонцидные свойства насаждений лесопарковой части зеленой зоны города Воронежа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 «Экология» / М. В. Григорьева. – Воронеж, 2000. – 24 с.

4. *Гродзинский А. М.* Фитонциды в эргономике / А. М. Гродзинский, Н. М. Макарчук, Я. С. Лещинская. – К.: Наук. думка, 1986. – 188 с.

5. *Исаева Р. Я.* Фитонцидная активность растений в условиях техногенной среды / Р. Я. Исаева, А. П. Швечикова, Т. М. Косогова // Вісник Луганського ун-ту. – 2010. – Вып. 15, т. 2. – С. 58–62.

6. *Кочергина М. В.* Фитонцидные свойства декоративных растений в условиях Воронежа / М. В. Кочергина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. Арханг. гос. техн. ун-т. – 2008. – Вып. 6. – С. 126–130.

7. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 325 с.

8. *Левон Ф. М.* Біолого-екологічні основи створення зелених насаджень в умовах урбогенного і техногенного середовища: автореф. дис. ... докт. сільськогосп. наук: 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація» / Ф. М. Левон. – Львів, 2004. – 46 с.

9. *Лялюк-Вітер Г. Д.* Дослідження санітарно-гігієнічних функцій лісових екосистем Карпатського національного природного парку / Г. Д. Лялюк-Вітер, Р. М. Вітер // Вісник Львівського нац. лісотехн. ун-ту. – 2009. – Вип. 9.10. – С. 78–82.

10. *Матвеев Н. М.* Фитонцидность некоторых древесно-кустарниковых пород Днепропетровского ботанического сада / Н. М. Матвеев // Фитонциды. Результаты, перспективы и задачи исследования. – К.: Наук. думка, 1972. – С. 132–134.

11. *Рогов В.* А. Улучшение параметров микроклимата в производственных помещениях / В. А. Рогов // Химия растительного сырья. – 2000. – № 2. – С. 73–78.

12. *Синельщиков Р. Г.* Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса / Р. Г. Синельщиков, В. Н. Мекель // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – К., 1979. – С. 78–86.

13. *Слепых В. В.* Природные и антропогенные факторы и фитонцидная активность древесных пород / В. В. Слепых // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 17–19.

14. *Токин Б. П.* Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах / Б. П. Токин. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. – 280 с.

15. *Хижняк Н. А*. Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса / Н. А. Хижняк, К. А. Фельдберг // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – К., 1979. – С. 65–69.

16. *Starcute Roma* Influence of preplant and vegetable crop rotation links on carrot yield and damage of pests / Roma Starkute, Laisvune Duchovskiene, Vytatus Zalatorius // Scientific works of the Lithuanian institute and Lithuanian university of agriculture. – 2009. – P. 217–224.

Глухов А. З., Володарец С. А. **К изучению фитонцидной активности древесных растений в условиях урбанизированной среды. –** Представлены первичные данные изучения сезонной динамики фитонцидной активности в течение одного вегетационного периода 8 видов древесных растений, произрастающих на участках с разной степенью загрязнения воздуха в г. Донецке. Установлено снижение фитонцидного действия летучих выделений листьев исследуемых деревьев с мая по сентябрь. Отмечено влияние техногенной среды на фитонцидную активность древесных растений.

Ключевые слова: фитонциды, древесные растения, фитонцидная активность, урбанизированная среда.

Glukhov A. Z., Volodarez S. A. **To the study of the phytoncide activity of woody plants in the urban environment. –** The first results of study of seasonal evolution the phytoncide activity during one season of 8 species of woody plants, which are growing at the areas with different degree of air pollution in Donetsk, are presented. It is established that the effects of volatile compounds given by leaves investigating trees was lowering from May to September. It should be noted that the anthropogenic environment has an influence on the phytoncide activity of woody plants.

Key words: phytoncides, woody plants, phytoncide activity, urban environment.

УДК 582.29 : 581.9 : 581.52 (477.60)

© А. С. Аверчук

РАРИТЕТНІ ВИДИ ЛІХЕНОФЛОРИ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр. Ілліча, 110
e-mail: averchuk@ukr.net

Аверчук А. С. **Раритетні види ліхенофлори Донецької області. –** Наведено список раритетних лишайників Донецької області, що включає 12 видів. До кожного виду надається інформація щодо причин зменшення його чисельності, поширення, подаються біоморфологічні ознаки. Наведено загальні рекомендації збереження та охорони популяцій видів лишайників, що є рідкісними.

Ключові слова: лишайники, Донецька область, Червона книга України.

Вступ

Надмірний розвиток промисловості на південному сході України призводить до масштабного забруднення навколишнього середовища. Численні підприємства створюють негативний фон для існування автохтонних рослин. Відвали вугільних шахт, розорювання цілинних земель, випасання та викошування травостою, видобування корисних копалин, викиди пилу та газів, токсичних важких металів спричиняють руйнування флори Донецької області. Проведення своєчасних заходів збереження вразливих видів рослин дозволить зупинити руйнування фітоценозів. Так, одним з таких методів є введення Червоної книги саме регіонального значення для території Донецької області.

На сьогодні до Червоної книги Донецької області занесено відомості про 382 види вищих та нижчих рослин, грибів і лишайників, що підлягають охороні [15]. Особливу увагу варто звернути на такі види, що внаслідок свого габітусу та екології нездатні протидіяти зовнішньому натиску. Так, лишайники у силу своєї надчутливості до зростаючого антропопресингу та стрімкої зміни навколишнього середовища можуть бути винищені протягом нетривалого часу. Відомості щодо рідкісних та тих, що знаходяться на межі вимирання, видів лишайників Донецької області лише фрагментарні і потребують подальшого відповідного дослідження. Одним з першочергових завдань є створення подібного «червоного» списку лишайників Донецької області.

Червона книга України (видання 1996 р.) включає відомості про 541 вид рослин, з яких 28 є лишайниками, а з них 6 видів характерні для території Донецької області. На сьогодні, за даними останнього видання (2009 р.), у країні налічується 826 видів, з яких 52 види – лишайники.

Результати дослідження

Нижче наводимо анотований список 12 раритетних видів лишайників за латинською абеткою, які включені до Червоної книги Донецької області [15]. Список складено за результатами власних ліхенологічних досліджень та за літературними джерелами останніх років. До кожного виду наведено його синонімічні назви, дані щодо кількості видів на території країни та області [17] – 1); поширення у світі та в країні, в Донецькій області – 2); місцезростання – 3); стан популяцій – 4); біоморфологічну характеристику виду – 5); причини раритетності виду – 6); прийняті заходи щодо його охорони в області, якщо такі застосовані по відношенню до виду – 7). Поширення раритетних видів лишайників на території області подано на схемі (рис. 1).

Aspicilia fruticulosa **(Eversm.) Flagey.** – Аспіцилія кущиста. Родина Мегаспорові – Megasporaceae.

1. Рід налічує 44 види, в Україні – 28 видів, у Донецькій області – 6 видів.
2. Загальне поширення: Сх. Європа (південь); Кавказ; Сер. Азія; Півн. Африка. В Україні: Степ, Крим, Гірський Крим. В Донецькій області: Старобешівський р-н [2, 5, 6, 16].
3. Міждернинні ділянки (на ґрунті) у степових фітоценозах (особливо літофільних), кам’янисті осипи та схили.
4. Трапляються досить великі групи.

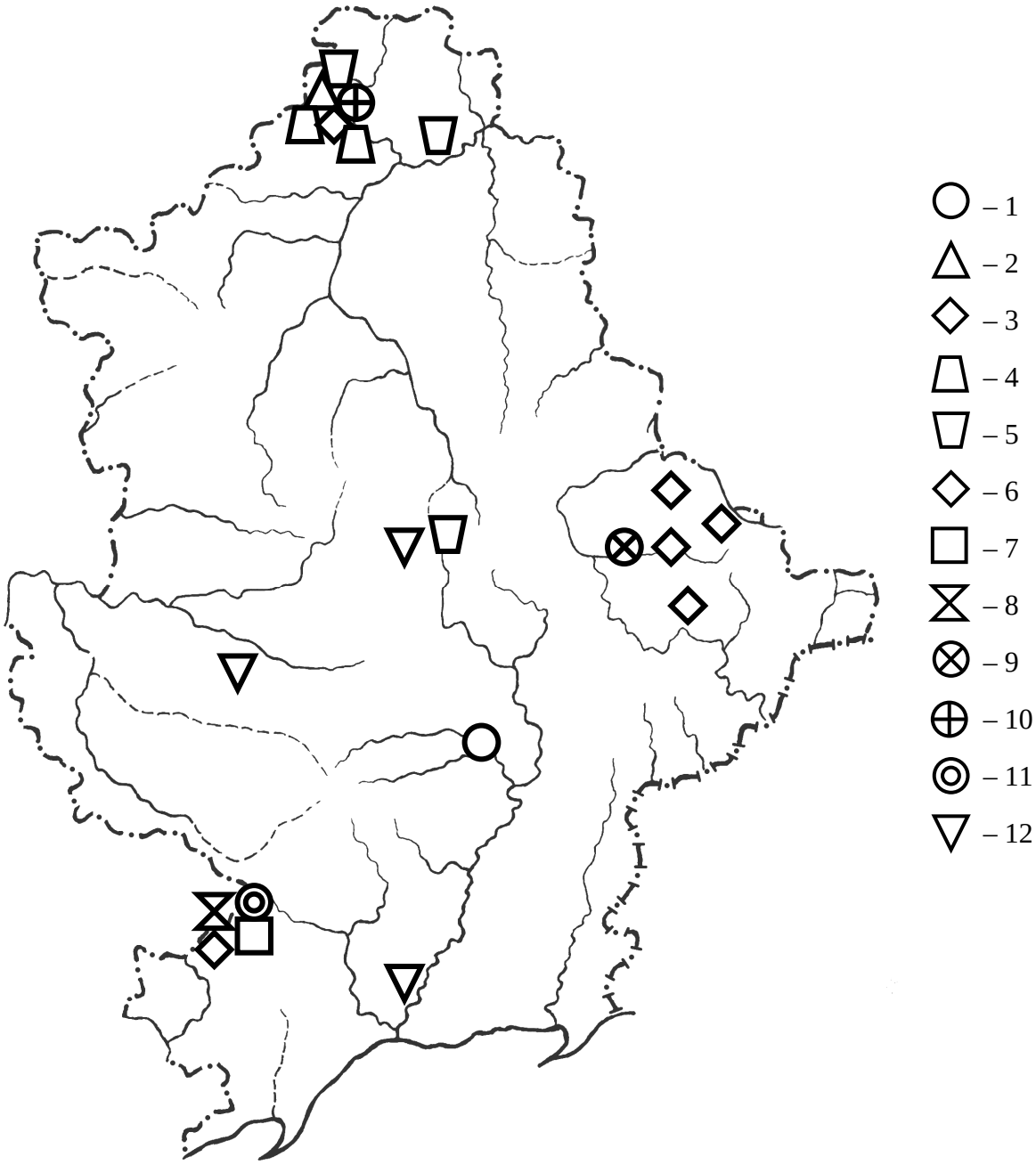


Рис. 1. Схема поширення раритетних видів ліхенофлори Донецької області: 1 – *Aspicilia fruticulosa* (Eversm.) Flagey.; 2 – *Caloplaca lobulata* (Flörke) Hellb.; 3 – *Cetraria steppae* (Savicz) Kärnefelt; 4 – *Chaenotheca trichialis* (Ach.) Th. Fr.; 5 – *Cladonia carneola* (Fr.) Fr.; 6 – *Collema tenax* (Sw.) Ach.; 7 – *Lasallia pustulata* (L.) Mérat; 8 – *Neofuscelia ryssolea* (Ach.) Essl.; 9 – *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.; 10 – *Rinodina exigua* (Ach.) Gray; 11 – *Umbilicaria subpolyphylla* Oxner.; 12 – *Xanthoparmelia camtschadalis* (Ach.) Hale.

5. Слань до субстрату не прикріплена, оливкового, землистого, сірувато-коричневого кольору у вигляді більш-менш круглястих грудочок 1-2 см у діаметрі (неправильної форми), лопаті короткі, дихотомічнорозгалужені, циліндричні, майже сосочкоподібні, на кінцях трохи здуті і світліші, з одним або кількома невеликими заглибленнями. Апотеції з круглястим, майже пласким диском, близько 1-2 мм діаметром, вкритим сизою поволокою, з товстим сланевим краєм, що дуже стирчить. Спори по 3-4 у сумках, кулясті, 20-24 мкм у діаметрі. Розмножується нестатевим (прямими голкоподібними пікноконідіями, фрагментами слані) та статевим (спорами) шляхами.

6. Розорювання степових ділянок.

7. Правові: Червона книга України. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області. На територіях природно-заповідного фонду (ПЗФ) не виявлений.

***Caloplaca lobulata* (Flörke) Hellb.** (*Xanthoria lobulata* (Flörke) de Lesd., *Xanthoria boulyi* Zahlbr.) – Калоплака лопатева. Родина Телосхістові – Teloschistaceae.

1. Рід налічує в Україні 106 видів, у Донецькій області – 3 види.

2. Загальне поширення: Півн., Центр., Півд., Сх. Європа; Сер., Сх. Азія; Африка; Пн. Америка. В Україні: Степ і Лісостеп. У Донецькій області: Слав'янський р-н [4, 5, 11].

3. На корі листяних дерев, на відкритих освітлених місцях і на обробленій деревині.

4. Трапляється щільно або поодинці.

5. Слань накипно-листувата, більш-менш кругляста, розеткоподібна, близько 2-3 (5) мм у діаметрі (сусідні розетки часто зливаються, утворюючи плями), матова, жовтувато-сіра або жовта, притиснена до субстрату. Лопаті маленькі, 0,3-0,8 мм довжиною, малорозвинені, іноді майже непомітні за плодовими тілами, опуклі або пласкі, на кінцях округлі до вирізаних, з голою гладкою поверхнею. Нижній бік слані сірувато-білуватий. Апотеції численні, майже цілком укривають слань; диск темно-жовтогарячий, більш-менш плаский, близько 0,3-0,5 мм у діаметрі, рідко більший, спочатку іноді з розсіянодрібнозубчастим, потім завжди цілим краєм. Спори 10-16 мкм завдовжки, 5-8 мкм завширшки.

6. Забруднення повітря.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, Національний природний парк (НПП) «Святі гори».

***Cetraria steppae* (Savicz) Kärnefelt** (*Coelocaulon steppae* (Savicz) Barreno et Vazques (*Cornicularia*) *steppae* Savicz)) – Цетрарія степова. Родина Пармелієві – Parmeliaceae.

1. Рід налічує 13 видів, в Україні – 9 видів, у Донецькій області – 1 вид.

2. Загальне поширення: Сх. Європа, Кавказ, Сибір, Сер. Азія. В Україні: Лісостеп та Степ (розсіяно), Гірський Крим, Південний Берег Криму. У Донецькій області: Володарський, Шахтарський р-ни (гербарій DNZ) [2, 5, 7, 12-14, 16].

3. Міждернинні ділянки на ґрунті у степах.

4. Трапляється досить великими групами або поодинці.

5. Слань 1-3 см заввишки, кущиста, більш-менш куляста, коричнева та темно-коричнева, звичайно матова; до субстрату не прикріплена. Гілочки круглястоциліндричні, дихотомічно- або неправильнорозгалужені, основні гілочки завширшки 0,5 мм, бічні – від 0,1 до 0,5 мм. Апотеції невідомі. Розмножується нестатевим шляхом (пікноконідіями та фрагментами слані).

6. Заростання відкритих степових ділянок.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, природний заповідник (ПЗ) «Кам'яні Могили».

***Chaenotheca trichialis* (Ach.) Th. Fr.** (*Ch. aeruginosa* (Turn.) A.L. Sm., *Cyphelium trichiale* (Ach.) De Not.) – Хенотека колосовидна. Родина Каліцієві – Caliciaceae.

1. Рід налічує 20 видів в Україні, у Донецькій області – 3 види.

2. Загальне поширення: Європа, Азія, Півд. Америка. В Україні: Лісостеп. У Донецькій області: Слов'янський р-н [4, 5, 9].

3. На щілистій корі листяних та хвойних дерев, рідше на старій деревині.

4. Трапляється досить рідко.

5. Слань зерниста або зернисто-бородавчаста, із злитих чи розсіяних соредій та ізидій, сірувата, білувато-зеленувата до оливково-сірої, іноді борошниста. Підслань білувата. Апотеції на довгих, до 2 мм, тонких темно-каштаново-коричневих блискучих ніжках. Головки кулясті, темно-коричневі до чорних, у нижній частині вкриті рідкою білуватою поволокою. Спорова маса (мацедій) коричнева до темно-коричневої, пласка або трохи опукла. Спори кулясті, коричнюваті, одноклітинні, близько 2-5 мкм діаметром.

6. Забруднення повітря.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, НПП «Святі гори».

***Cladonia carneola* (Fr.) Fr.** (*Cenomyce carneola* Fr.) – Кладонія тілесна. Родина Кладонієві – Cladoniaceae.

1. Рід налічує 84 види, в Україні – 54 види, в Донецькій області – 7 видів.

2. Загальне поширення: Півн., Центр., Сх. Європа; Сер., Сх. Азія; Півн., Півд. Америка. В Україні: Закарпаття, Донецький Лісостеп. У Донецькій області: Краснолиманський р-н, околиці м. Донецька (гербарій DNZ) [1, 5, 6, 10].

3. На ґрунті, торф'янистому ґрунті, гниючому деревинному субстраті, трухлявих пнях, між скелями.

4. Зростає поодинці та невеликими групами. Трапляється дифузно на освітлених місцях.

5. Слань горизонтальна, складається з лусочок від 0,3 до 10 мм завдовжки. Лусочки розсічені чи з лопатями, висхідні, жовтувато-сизі до жовтуватих, знизу білі, зрідка з слабким жовтуватим відтінком. Подеції 0,5-2,0 (4,0) мм заввишки та 0,5-3,0 (4,0) мм завтовшки, прямостоячі, прості, вгорі кубкоподібні, вкриті коровим шаром лише в нижній частині, а вище – борошнистими або зернистими сорédіями, без лусочок чи рідко тільки при основі з кількома лусочками, солом'яно-жовті, світло-сірчано-жовті до жовтувато-сіруватих. Кубки більш-менш правильні, дно непродірявлене, близько 2-15 мм діаметрі, цілокраї чи зубчасті або по краю з проліфікаціями. Спори еліпсоїдні до яйцеподібних.

6. Забруднення повітря.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, НПП «Святі Гори».

***Collema tenax* (Sw.) Ach.** (*Lichen tenax* Sw.) – Колема чіпка. Родина Колемові – Collemataceae.

1. Рід налічує 29 видів, в Україні – 19 видів, у Донецькій області – 1 вид.

2. Загальне поширення: Європа; Кавказ; Зах. Азія; Африка; Півд. Америка. В Україні: Прикарпаття, Донецький Лісостеп. У Донецькій області: Слав'янський р-н [4, 5, 9].

3. На вапнякових скелях, між мохами.

4. Трапляється досить рідко.

5. Слань плівчаста, притиснута, листувата, у вигляді розеток до 2-4 см у діаметрі, темно-сіро-зелена до чорнувато-зеленої, зволожена – зелена. Лопаті численні, радіально або неправильно розташовані, з більш-менш округлими, цілісними або вирізаними хвилястими висхідними краями. Апотеції 1-2 мм завширшки, спочатку занурені, потім сидячі, диск плаский, світло-коричнево-червоний; сланевий край товстий, спочатку цілий, потім іноді зернистий. Спори яйцеподібні до еліптичних, 14-25 × 8-12 мкм.

6. Забруднення повітря, випасання худоби, рекреація.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області. На територіях ПЗФ не виявлений.

***Lasallia pustulata* (L.) Mérat** (*Umbilicaria pustulata* (L.) Hoffm.) – Ласалія пухирчаста. Родина Умбілікарієві – Umbilicariaceae.

1. Рід налічує 2 види, в Україні – 2 види, у Донецькій області – 1 вид.

2. Загальне поширення: Європа; Зах. Сибір; Сер., Центр., Сх. Азія; Африка; Півн., Центр. Америка. В Україні: Лісостеп; Степ, південний берег Криму. У Донецькій області: Володарський р-н [2, 5, 6, 10, 16].

3. Відслонення силікатних порід (на відкритих та слабозатінених місцях з досить частим періодичним зволоженням – туманом, росою).

4. Трапляються великими групами, рідше – поодинці.

5. Слань кругляста, до 10 (25) см діаметром, складається з одного листка, досить притиснута до субстрату, пласка або вгнута, по краю розірвано-виїмчаста, крихка, зверху сіра або темно-сіро-коричнева, зволожена – коричнево-зеленувата, матова, з численними, розміщеними ближче до краю слані пухирчастими здуттями (1-6 мм завширшки, 0,5-2,0 мм

заввишки), часто вкритими білою потрісканою поволокою; прикріпляється до субстрату гомфом. На верхній поверхні слані майже завжди утворюються (особливо ближче до краю) скупчені зеленувато-чорні ізидії. Апотеції близько 1-3 мм у діаметрі, спочатку з заглибленим, потім з опуклим чорним диском, зустрічаються рідко. Розмножується нестатевим (фрагментами слані та ізидіями) та статевим (спорами) шляхами. Спори еліптичні.

6. Забруднення повітря, випадання кислотних дощів.

7. Правові: Червона книга України. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, ПЗ «Кам'яні Могили».

***Neofuscelia ryssolea* (Ach.) Essl.** – Неофусцелія грубозморшкувата. Родина Пармелієві – Parmeliaceae.

1. Рід налічує 7 видів, в Україні – 7 видів, у Донецькій області – 3 види.

2. Загальне поширення: Зах., Півд. Європа; Кавказ; Сибір; Сер., Центр. Азія. В Україні: Степ, Лісостеп (південь); Гірський Крим (зрідка). У Донецькій області: Володарський р-н [2, 5, 7, 8, 12, 16].

3. Міждернинні ділянки на ґрунті у степових угрупованнях.

4. Трапляється досить великими групами. Спостерігається тенденція до скорочення.

5. Слань у вигляді притиснених кущиків 1,5-4,5 см заввишки, зовсім не прикріплена, досить м'яка, зверху оливково-коричнева, лопаті гладенькі або іноді зморшкуваті, більш-менш блискучі, на кінцях трохи розширені, затуплені або дуже коротко розгалужені, без сорédій та ізидій, знизу – оливково-бурі. Нижня поверхня світліша, гола, матова. Апотеції невідомі. Розмножується вегетативно (фрагментами слані).

6. Розорювання степових ділянок.

7. Правові: Червона книга України. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, ПЗ «Кам'яні Могили».

***Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.** (*Parmelia ambigua* Ach., *Imbricaria diffusa* Köerb.) – Пармеліопсіс сумнівний. Родина Пармелієві – Parmeliaceae.

1. Рід налічує 3 види, в Україні – 3 види, у Донецькій області – 2 види.

2. Загальне поширення: Європа; Азія; Півд. Америка. В Україні: Донецький Лісостеп. У Донецькій області: Шахтарський р-н [5, 7, 8].

3. Кора листяних деревних рослин (особливо часто берез), пні і оброблена деревина, рідше – на кам'янистому субстраті.

4. Зростає поодинці та невеликими групами. Трапляється дифузно між іншими видами на освітлених місцях.

5. Слань сірувато-сірчано-жовта до зеленувато-жовтої, щільно притиснена до субстрату, більш-менш кругляста. Лопаті променисто розташовані, до 1 мм завширшки, більш-менш пірчастовирізані, пласкі, у центральних частинах несуть здебільшого головчасті світло-сірчано-жовті сорédії, які іноді згодом зливаються у суцільну сорédіозну масу. Нижній бік слані темно-коричневий, густо вкритий темними ризоїдами. Апотеції до 2 мм діаметром, диск каштановий, плаский до трохи опуклого. Спори видовжені, прямі або трохи зігнуті, 7-12 × 2,0-3,5 мкм. Пікноконідії зігнуті, нитчасті, 12-18 (25) × 0,5-1 мкм. У Донецькій області виключно стерильний.

6. Забруднення повітря.

7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області. На територіях ПЗФ не виявлений.

***Rinodina exigua* (Ach.) Gray** (*Rinodina exiguella* (Vain.) H. Magn., *R. metabolica* auct.) – Рінодіна скудна. Родина Фісцієві – Physciaceae.

1. Рід налічує 51 вид, в Україні – 27 видів, у Донецькій області – 1 вид.

2. Загальне поширення: Європа; Півн. Африка; Півн. Америка; Австралія. В Україні: Полісся, Лісостеп, Донецький Лісостеп. У Донецькій області: Слов'янський р-н [4].

3. На корі дерев і на старій деревині.

4. Трапляються досить великі групи.
5. Слань досить тонка, зернисто-бородавчаста, білувата, світло-сірувата до зеленувато-сірої, часто зовсім непомітна. Підслань непомітна. Апотеції скупчені або розсіяні, до 0,7 мм діаметром. Диск спочатку плаский, потім опуклий, темно-коричневий до чорнуватого, з тонким цілісним або дрібнозубчастим зникаючим краєм. Гіпотецій безбарвний. Парафізи пухкі, на кінцях потовщені, коричнюваті. Сумки з 8 спорами. Спори з досить товстою поперечною перегородкою, темні, близько 12-20 × 6-8 мкм. Слань від їдкого калію спочатку жовтіє, потім стає брудно-червоною.
6. Забруднення навколишнього середовища.
7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, НПП «Святі Гори».

***Umbilicaria subpolyphylla* Oxner.** – Умбілікарія багатолистоподібна. Родина Умбілікарієві – Umbilicariaceae.

1. Рід налічує 22 види, в Україні – 11 видів, в Донецькій області – 3 види.
2. Загальне поширення і в Україні: Лівобережний Злаково-Лучний Степ. У Донецькій області: Володарський р-н [3, 6, 10, 16].
3. Добре освітлені прямовисні поверхні гранітних скель.
4. Зростає поодинці та невеликими групами.
5. Слань 2-3 см завширшки, листувата, шкіряста; прикріплена до субстрату центральним гомфом. Поверхня слані сірувато-бурувата, оливково-бурувата або чорна, іноді з бурими плямами, матова, зморшкувата. Апотеції невідомі. Розмножується вегетативно (за допомогою лускоподібних виростів, що утворюються на поверхні слані).
6. Забруднення повітря, кислотні дощі.
7. Правові: Червона крига України. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області, ПЗ «Кам'яні Могили».

***Xanthoparmelia camtschadalis* (Ach.) Hale** (*Parmelia vagans* Nyl.) – Ксантопармелія камчадальська. Родина Пармелієві – Parmeliaceae.

1. Рід налічує 6 видів, в Україні – 6 видів, у Донецькій області – 2 види.
2. Загальне поширення: Сх. Європа (південь); Кавказ; Сибір; Дал. Схід; Сер., Сх., Центр. Азія, Півн. Америка. В Україні: Степ, Крим. У Донецькій області: Новоазовський, Мар'їнський, Ясинуватський р-ни [2, 5, 8, 7, 12, 16].
3. Міждернинні ділянки (на ґрунті), піщані місця (часто з іншими кочовими лишайниками).
4. Трапляється поодинці або досить великими групами.
5. Слань вільна, до субстрату не приростає, листувата, має приплюснуто-кущистий вигляд (лопаті підіймаються вгору), 2-4 мм діаметром, зверху світло-сірувато-зелена, матова чи трохи блискуча, без соредіїв та ізидіїв; нижня поверхня темно-коричнева, із залишками ризоїдів або зовсім гола; лопаті слані вузькі, неправильно чи дихотомічно розгалужені, зверху в центральній частині часто потріскані. Стиглі апотеції невідомі. Розмножується вегетативно (фрагментами слані).
6. Розорювання та заростання відкритих степових ділянок.
7. Фактичні регіональні: Червона книга Донецької області. На територіях ПЗФ не виявлений.

Висновки

Для збереження раритетних видів лишайників необхідно звезти до мінімуму антропогенне навантаження й зменшити фактори, що призводять до їх зникнення, на територіях поширення. Необхідно зберегти їхні місцезростання на степових ділянках, контролювати стан популяцій, розширити території, що охороняються; якщо місцезростання цих видів виявились за межами заповідних територій, то необхідно створення заказників, пам'яток природи тощо. Слід розробити норми помірного навантаження на степові ділянки з метою збереження видів, бо без належних заходів у майбутньому можна прогнозувати повне

знищення рідкісних видів лишайників у Донецькій області, що може призвести до зниження різноманітності видового складу лишайників як південного сходу, так і всієї України.

Список літератури

1. *Аверчук А. С.* Особенности лихенофлоры отвалов угольной шахты им. Калинина / А. С. Аверчук, Н. А. Хижняк // Тези доп. VII Міжнар. наук. конф. аспір. та студ. «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» (м. Донецьк, 15–17 квітня 2008 р.). – Донецьк, 2008. – Т. 1. – С. 205–206.

2. *Копачевская Е. Г.* Лихенофлора Крыма и ее анализ / Евгения Георгиевна Копачевская. – К.: Наук. думка, 1986. – 296 с.

3. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – Т. 2. – 480 с.

4. *Надєіна О. В.* Лишайники національного природного парку «Святі Гори» / О. В. Надєіна // Чорноморський ботан. журн. – 2007. – Т. 3, № 2. – С. 100–108.

5. *Окснер А. М.* Визначник лишайників УРСР / Альфред Миколайович Окснер. – К.: Вид-во АН УРСР, 1937. – 341 с.

6. *Окснер А. М.* Флора лишайників України / Альфред Миколайович Окснер. – К.: Наук. думка, 1968. – Т. 2, вип. 1. – 450 с.

7. *Окснер А.М.* Флора лишайників України / Альфред Миколайович Окснер. – К.: Наук. думка, 1993. – Т. 2, вип. 2. – 541 с.

8. Определитель лишайников СССР. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые / Отв. ред. И. И. Абрамов. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1971. – Вып. 1. – 412 с.

9. Определитель лишайников СССР. Калидиевые – Гиалектовые / Отв. ред. И. И. Абрамов. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1975. – Вып. 3. – 275 с.

10. Определитель лишайников СССР. Кладониевые – Акароспоровые / Отв. ред. И. И. Абрамов. – Л.: Наука, 1978. – Вып. 5. – 305 с.

11. Определитель лишайников России. Фусцидеевые, Телосхистовые / Отв. ред. Н. С. Голубкова. – СПб.: Наука, 2004. – Вып. 9. – 339 с.

12. *Ромс О. Г.* Нові місцезнаходження рідкісних видів лишайників на території УРСР / О. Г. Ромс, О. Б. Блюм // Укр. ботан. журн. – 1988. – Т. 5, № 45. – С. 55–61.

13. *Савич В. П.* О новом почвенном лишайнике *Cornicularia steppae mihi* и лишайнике *Cornicularia tenuissima* / В. П. Савич // Ботан. матер. ин-та спор. раст. Главн. ботан. сада РСФСР. – 1924. – Т. 3, вып. 1–12. – С. 185–188.

14. *Томин М. П.* Определитель кустистых и листоватых лишайников СССР / М. П. Томин. – Минск: Изд-во АН БССР, 1937. – 312 с.

15. Червона книга Донецької області: рослинний світ (рослини, що підлягають охороні в Донецькій області) / За ред. В. М. Остапка. – Донецьк: Новая печать, 2009. – 432 с.

16. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко та ін. – К.: УЕ, 1996. – 608 с.

17. Cybernome, the Nomenclator for Fungi and their Associated Organisms [Електронний ресурс]. – Режим доступу: (www.cybertruffle.org.uk/cybernome/rus).

Аверчук А. С. **Раритетные виды лихенофлоры Донецкой области.** – В статье представлен список раритетных лишайников Донецкой области, который включает 12 видов. По каждому виду приводится информация о причинах уменьшения его численности, распространения, а также перечисляются биоморфологические признаки. Приведены общие рекомендации по охране популяций редких видов лишайников.

Ключевые слова: лишайники, Донецка область, Красная книга Украины.

Averchuk A. S. **Rare species of lichen flora of Donetsk region.** – The article presents a list of rare lichens of Donetsk region which includes 12 species. Information regarding the causes of decline of abundance, distribution and biomorphological symptoms is given for each species. We give general recommendations for saving and protection of rare species of lichen.

Key words: lichens, Donetsk region, the Red Book of Ukraine.

УДК 581.9 : 580 : 581.4 (477.60)

© Н. Ю. Гнатюк

К ИЗУЧЕНИЮ ФЛОРЫ БАССЕЙНА РЕКИ КРЫНКИ (БАССЕЙН РЕКИ МИУС)

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
e-mail: donetsk-sad@mail.ru

Гнатюк Н. Ю. **К изучению флоры бассейна реки Крынки (бассейн реки Миус). –** Проведен сравнительный анализ флоры 10 объектов природно-заповедного фонда, расположенных в бассейне реки Крынки. Установлено, что флора бассейна Крынки включает 1187 видов сосудистых растений, из них 988 видов произрастают на территориях объектов природно-заповедного фонда. Описаны историко-географические условия района исследований, проанализирована степень флористической изученности территории и её флористическая репрезентативность.

Ключевые слова: флора, охрана, бассейн реки Крынки.

Введение

В связи с разработкой национальной экологической сети Украины актуальным вопросом является изучение флоры бассейнов рек, определение их фитосозологической ценности, проведение анализа флористической репрезентативности существующих территорий природно-заповедного фонда (ПЗФ). Именно водосборные бассейны малых рек в условиях равнинной местности и крайне трансформированного растительного покрова образуют конкретную флору или серию конкретных флор [1], которые необходимо рассматривать как единый естественный флористический комплекс [6, 8]. Таковым является бассейн реки Крынки, который занимает территорию площадью 2634 км^2 и отличается своеобразными природно-историческими и эколого-ландшафтными условиями.

Флора бассейна Крынки как объект конкретного исследования ранее не рассматривалась. Фрагментарные ботанические исследования проводились в основном в его северной и южной частях, о флоре восточной и центральной частей имеются отрывочные сведения, что свидетельствует о недостаточной изученности данной территории и обусловливает необходимость более глубокого инвентаризационного изучения флоры данного региона, ее созологической структуры.

Цель работы – установить богатство флоры и проанализировать флористическую репрезентативность бассейна Крынки, в том числе объектов ПЗФ, расположенных в данном бассейне, определить флористическое сходство объектов ПЗФ, провести созологическую оценку флоры.

Объектом изучения является флора бассейна Крынки, ее раритетная фракция, богатство и своеобразие которых обусловили целесообразность их изучения.

Материал, методы и характеристика района исследований

Материалами для данной работы послужили флористические списки, составленные на основе собственных полевых обследований, критически обработанных материалов гербарных коллекций Донецкого ботанического сада НАН Украины (DNZ) и опубликованных данных. Для сравнения использованы данные по флористическому составу объектов ПЗФ, расположенных в бассейне Крынки.

Исследования проводили общепринятым маршрутным методом. Теоретически ожидаемое количество видов на охраняемых территориях определяли с помощью уравнения Аррениуса [7], степень сходства флор рассчитана на основе коэффициента Жаккара [18].

Бассейн Крынки расположен на южном макросклоне Донецкого кряжа в пределах Донецкой (Шахтерский и Амвросиевский районы) и Луганской административных областей (Перевальский район). Согласно физико-географическому районированию Украины он относится к Крынскому и Торецко-Луганскому подрайонам в составе Крынско-Нагольчанского и Донецкого районов Донецкого округа Западнопричерноморской подпровинции Причерноморско-Донской провинции Паннонско-Причерноморско-

Прикаспийской области Голарктического царства [15]. Согласно геоботаническому районированию Украины бассейн Крынки относится к Донецкому лесостепному округу дубовых лесов, луговых и разнотравно-злаковых и петрофитных степей Черноморско-Азовской степной подпровинции, Понтической степной провинции, Лесостепной подобласти, Евразиатской степной области [4].

Геоморфологическое строение бассейна Крынки сложное, холмистое и представляет собой сочетание больших равнинных межречных пространств с относительно глубокими, крутосклонными долинами с частыми отслоениями каменноугольных и меловых пород. Многочисленные куполообразные холмы образованы известняками и песчаниками, которые являются устойчивыми к процессам выветривания и размыва [15]. Высшая точка (331 м) находится в окрестностях с. Орлово-Ивановка Шахтерского района. В формировании рельефа в пределах района исследования важное значение имеют геоморфологические процессы: выветривание и формирование элювия, массовое движение рыхлого материала, смыв и размыв, ветровая эрозия и аккумуляция, карстовые процессы рельефообразования, связанные с деятельностью человека. Бассейн реки Крынки характеризуется сильной интенсивностью плоскостного смыва почв (более 50%). Были отмечены также свободные современные тектонические движения в границах центральной и юго-восточной части цокольной пластово-денудационной основы Донецкого кряжа, где преобладают деструктивные экзогенные процессы разных типов – плоскостной смыв, линейная эрозия, гравитационные процессы. Среди гравитационных процессов преобладают значительные блоковые смещения, которые отмечены на правом коренном берегу Крынки в окрестностях с. Успенка. Они развиваются на красно-бурых и сарматских глинах, размещенных на разных гипсометрических уровнях, что определяет их двухступенчатое строение. В некоторых случаях смещенные цирки достигают в диаметре 250-300 м, в большинстве случаев это действующие смещения [16]. На территориях, связанных с поливом, который применяли на 90% орошаемых площадей, распространена «ирригационная эрозия», в результате которой происходит верхний смыв почвы, отмечавшийся при использовании поливных установок за один вегетационный период (5-6 поливов). Высокая эродированность почвенного покрова наблюдается в Шахтерском районе [5].

Следовательно, территория района исследования отличается значительным геологическим и геоморфологическим разнообразием вследствие длительной геологической истории.

Климат исследуемой территории континентальный, характеризуется как очень теплый, засушливый с недостаточной влажностью. Средняя температура воздуха в январе в г. Амвросиевка до –6,3°С, в Макеевке – 7,2°С. Абсолютный годовой максимум 40°С. Годовое количество осадков в Амвросиевке составляет 519 мм. Средняя максимальных декадных высот снегового покрова 16 см, в Торезе отмечалась его высота до 40 см. Для физико-географического района характерны частые вьюги, заморозки, туманы.

Почвенный покров представлен преимущественно черноземами обыкновенными среднегумусными и малогумусными, сформированными на лёссах и частично продуктах выветривания основных пород: сланцев, песчаника, глины.

Разнообразие типов местности в бассейне реки Крынки обуславливает разнообразие растительного мира. В районе исследований развиты следующие типы местности: равнинно-водораздельный, останцево-гривистый, тектонически-купольный, овражно-балочный, карстовый, пойменный, урбанизированный и техногенный. Гидрографические условия тесно связаны с климатом, рельефом и геологическим строением. Гидрографическая сеть представлена рекой Крынкой с притоками, водохранилищами, прудами. Коэффициент густоты речной сети с учетом рек длиной свыше 10 км бассейна Крынки составляет 0,42 км/км^2 [15]. Крынка – правый приток высшего порядка р. Миус, принадлежит бассейну Азовского моря. Ее исток находится возле г. Дебальцево. Крынка образована слиянием рек Садки и Булавинка юго-западнее г. Енакиево. Длина Крынки 180 км (в том числе на юго-востоке Украины – 165 км, на территории Ростовской области Российской Федерации – 15

км), долина реки узкая, глубокая до 60 м, с крутыми склонами. Скорость течения изменяется от 3 до 6 км/час, много мелей, завалов, перекатов, порогов. Уклон реки – 0,67 м/км. Русло извилистое, шириной от 5 до 20 м. Глубина до 1-2 м, местами 4 м. На отдельных участках произведена расчистка русла, вдоль которого расположены многочисленные сельскохозяйственные земли. Перепад уровня воды зависит от сезона и режима работы Зуевской ГРЭС от 3,0 до 29 $м^3$/сек. Дно илистое, на мелководных участках каменистое. В нижнем течении река протекает в мягких наносных почвах. Вода непрозрачна, замутнена. Покрывается льдом в конце декабря и вскрывается к середине февраля. Питание снеговое и дождевое, а также за счет вод многочисленных подземных источников. В бассейне Крынки находятся 123 малых водоема, объемом 25,25 млн. $м^3$ и площадью зеркала 6,94 $км^2$ [14]. В своем верхнем течении река протекает по густонаселенной местности (вниз по течению): г. Енакиево, пос. Нижняя Крынка, пос. Зуевка, г. Зугрес, пос. Троицко-Харцызск, с. Степано-Крынка, с. Благодатное, с. Великое Мешково, с. Карпово-Надеждинка, с. Белояровка, с. Успенка. Река Крынка имеет 12 притоков, крупнейшими из них являются Булавинка (длина 39 км), Ольховатка (33 км), Севастьяновка (28 км), Корсунка (25 км), Садки (19 км). В бассейне реки сооружено 5 водохранилищ технического и питьевого назначения: Ханженковское на Крынке (площадь водосбора 780 $км^2$, с запасом воды 19,4 млн. $м^3$, площадью зеркала 4,8 $км^2$), Зуевское на Крынке (площадь водосбора 1327 $км^2$, с запасом воды 5,9 млн. $м^3$, площадью зеркала 2,5 $км^2$), Ольховское на притоке Крынки р. Ольховатке (площадь водосбора 390 $км^2$, с запасом воды 26,8 млн. $м^3$, площадью зеркала 3,9 $км^2$), Волынцевское на притоке Крынки р. Булавинке (площадь водосбора 262 $км^2$, с запасом воды 13,6 млн. $м^3$, площадью зеркала 3,2 $км^2$) и Нижнекрынское [3, 14]. В бассейне Крынки имеется крупное подземное водохранилище пресной воды объемом несколько десятков миллионов $м^3$, разведанное в окрестностях с. Успенки. Вода реки используется для сельскохозяйственных, бытовых и технических нужд. Основными источниками загрязнения водотоков бассейна р. Крынка являются промышленные и бытовые сточные воды городов Дебальцево, Углегорска, Снежного, Тореза, Горловки, Енакиево, а также шахтные воды. Минерализация воды достигает 1,6 г/л и по сезонам года изменяется незначительно, что связано со стабильностью состава и свойств шахтных вод данного района. По составу вода р. Крынки хлоридно-сульфатного и сульфатного класса группы натрия и кальция [14]. В связи с поступлением большого количества отработанных вод величина биохимической потребности воды в кислороде достигает 5-7 мг O_2/л; содержание нефтепродуктов – до 2,5 мг/л, нелетучих фенолов – до 0,8 мг/л, азот нитратный – до 17 мг N/л. Низкое качество воды наблюдается на участке ниже г. Енакиево и впадения притока р. Корсунка. В последней превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) составляет: по взвешенным веществам – в 4 раза, по нефтепродуктам – в 30 раз, по фенолам – в 40 раз. В р. Булавинку ежегодно сбрасывается 6,5 млн. $м^3$ шахтных вод, и вода реки имеет превышение всех нормативов: по взвешенным веществам превышение ПДК в 10 раз, нефтепродуктам – в 60 раз, фенолам – в 50, минерализации – в 1,5 раза. На многих участках рек наблюдаются «мертвые зоны». По составу обе реки относятся к сульфатному классу группы натрия.

Концентрация загрязняющих веществ р. Ольховой промышленными и шахтными водами достигает 75-80%, состав воды – типичный для шахтных вод данного района – сульфатного класса группы натрия. Величина минерализации 1,3-1,5 г/л, превышение ПДК по нефтепродуктам в 2-5 раз, фенолам – в 8 раз. В Ольховское водохранилище данной рекой вносится до 140 тыс. т солей, свыше 10 т нефтепродуктов, 190 кг фенолов в год [14].

Таким образом, бассейн р. Крынки, особенно в верхнем течении реки, находится в крайне загрязненном состоянии. В большинстве водотоков процессы самоочищения нарушены.

В бассейне Крынки расположены крупнейшие города Донецкой области – Горловка (295,1 тыс. чел.), Енакиево (145,8 тыс. чел.), Харцызск (108,6 тыс. чел.), которые являются многоотраслевыми промышленными центрами и относятся к межречному типу урбанизированных территорий. Они характеризуются разной степенью трансформации

природного рельефа, разнообразными проявлениями опасных природных и природно-антропогенных процессов, которые возникли вследствие техногенных статических и динамических нагрузок на рельеф. В связи с этим почва имеет высокое загрязнение вредными химическими веществами: пестицидами (г. Харцызск, г. Горловка, г. Макеевка), ртутью (г. Горловка – 5,7 мг/кг, г. Енакиево – 2,6 мг/кг), марганцем (г. Енакиево – 3672 мг/кг), хромом (г. Енакиево – 408 мг/кг).

Растительный покров бассейна Крынки в доагрикультурный период представлял собой разнотравно-типчаково-ковыльные степи на малогумусных и среднегумусных черноземах, растительность петрофитных обнажений, в истоке реки в балках и оврагах были распространены байрачные дубравы, в долине реки были распространены в основном пойменные леса. Теперь распаханные земли занимают 61,4% площади Амвросиевского района, до 51,0% площади Шахтерского района Донецкой области и 40,8% площади Перевальского района Луганской области. Леса Крынского подрайона – лиственные, байрачного и пойменного типа, общая их площадь – 70 км^2. В Шахтерском и Амвросиевском районах сенокосы занимают (соответственно) 0,4 и 0,2%, пастбища – 14,1 и 9,1%, многолетние насаждения – 1,2 и 1,8%, леса с лесополосами и лесонасаждениями в балках и на песках – 8,5 и 6,9%, кустарники – 0,8 и 0,3%. Доля балок составляет 0,71-1,22% территории районов [15]. На участках с природной растительностью в бассейне Крынки сохранилось высокое флористическое богатство с концентрацией раритетных видов.

Рассмотренные характерные особенности региона явились предпосылкой всестороннего изучения конкретной флоры бассейна Крынки, т.к. бассейн реки является естественным природно обусловленным целостным образованием, имеющим свою специфику, историю и перспективу. Для понимания структуры конкретной флоры можно изучать её при помощи сравнительного анализа флор-изолятов внутри речного бассейна.

Результаты и обсуждение

Флора бассейна реки Крынка рассматривается в границах Торецко-Луганского и Крынского флористических подрайонов в составе Донецкого района Донецкого округа [1]. Важнейшим количественным показателем каждой флоры считается флористическое богатство, которое определяется количеством таксонов в пределах исследуемого региона.

В результате ботанического обследования установлено, что флора бассейна Крынки включает 1187 видов сосудистых растений, что свидетельствует о высоком уровне её богатства. Для сравнения, флора бассейна Казенного Торца (общая площадь 5410 км^2) включает 964 вида сосудистых растений [11], флора бассейна реки Латорица в Прикарпатье (площадь 3000 км^2) включает 1279 видов [12]. Репрезентативность флоры бассейна Крынки составляет 57,2% флоры юго-востока Украины в пределах Донецкой и Луганской областей.

Бассейн Крынки является экологическим коридором национального уровня экологической сети Украины, основными «звеньями» которой служат территории ПЗФ, сочетающие природоохранные и рекреационные функции [2, 9, 13]. В бассейне реки Крынки функционируют 11 объектов ПЗФ (общей площадью 10225,32 га), в том числе 2 региональных ландшафтных парка (РЛП) «Донецкий кряж» и «Зуевский», 6 заказников местного значения (ЗАКм) – «Урочище Плоское», «Урочище Россоховатое», «Урочище Софиевское», «Обушок», «Лес на реке Крынка», «Пристенское», заказник общегосударственного значения (ЗАКг) «Бердянский», памятник природы общегосударственного значения (ППг) «Балка Горькая», памятник природы местного значения (ППм) «Балка Журавлева» (табл. 1, рис. 1). Флоры объектов ПЗФ различаются между собой по количеству видов, однако прямая зависимость количества видов от площади объекта не наблюдается. Площадь объектов ПЗФ в бассейне Крынки составляет 3,9% от всей площади бассейна реки и 8,5% от общей площади объектов ПЗФ Донецкой области. В настоящее время в бассейне Крынки проектируется создание ЗАКм «Балка Скелевая» площадью 117,8 га.

Таблица 1

Площадь и количество видов объектов природно-заповедного фонда, расположенных в бассейне реки Крынки

№	Объект ПЗФ	Площадь, га	Фактическое количество видов	Ожидаемое количество видов			
				$У_1$	$У_2$	$У_3$	$У_4$
Торецко-Луганский подрайон							
1.	ЗАКм «Урочище Плоское»	129	441	340	325	368	338
2.	ЗАКм «Урочище Россоховатое»	101	349	326	312	354	324
3.	ЗАКм «Урочище Софиевское»	565	473	436	417	473	434
4.	ЗАКм «Балка Скелевая» (проектируемый)	117,8	571	336	320	364	368
Крынский подрайон							
5.	РЛП «Донецкий кряж»	7463,52	723	678	648	659	604
6.	РЛП «Зуевский»	1214,2	506	497	475	539	494
7.	ЗАКм «Лес на реке Крынка»	25	219	256	245	278	255
8.	ЗАКм «Пристенское»	250	436	380	363	412	378
9.	ЗАКг «Бердянский»	413	490	414	396	449	411
10.	ППг «Балка Горькая»	4	186	188	180	203	186
11.	ЗАКм «Обушок»	58,6	-	-	-	-	-
12.	ППм «Балка Журавлева»	2	-	-	-	-	-

О флористической репрезентативности можно судить по ожидаемому увеличению количества видов растений в случае удвоения площади. Изучены флоры десяти объектов ПЗФ площадью от 4 до 7463,52 га. В табл. 1 приведено фактическое количество видов сосудистых растений по результатам наших исследований. Для определения теоретически ожидаемого количества видов на охраняемых территориях использовано уравнение Аррениуса: $У = AX^z$, где У – количество видов в районе площадью X; A – количество видов на единице площади, характеризующее уровень видового богатства флоры; z – показатель пространственного разнообразия биоты. Для зон широколиственных лесов, степной и субтропической Л. И. Малышев [7] приводит значение экспоненты z = 0,14-0,19, на основании чего, следом за Р. И. Бурдой [1], в дальнейших расчетах принято z = 0,17. Коэффициент A, характеризующий уровень видового богатства флоры, вычислен с применением формулы Аррениуса в следующих четырех вариантах: A_1 – исходя из регионального видового разнообразия флоры (на площади 53,2 тыс. км^2 – 2070 видов); A_2 – исходя из уровня флористического богатства бассейна реки Крынки (бассейн Крынки 2,63 тыс. км^2 – 1187 видов); A_3 – исходя из уровня флористического богатства среднего по площади резервата (ЗАКм «Урочище Софиевское»: 565 га – 473 вида); A_4 – исходя из уровня флористического богатства малого по площади резервата (ППг «Балка Горькая»: 4 га – 186 видов). На основании коэффициентов $A_1 – A_4$ рассчитаны ожидаемые количества видов ($У_1 – У_4$) для десяти объектов ПЗФ, фактический видовой состав которых установлен заранее.

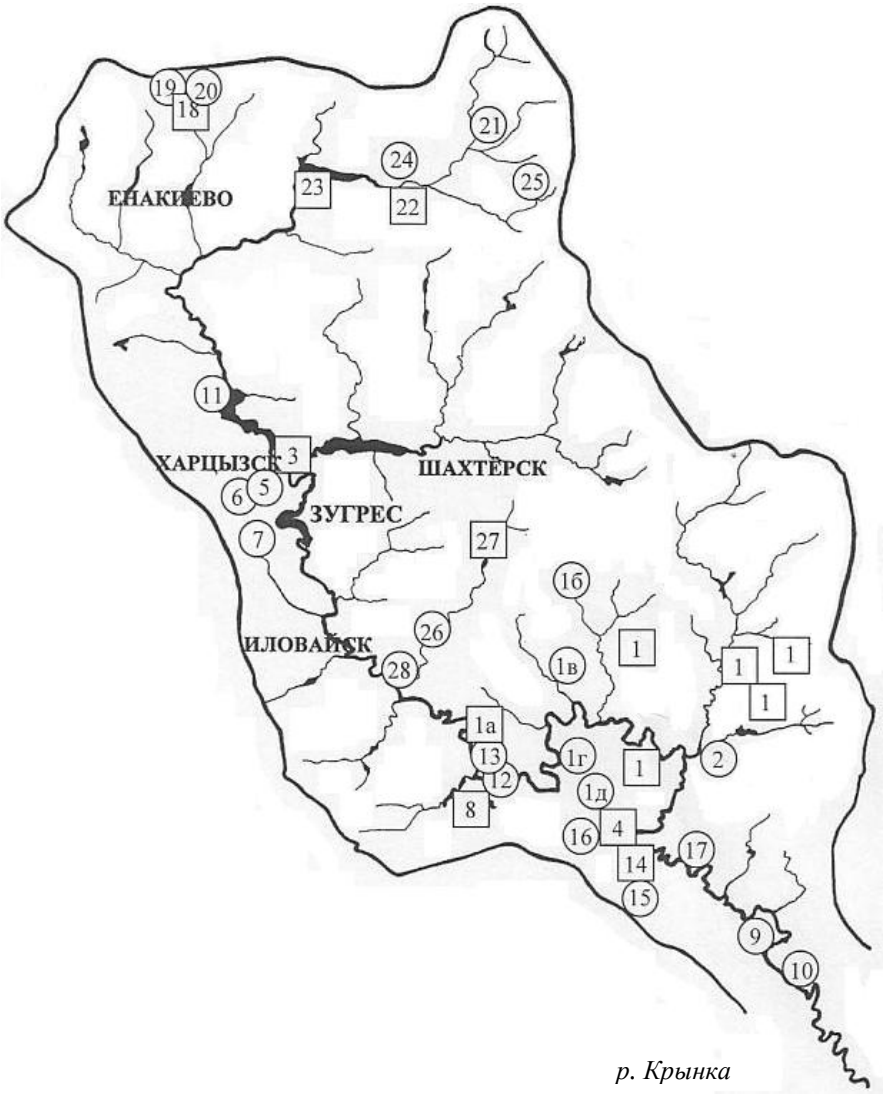


Рис. 1. Картосхема флор-изолятов, расположенных в бассейне реки Крынки:
1 – РЛП «Донецкий кряж», 1а – ЗАКг «Бердянский», 1б – с. Большая Шишовка, 1в – с. Малая Шишовка, 1г – с. Благодатное, 1д – с. Великое Мешково и ППм «Балка Журавлева», 2 – с. Артёмовка, 3 – РЛП «Зуевский», 4 – ЗАКм «Пристенское», 5 – с. Николаевка, 6 – с. Дубовка, 7 – с. Новопелагеевка, 8 – ЗАКм «Лес на реке Крынка», 9 – с. Калиновое, 10 – с. Успенка, 11 – пос. Нижняя Крынка, 12 – с. Котовского, 13 – с. Новоклиновка, 14 – ППг «Балка Горькая», 15 – г. Амвросиевка, 16 – пос. Новоамвросиевское, 17 – с. Белояровка, 18 – ЗАКм «Урочище Софиевское», 19 – урочище Поклонский лес, 20 – урочище Кондратьевское, 21 – ЗАКм «Балка Скелевая» (проектируемый), 22 – ЗАКм «Урочище Плоское», 23 – ЗАКм «Урочище Россоховатое», 24 – урочище Булавинское, 25 – урочище Каменка, 26 – с. Русско-Орловка, 27 – ЗАКм «Обушок», 28 – с. Степано-Крынка.

Флоры-изоляты природно-заповедного фонда обозначены квадратом; флоры-изоляты, рекомендованные для включения в природно-заповедный фонд, обозначены кругом.

Ожидаемое количество видов в общем не совпадает с фактическим. Расчетные данные оказались для большинства флор-изолятов заниженными по сравнению с фактическими, исключением стал ЗАКм «Лес на реке Крынка», где расчетные числа завышенные. Завышенные данные для ЗАКм «Лес на реке Крынка» во всех четырёх вариантах свидетельствуют, очевидно, о неполном флористическом изучении данного объекта и связаны с тем, что он представляет собой искусственное лесное насаждение. Несмотря на это, следует отметить, что прямая зависимость между числом видов и площадью сохраняется как для объектов ПЗФ с большой площадью, так и с малой. Р. И. Бурда при изучении

зависимости между числом видов и площадью малых флор особо охраняемых территорий на юго-востоке Украины отмечала, что «с уменьшением площади постепенно уменьшается и число видов – сохраняется лишь при определенных условиях» [1, с. 63].

Установлено, что флористическое богатство 11 функционирующих объектов ПЗФ, расположенных в бассейне Крынки, представлено 988 видами, что составляет 83,2% от общего количества видов флоры бассейна. В Торецко-Луганском подрайоне находятся 3 объекта ПЗФ (ЗАКм «Урочище Плоское», ЗАКм «Урочище Россоховатое» и ЗАКм «Урочище Софиевское») общей площадью 795 га, а также проектируемый ЗАКм «Балка Скелевая»; в Крынском подрайоне – 8 объектов общей площадью 9430,32 га. Неполные флористические данные имеются по двум объектам ПЗФ («Балка Журавлева» и «Обушок»).

Учитывая значительную степень антропогенной трансформации флоры, Р. И. Бурдой [1] установлено, что элементарной природной единицей надо принимать флору-изолят площадью не менее 500-600 га в случае целостной территории и около 800 га – в случае архипелагоподобной. На территории бассейна Крынки 3 объекта ПЗФ имеют площади более 500 га (ЗАКм «Урочище Софиевское», РЛП «Донецкий кряж», РЛП «Зуевский»).

Для выявления степени однородности флоры бассейна Крынки проведено сравнение видового состава флор десяти объектов ПЗФ при помощи коэффициента Жаккара [18]. Пределы этого коэффициента от 0 до 1, причем Kj = 1 означает полное сходство флор. Абсолютные значения коэффициента Жаккара, полученные для отдельных пар объектов ПЗФ, варьируют от Kj = 0,20 до Kj = 0,56. Исходя из полученных коэффициентов, методом «максимального корреляционного пути», для более наглядного представления о сходстве десяти объектов ПЗФ построен дендрит (рис. 2). Установлено, что наибольшим сходством видового состава обладают ЗАКм «Урочище Россоховатое» и ЗАКм «Урочище Софиевское» (Kj = 0,56), ЗАКм «Урочище Софиевское» и ЗАКг «Бердянский» (Kj = 0,51), ЗАКм «Урочище Софиевское» и РЛП «Зуевский» (Kj = 0,50), ЗАКм «Урочище Плоское» и ЗАКг «Бердянский» (Kj = 0,50), ЗАКм «Пристенское» и ЗАКг «Бердянский» (Kj = 0,50). Между остальными парами локальных флор сходство видового состава ниже Kj = 0,50. Наименьшим сходством обладают флоры РЛП «Донецкий кряж» и ППг «Балка Горькая» (Kj = 0,20).

В дендрите сразу обращает на себя внимание изолированное положение флоры ППг «Балка Горькая», объяснить которое можно, очевидно, его расположением в нижнем течении Крынки. Кроме этого, относительно изолированное положение в дендрите занимает РЛП «Донецкий кряж». На уровне максимального сходства Kj = 0,46 от общего дендрита отчленяется флора ЗАКм «Лес на реке Крынка», а на уровне максимального сходства Kj = 0,49 – плеяда, состоящая из проектируемого ЗАКм «Балка Скелевая» и РЛП «Донецкий кряж».

Исследованные флоры объектов ПЗФ в значительной степени отражают современную флористическую ситуацию в бассейне Крынки, а также позволяют провести возможно полную инвентаризацию флоры.

В бассейне Крынки выявлено 157 видов, которые относятся к раритетной фракции флоры [10, 17], составляющие 13,1% флоры исследуемой территории и 42,4% раритетной фракции флоры юго-востока Украины.

Для сохранения флористического разнообразия в бассейне Крынки система ПЗФ должна включать все выявленные территории с высоким фиторазнообразием и наличием раритетной фракции флоры. В результате исследования флоры бассейна Крынки в пределах Донецкой области по наличию видов с различной степенью охраны были выделены созологически ценные локалитеты. Из 46 видов, занесенных в Красную книгу Украины, на территории 11 объектов ПЗФ охраняются 35 видов; не охраняются следующие виды: *Carex lachenalii* Schkuhr (г. Амвросиевка), *Delphinium sergii* Wissjul. (с. Каменка), *Glycyrrhiza glabra* L. (с. Белояровка), *Gypsophila glomerata* Pall. ex Adams (ур. Калиновое), *Koeleria talievii* Lavrenko (пос. Ольховатка?), *Listera ovata* (L.) R.Br. (пос. Ольховатка), *Palimbia salsa* (L. f.) Besser (с. Петровское, с. Успенка, пос. Николаевка), *Scutellaria creticola* Juz. (с. Благодатное, с. Новоклиновка, с. Котовского), *Stipa asperella* Klokov et Ossycznjuk (г. Амвросиевка).

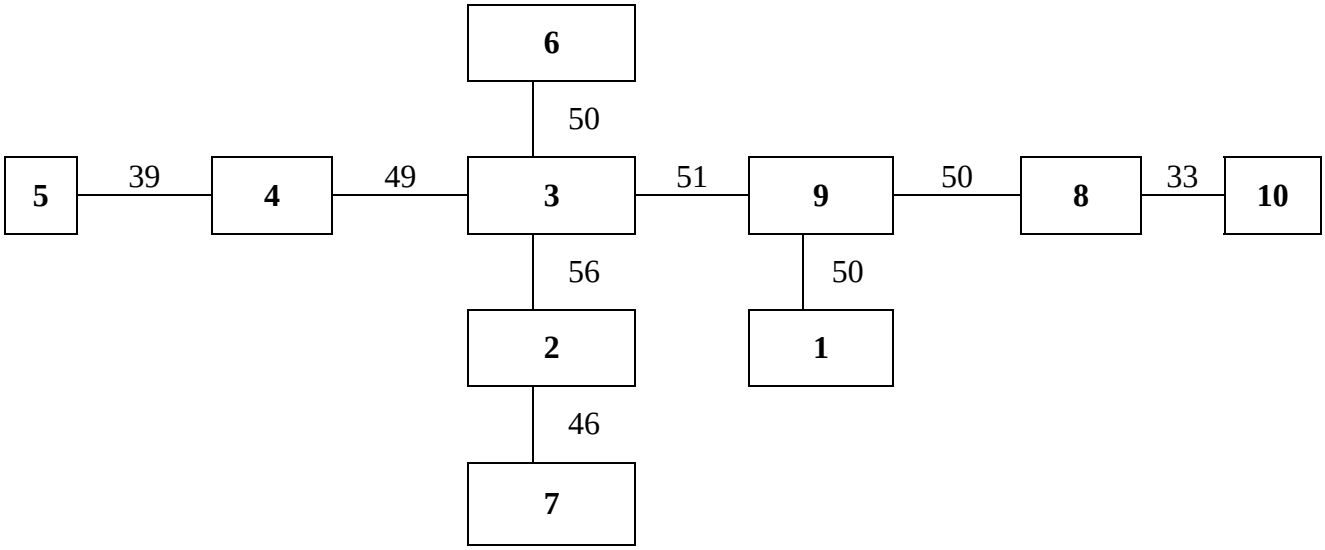


Рис. 2. Дендрит «максимального корреляционного пути», связывающий наиболее сходные по видовому составу объекты ПЗФ.

Нумерация флор дана в соответствии с табл. 1; цифры у линий – значения коэффициента Жаккара (ноль целых везде упущен).

Из 11 видов, занесенных в Красный список Международного союза охраны природы и природных ресурсов, не охраняется *Crataegus ucrainica* Pojark. (г. Амвросиевка); *Astragalus pallescens* M.Bieb. охраняется только в РЛП «Зуевский», *Papaver maeoticum* Klokov – только в ЗАКг «Бердянский», на территории двух объектов ПЗФ охраняются *Stipa zalesskii* Wilenski (РЛП «Донецкий кряж», ЗАКм «Обушок»), *Artemisia hololeuca* M. Bieb. ex Besser (вид, занесен и в Европейский красный список) (ЗАКм «Пристенское», ППг «Балка Горькая») и *Elytrigia stipifolia* (Czern. ex Nevski) Nevski. (вид занесен и в Европейский красный список) (ЗАКм «Пристенское», проектируемый ЗАКм «Балка Скелевая»), *Centaurea taliewii* Kleopow – на территории трёх объектов ПЗФ, *Dianthus elongatus* C. A. Mey. (вид занесен и в Европейский красный список) и *Stipa dasyphylla* (Lindem.) Trautv. на территории четырёх объектов. Из 11 видов, занесенных в Европейский красный список, 8 видов охраняются на территориях семи объектов ПЗФ; не встречается на охраняемых территориях *Chamaecytisus kreczetoviczii* (Wissjul.) Holub. (пос. Ольховатка), *Otites artemisetorum* Klokov (г. Амвросиевка). Единственный охраняемый Бернской конвенцией вид (*Paeonia tenuifolia* L.), встречается на территориях трех объектов ПЗФ: РЛП «Донецкий кряж», РЛП «Зуевский», ЗАКм «Пристенское». В региональный красный список занесены 88 видов, из которых 73 вида охраняются на территории девяти объектов ПЗФ в бассейне Крынки, а за пределами территорий ПЗФ произрастает 24 вида, подлежащих охране на различных уровнях и отмеченных в бассейне всего в 1-3 местонахождениях [9], что свидетельствует о неполной охране раритетных видов в бассейне Крынки.

Выводы

Установлено, что флора бассейна Крынки включает 1187 видов сосудистых растений, что свидетельствует о её высокой репрезентативности по отношению к флоре юго-востока Украины. Выявлен высокий уровень сходства естественных флор десяти объектов ПЗФ, который свидетельствует о принадлежности их к одной конкретной флоре, хотя на уровне отдельных объектов ПЗФ признаки флор регионального уровня не проявляются. Определена высокая флористическая репрезентативность системы территорий ПЗФ – 988 видов. Наличие во флоре бассейна Крынки 158 редких видов обусловлено особенностями, связанными с расположением, геологическим строением, а также с особенностями исторического развития района исследований. В связи с антропогенной трансформацией флоры произрастание ряда

редких видов за пределами территорий ПЗФ ставит под угрозу их существование. Организация новых объектов ПЗФ в местах концентрации редких видов растений будет способствовать повышению сохранности раритетной фракции флоры бассейна Крынки.

Список литературы

1. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры / Раиса Ивановна Бурда. – К.: Наук. думка, 1991. – 169 с.

2. *Гнатюк Н. Ю.* Оптимизация системы территорий природно-заповедного фонда в бассейне реки Крынка (Донецкая область) /Н. Ю. Гнатюк // Живые объекты в условиях антропогенного пресса: тез. докл. Междунар. науч.-практ. экол. конф. (г. Белгород, 15-18 сентября 2008 г.). – Белгород, 2008. – С. 53–54.

3. *Давыдов В. Д.* Голубое ожерелье Донбасса: Науч.-попул. очерк / В. Д. Давыдов. – Донецк: Донбасс, 1980. – 100 с.

4. *Дідух Я. П.* Геоботанічне районування України та суміжних територій / Я. П. Дідух, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Укр. ботан. журн. – 2003. – Т. 60, № 1. – С. 6–17.

5. Земля тревоги нашей. По материалам Доклада о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2006 году / [Под ред. С. Третьякова, Г. Аверина]. – Донецк, 2007. – 116 с.

6. *Камелин Р. В.* Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии / Рудольф Владимирович Камелин. – Л.: Наука, 1973. – 354 с.

7. *Малышев Л. И.* Изолированные охраняемые территории как ложноостровные биоты / Л. И. Малышев // Журн. общ. биологии. – 1980. – Т. 41, №3. – С. 338–349.

8. *Марина Л. В.* Опыт сравнительного анализа высокогорных флор речных бассейнов хребта Куркуре (восточный Алтай) / Л. В. Марина // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67, № 3. – С. 285–292.

9. *Мулєнкова О. Г.* Природні ядра фіторізноманітності басейнової екомережі ріки Кринки (басейн ріки Міус) / О. Г. Мулєнкова, Н. Ю. Гнатюк // Інтродукція, селекція та захист рослин: тези доп. Міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 6-8 жовтня 2009 р.). – Донецьк, 2009. – Т. 2. – С. 105–107.

10. *Остапко В. М.* Раритетний флорофонд юго-востока Украины (хорология) / Владимир Михайлович Остапко. – Донецк: ООО «Лебедь», 2001. – 121 с.

11. *Приходько С. А.* Адаптация флоры бассейна Казенного Торца к антропогенным влияниям: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук.: спец. 03.00.05 «Ботаника» / С. А. Приходько. – К., 1994. – 21 с.

12. *Проць Б. Г.* Флора басейну р. Латориця (у межах України): автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук.: спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Б. Г. Проць. – Ужгород, 1997. – 17 с.

13. Регіональна екологічна мережа Донецької області: концепція, програма та схема / [Остапко В. М., Глухов О. З., Блакберн А. А. та ін.]; під ред. В. М. Остапко. – Донецьк: ТОВ «ТЕХНОПАК», 2008. – 96 с.

14. Рекреационные зоны и туристско-экскурсионные маршруты Донецкой области «Мой Донбасс» Т. 1 / [Под ред. В. Ф. Горягина, С. С. Куруленко.]. – Донецк: ДИТБ, 2001. – 215 с.

15. *Симоненко В. Д.* Фізико-географічне районування Донбасу для цілей сільського господарства (В межах Ворошиловградської та Донецької областей Української РСР). Довідник / Василій Данилович Симоненко. – Донецьк: Донбас, 1972. – 116 с.

16. Сучасна динаміка рельєфу України / [Палієнко В. П., Матошко А. В., Барщевський М. Є. та ін.]. – К.: Наук. думка, 2005. – 268 с.

17. Червона книга України. Рослинний світ / [Під заг. ред. Я. П. Дідуха]. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.

18. *Шмидт В. М.* Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленинград. гос. ун-та, 1980. – 176 с.

Гнатюк Н. Ю. **До вивчення флори басейну річки Кринки (басейн річки Міус). –** Проведено порівняльний аналіз флори 10 об'єктів природно-заповідного фонду, що розташовані в басейні річки Кринки. Встановлено, що флора басейну Кринки включає 1187 видів судинних рослин, з них 988 видів зростають на територіях об'єктів природно-заповідного фонду. Описані історико-географічні умови району дослідження, проаналізована ступінь флористичної вивченості території та її флористична репрезентативність.

Ключові слова: флора, охорона, басейн річки Кринки.

Gnatyuk N. Yu. **Concerning the study of the Krynka river basin flora (the Mius river basin).** – The comparative analysis of flora of 10 nature-protection objects, situated in the Krynka river basin, has been carried out. It has been stated that Krynka basin flora includes 1187 species of vascular plants, including 988 species growing on the territories of nature reserves. The historic-geographical conditions of the region under analysis have been described, the degree of flora examination of the territory and its floristic diversity have been analyzed.

Key words: flora, protection, Krynka river basin.

УДК 581.524

© С. П. Жуков

ФЛОРОКОМПЛЕКСЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ДОНБАССА

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
e-mail: herb@herb.dn.ua

Жуков С. П. **Флорокомплексы техногенных экосистем Донбасса.** – Рассмотрены связи между флористическими комплексами 24 техногенных экосистем. Проведен их кластерный анализ. Видовое богатство колеблется от 17 до 65 видов. На связях объектов сказывается как специфика техногенного воздействия, так и природные факторы.

Ключевые слова: техногенная екосистема, видовое богатство, кластерный анализ.

Введение

Флористические комплексы, формирующиеся в различных техногенных экосистемах, давно уже служат предметом пристального внимания. Процессы их формирования, тенденции развития давно оказывают влияние на эволюцию региональных флоры и растительности, начиная с фаций и даже на ландшафтном уровне. За последние 10 лет вообще отмечается сильное изменение облика Земли под антропическим влиянием. Соответствующие исследования и публикации по ним довольно многочисленны. При этом были отмечены существенные изменения в региональной флоре за последние 40 лет под усиливающимся воздействием современных антропогенных факторов и увеличение представленности и разнообразия антропогенных экотопов. Вследствие этого происходит формирование структурно обособленных адвентивных фракций в разной степени трансформированных экотопах [5-12].

Развитие флоры и растительности в техногенных экосистемах находится в определенной связи с растительным покровом всего региона. С одной стороны, техногенные экосистемы испытывают на себе это влияние через занос и фильтрацию диаспор пионерных видов и видов последующих стадий сукцессии, климатопреобразующее воздействие, массо- и энергоперенос между экотопами. С другой стороны, формирующиеся в техногенных экотопах фитоценозы оказывают воздействие на прилегающие сообщества. Вследствие несформированности ценозов и сниженной конкурентоспособности они служат местом первичного внедрения, адаптации к местным условиям и размножения адвентивных видов. Поэтому изучение процессов формирования флористических комплексов и сообществ в техногенных экосистемах является одним из важнейших компонентов управления биоразнообразием как техногенных, так и природных экосистем.

Целью нашей статьи является установление видового богатства и связей между флористическими комплексами наиболее значимых в нашем регионе техногенных экосистем, в частности, отвалов угольных шахт.

Материал и методы исследования

Нами проведено сравнение флорокомплексов различных техногенных экосистем, широко представленных в регионе. Среди них есть малые отвалы шахт (Пограничные и № 3) и большие конические, отвалы открытых разработок полезных ископаемых Докучаевского флюсо-доломитного комбината. Также как образец для сравнения включен участок растительности каменистого обнажения у с. Успенка Амвросиевского района, где ранее, возможно, кустарно добывался камень, но в течение длительного времени (с переходом от бутового камня к кирпичу и бетону) проходило зарастание. То есть это фактически сукцессионное сообщество на каменистой осыпи из выветренного камня поверхностных слоев, по механическому составу субстратов близкий к таковым на породных отвалах. Взаимосвязь между изученными объектами определялась с помощью кластерного анализа. На основании видового состава изученных техногенных экосистем были рассчитаны Эвклидовы дистанции между объектами, проведен кластерный анализ и построена дендрограмма методом группового среднего в программном пакете «Статграф» [4].

Результаты и обсуждение

Количество видов на исследованных объектах представлено в табл. 1. Ранее нами на основании моделирования процесса сукцессии (то есть реконструкции сукцессионной последовательности) отвалов угольных шахт Донбасса было показано, что изменение растительного покрова, особенно на завершающих стадиях сукцессии, проходит в направлении сближения с естественной растительностью, находящейся под фоновым антропическим влиянием [3]. Это проявляется в постепенном расширении видового богатства, географического, ценотического, биоморфологического и других спектров видовых списков для последовательных стадий сукцессии и сближении их по соотношению элементов с сопоставимым по размеру природным объектом. Интересны в этом плане и показывают аналогичные выводы также исследования отвалов шахт в различных растительных зонах Урала, проведенные в 1978 г. и повторно через 26 лет, то есть при прямом изучении сукцессии [1]. Если вначале в таежной зоне было 40 видов, а в лесостепной – 52 и коэффициент сходства Жаккара этих флор составлял 0,64, то в последующем видовое богатство составило 95 и 87 видов соответственно, при величине сходства между ними 0,22. То есть можно предположить, что если вначале антропическое влияние перевешивало природные факторы и обеспечивало высокое сходство флор, то в дальнейшем происходило развитие флорокомплексов, более соответствовавших зональным условиям, с формированием соответствующей структуры: увеличение доли бореальных видов в таежной зоне и степных и лугово-степных в степной зоне.

Таблица 1

Видовое богатство (S) отвалов шахт и других техногенных экосистем Донбасса

№ п/п	Техногенные объекты	S	№ п/п	Техногенные объекты	S
1.	Пограничный 1	60	14.	12-Наклонная-2	50
2.	Пограничный 2	56	15.	12-Наклонная-3	35
3.	Пограничный 3	44	16.	№ 3-1	60
4.	Пограничный 4	54	17.	№ 3-2	56
5.	Червоногвардейская	40	18.	Кучерова	65
6.	Им. Ленина	45	19.	Жд станция Донецк-2	54
7.	Ганзовка	50	20.	Докучаевск малый отвал	18
8.	№ 6	34	21.	Докучаевск большой отвал	25
9.	Чулковка-8	45	22.	Жд станция Дроновка	18
10.	№ 4-21	57	23.	Успенка, обнажение песчаника	22
11.	№ 11	17			
12.	№ 1	40	24.	Золоотвал «Сухая Балка»	17
13.	12-Наклонная-1	50			

Вследствие неоднородности условий на территории большинства изученных техногенных экосистем видовое богатство многих из них превосходит взятый для сравнения участок в Успенке, на формирование растительности на котором, возможно, большее влияние оказывала природная подсистема сукцессионной системы региона как вследствие достаточно жестких условий, так и затруднения доступа в последние десятилетия для синантропных видов. На основании видового состава представленных флорокомплексов для объектов были рассчитаны Евклидовы дистанции между ними, проведен кластерный анализ и построена дендрограмма методом группового среднего в программном пакете «Статграф» (рис. 1).

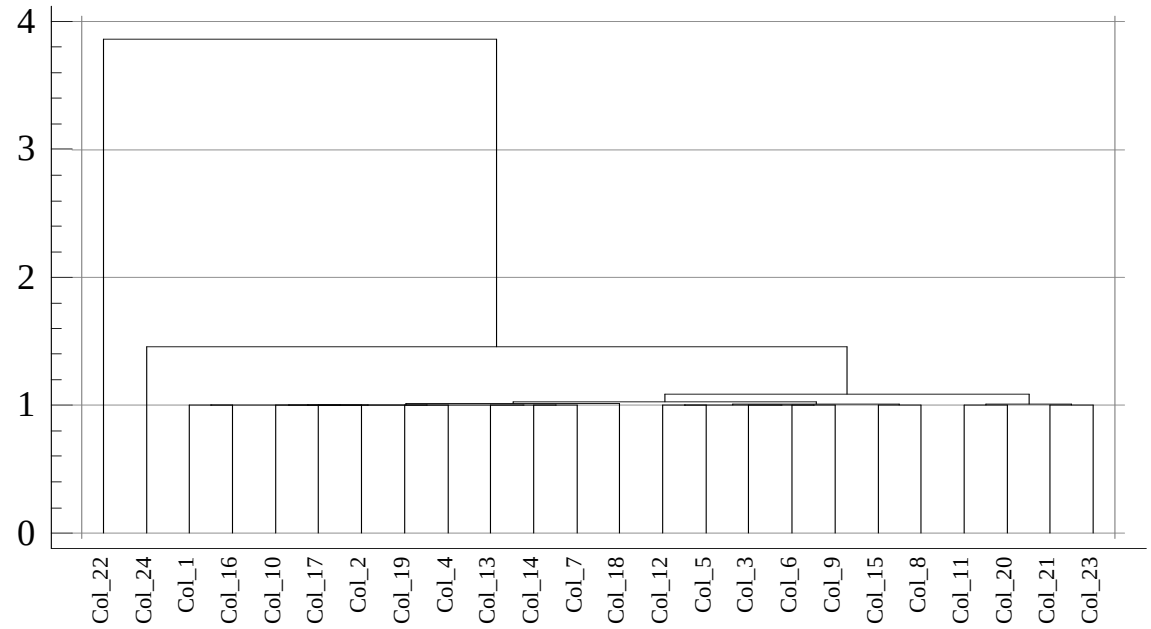


Рис. 1. Дендрограмма связей флористических комплексов техногенных экосистем. Нумерация объектов на оси X соответствует табл. 1, по оси Y указана величина Евклидовой дистанции.

Как видим, сильно отличаются от других в флористическом отношении описание станции Дроновка, находящейся на границе с долиной Северского Донца, и золоотвала, выделяющегося своими жесткими абиотическими условиями. Отношения между другими объектами довольно однотипны, несколько выделяется группа из описания Успенки, отвалов Докучаевска и отвала шахты № 11 на юге г. Донецка. Первые три из них отличаются отсутствием выраженной фитотоксичности складируемого субстрата, возможно, что и на отвале шахты № 11, где в центре и хвостовой части порода представлена рыхлыми песчанистыми отложениями, тоже достаточно благоприятные условия. Во всяком случае, если исключить из анализа другие техногенные экосистемы кроме этого отвала, то все равно Успенка объединяется с ним в один кластер. Описание станции Донецк-2 входит в группу отвалов шахт, тут видно влияние географического положения. В группе, объединяющей объекты 1–18 на рис. 1, оказались описания техногенных экосистем с относительно высоким видовым богатством, а в группе 12–8, – соответственно, с более низким. Хотя возможно, что тут повлияло использование Евклидовой дистанции для определения расстояния между объектами, и необходимо использование коэффициентов сходства, малочувствительных к количеству видов в описаниях [2].

Для более подробного рассмотрения взаимоотношений флорокомплексов отвалов угольных шахт для них была построена отдельная дендрограмма (рис. 2). На ней также описание отвала шахты № 11 несколько отделяется от остальных описаний. В общем же связи отвалов находятся примерно на одном уровне. С небольшим отличием выделяются два больших кластера (описания 1–18 и 12–7) и один маленький (15 и 8). В распределении отвалов не прослеживается влияние их размера и местоположения. Пограничные отвалы, близкие с отвалами шахт № 1 и 6, а также разные отвалы шахты 12-Наклонная встречаются в различных кластерах, видимо, большее влияние оказывает степень развития растительности, то есть возраст отвалов или их эдафические особенности. Из этого можно сделать вывод, что развитие растительного покрова отвалов шахт как техногенных экосистем островного типа проходит под воздействием целиком синантропного блока сукцессионной системы региона, а не через взаимодействие флорокомплексов отвалов между собой.

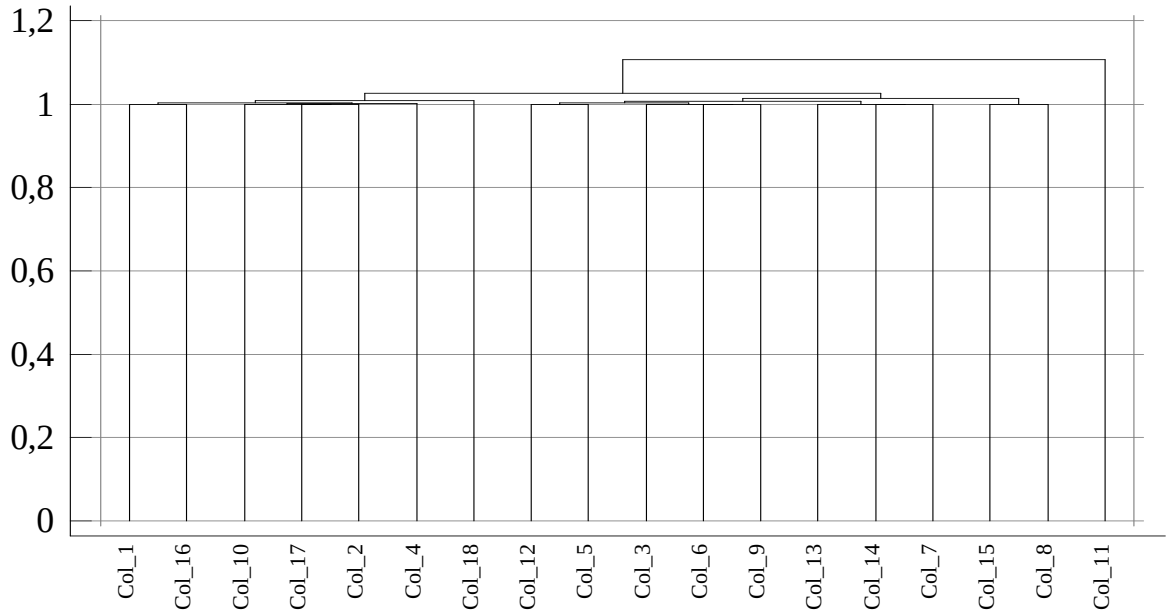


Рис. 2. Дендрограмма связей флористических комплексов отвалов угольных шахт. Нумерация объектов на оси X соответствует табл. 1, по оси Y указана величина Евклидовой дистанции.

Выводы

Увеличение представленности антропогенного и трансформированного растительного покрова, а, соответственно, и флорокомплексов на земной поверхности, набравшее высокие темпы, что отмечается в последние десятилетия, является следствием отставания процессов сукцессионного развития формирующихся в техногенных экосистемах ценозов от скорости разрушения сохранявшихся естественных и слаботрансформированных экосистем в процессе хозяйственной деятельности. В пространственно протяженных же техногенных экосистемах замедляющее влияние оказывает ещё и сам размер неоэкотопов. Возможно, существует какой-то порог соотношения естественного и трансформированного покрова, когда происходит качественный скачок в изменении способности естественных сукцессионных систем восстановить исходные сообщества, то есть саморегуляции ландшафта. И залогом стабильного сохранения условий существования для человечества становится искусственное регулирование этих процессов и ускорение восстановления разрушенных флоро- и ценокомлексов. На связях объектов сказывается как специфика техногенного воздействия, так и природные факторы. По результатам кластерного анализа сильно отличаются от других описание станции Дроновка, находящейся на границе с долиной Северского Донца, и золоотвала, выделяющегося и своими жесткими абиотическими условиями. На связях отвалов угольных шахт влияние их размера и места расположения прослеживается слабо, скорее их объединение в кластеры связано со степенью сформированности растительного покрова и эдафотопа, с процессами их развития, находящимися под влиянием синантропного блока региональной сукцессионной системы.

Список литературы

1. *Глазырина М. А.* К вопросу восстановления фиторазнообразия на терриконiках угольных шахт Урала / М. А. Глазырина, Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: матер. Междунар. науч. конф. (г. Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г.). – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – С. 149–168.

2. *Жуков С. П.* Застосування коефіцієнтів подібності при вивченні рослинності відвалів вугільних шахт / С. П. Жуков // Укр. ботан. журн. – 1998. – № 5. – С. 542–545.

3. *Жуков С. П.* Про напрям антропогенної сукцесії рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу / С. П. Жуков // Укр. ботан. журн. – 1999. – № 3. – С. 245–249.

4. *Миркин Б. М.* Фитоценология. Принципы и методы / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг. – М.: Наука, 1978. – 212 с.

5. *Тохтарь В. К.* Временная динамика флор техногенных территорий юго-востока Украины / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. Сб. науч. тр. – 2004. – Вып. 4. – С. 86–99.

6. *Тохтарь В. К.* Сравнение флор техногенных территорий Европы / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота, Р. Ростанськи, Р. Виттиг // Промышленная ботаника. Сб. науч. тр. – 2003. – Вып. 3. – С. 7–13.

7. *Тохтарь В. К.* Динаміка формування адвентивної фракції флори на південному сході України / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота // Матер. XII з'їзду Укр. ботан. тов-ва / Відп. ред. К. М. Ситник та ін. – Одеса, 2006. – С. 55.

8. *Хархота А. И.* Флора техногенных экотопов / А. И. Хархота // Проблемы изучения синантропной флоры СССР: Матер. совещ. (1-3 февраля 1989 г.) – М.: Наука, 1989. – С. 19–21.

9. *Хархота А. И.* Структура и динамика флоры техногенных экотопов / А. И. Хархота // Растения и промышленная среда: тез. докл. I Всесоюз. науч. конф. – Днепропетровск: Б.и., 1990. – С. 57.

10. *Rostanski A.* Comparison of the flora of mining spoil heaps of (Poland) and Donetsk coal district (Ukraine) / A. Rostanski, S. Zhukov // In: Natura Silesiae superiors. Suplement. Post-industrial spoi l heaps – object of botanical researches. – Katowice: Upper Silesian Nature Heritage Centre, 2001. – P. 67–77.

11. *Rout Gyana R.* Effects of chromium and nickel on germination and growth in tolerant and non-tolerant populations of *Echinochloa colona* (L.) Link / R. Rout Gyana, Samantaaray Sanghamitra, Das Premananda // Chemosphere. – 2000. – 40, № 8 – P. 855–859.

12. *Tokhtar V. K.* A comparison of the floras of industrial ecotopes located in different geographical areas of Europe / V. K. Tokhtar, A. I. Kharkhota, A. Rostanski, R. Wittig // German Botanical Society Symposium (Frankfurt-on-Main, September, 2003). – Frankfurt-on-Main, 2003. – P. 237.

Жуков С. П. **Флорокомплекси техногенних екосистем Донбасу**. – Розглянуті зв'язки між флористичними комплексами 24 техногенних екосистем. Проведений їх кластерний аналіз. Видове багатство коливається від 17 до 65 видів. На зв'язках об'єктів позначається як специфіка техногенної дії, так і природні чинники.

Ключові слова: техногенна екосистема, видове багатство, кластерний аналіз.

Zhukov S. P. **The floristic complexes of technogenic ecosystem of Donbass**. – Connections between the floristic complexes of 24 technogenic ecosystem are considered. Their cluster analysis is executed. Specific riches change from 17 to 65 species. Both the specific of technogenic influence and natural factors influences on connection of objects.

Key words: technogenic ecosystem, specific riches, cluster analysis.

УДК 581.8 : 581.45 : 635.9 (477.60)

© І. І. Крохмаль[1], А. Ю. Пугачова[2]

ОСОБЛИВОСТІ АНАТОМІЧНОЇ БУДОВИ ЛИСТКА ВИДІВ РОДУ *HEMEROCALLIS* L. В УМОВАХ ІНТРОДУКЦІЇ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

[1] Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
[2] Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр. Ілліча, 110
e-mail: donetsk-sad@mail.ru

Крохмаль І. І., Пугачова А. Ю. **Особливості анатомічної будови листка видів роду *Hemerocallis* L. в умовах інтродукції на Південному Сході України**. – Вивчено особливості анатомічної будови листка та структуру епідермісу видів роду *Hemerocallis* L. в умовах інтродукції на Південному Сході України. Виявлено наявність пристосувальних змін в анатомічній будові листка як показника адаптаційних можливостей і стійкості видів роду *Hemerocallis* L. при інтродукції. Встановлено, що *H. minor* і *H. citrina*, а також сорти `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta`, `Girl Scont`, `Golden Dust`, які походять від даних видів, виробили досить значну пристосувальну анатомічну особливість, що виражається в появі стовпчастого мезофілу.

Ключові слова: види роду *Hemerocallis* L., анатомічна будова листка.

Вступ

Анатомічні особливості будови окремих органів рослин можуть свідчити про їх придатність до інтродукції в інші умови середовища [23]. При перенесенні рослин у нові умови адаптаційний потенціал виду реалізується шляхом анатомо-морфологічних і фізіолого-біохімічних перебудов, що стосуються в першу чергу листка, який є одним з найбільш багатофункціональних органів рослини. Однак характер впливу середовища на організм визначається не тільки природою діючого фактора, але і генетичною специфікою організму (нормою реакції). Характер реакції організму на середовище – найважливіший результат еволюції і разом з тим найголовніший фактор, що визначає її подальший хід. Середовище формує генотип організмів, який своєрідно реагує на зміну умов існування, що неминуче спричиняє корінні зміни в характері добору, що йде за фенотипами [20]. Встановлення закономірностей зміни пристосувальних ознак різних за своїм походженням рослин під впливом умов культури – одне з найважливіших завдань інтродукції рослин [11, 13, 14, 21]. Мета роботи – виявлення пристосувальних змін в анатомічній будові листка як показника адаптаційних можливостей і стійкості видів роду *Hemerocallis* L. при інтродукції на південний схід України.

Об’єкти та методи дослідження

Проведено вивчення особливостей анатомічної будови листка й анатомо-морфологічних ознак епідермісу представників 5 видів та 16 сортів роду *Hemerocallis* колекції Донецького ботанічного саду НАН України. Нами було вивчено такі морфологічні ознаки листка видів роду *Hemerocallis*: ширину та довжину листка, індекс форми листкової пластинки (If). При визначенні If використовували числовий спосіб опису форми простого цільного листка Л. Ю. Буданцевої і Т. В. Гендельса [4]. При доборі об'єктів звертали увагу на однотипність матеріалу, що досліджується, відповідно до рекомендацій [6, 16]. Посухостійкість видів роду *Hemerocallis* оцінювали за шкалою Г. Н. Шестаченко, Т. В. Фалькової [22]. При вивченні адаптаційних можливостей інтродуцентів до нових умов використовували рекомендації Н. А. Авроріна [1], В. К. Василевської [7, 8], М. В. Культіасова [14] та інших. Для характеристики обрисів і проекцій епідермальних клітин використовували класифікацію С. Ф. Захаревіча [10]. Для характеристики продихового апарату застосована морфологічна класифікація М. Ф. Баранової [2].

Вивчення анатомії листка проводили на зрізах із середньої частини листкової пластинки. Лінійні листки різали цілком, а товщину листка, верхнього та нижнього епідермісу, мезофілу вимірювали на однаковій відстані від краю листка і головної жилки. Для приготування препаратів з епідермісу листків застосовували метод мікрореплікації [12]. Вимірювали товщину листка, товщину епідермісу і мезофілу на верхній та нижній сторонах листкової пластинки, висоту і ширину повітроносних порожнин, висоту стовпчастого мезофілу. Для характеристики анатомічної будови абаксіального й адаксіального епідермісу

листка вивчали обрис і проекцію епідермальних клітин, розміри епідермальних клітин і продихів, кількість цих елементів на 1 мм^2. Результати 30-кратних вимірів і підрахунків обробляли методом математичної статистики із застосуванням прикладних програм на ПВЕМ. Усі лінійні виміри наведено в мікрометрах. Вірогідність отриманих результатів перевіряли за допомогою критерію Стьюдента [17, 18]. Дослідження виконано на мікроскопі ZEISS «PrimoStar» при збільшенні 10х10.

Результати дослідження та їх обговорення

Листки видів роду *Hemerocallis* прикореневі, дворядні, широколінійні, гострі, цілокраї, прямі чи дугасто відігнуті. Жилкування листка рівнобіжне і має більш-менш замкнуту на верхівці систему. Листки ізолатеральні з морфологічно верхньою (адаксіальною) і нижньою (абаксіальною) сторонами та здебільшого амфістоматичні. Епідерміс досліджених видів лілійнику складається з щільно зімкнутих подовжених клітин. На абаксіальному боці листка – епідерміс із сосочками. Продихи великі, овальні, знаходяться в місцях з'єднання клітин за довжиною звуженими кінцями. Епідерміс верхнього боку листка складається з великих, ізодіаметрічних, зі злегка потовщеними стінками клітин, покритих у деяких видів тонким шаром кутикули. Епідерміс нижньої сторони, на відміну від верхнього, має більш дрібні клітини сосочкоподібної форми, стінки яких стовщені і у деяких видів та сортів покриті зовні дуже тонким шаром кутикули. Верхівка кожної клітини нижнього епідермісу являє собою вузелкоподібний виступ, що надає їм своєрідної форми. Епідермальні клітини верхнього і нижнього епідермісу всіх вивчених видів та сортів роду *Hemerocallis* мають в основному витягнуту форму, розрізняються за довжиною, характеризуються прямолінійним обрисом. Епідермальні клітини верхнього епідермісу мають прямокутну, а нижнього – ромбічну проекцію. Клітини абаксіального епідермісу веретеноподібні, звужені до кінців, а адаксіального – чотирикутні, злегка розширені до кінців. У всіх вивчених видів та сортів лілійнику над жилками продихи відсутні. Продихові щілини звичайно орієнтовані більш-менш паралельно жилкам. У вивчених нами видів та сортів роду *Hemerocallis* визначено 2 типи продихів: аномоцитні продихи, оточені лише сусідніми клітками, та продихи з однією дрібною побічною кліткою в полярному положенні – гемідіацитний тип. Аномоцитні та гемідіацитні продихи мають 4, рідше 5-6 навколопродихових клітин. Продихи занурені і здаються як би підвіщеними до навколопродихових клітин, що нависають у виді зводу над замикаючими клітинами. Останні еліптичні в розрізі, мають вузькі порожнини. Епідермальні клітини і клітини продихового апарату міцно з'єднані з клітками мезофілу, що містять хлоропласти і друзи щавлевокислого кальцію.

Мезофіл листка в більшості досліджуваних видів та сортів представлений тільки губчатою тканиною, що складається з порівняно дрібних, округлих, тонкостінних, щільно розташованих клітин. У дорослого листка на обох боках, безпосередньо під епідермісом, розташовується 4-5 рядів клітин асиміляційної паренхіми, що містять велику кількість хлоропластів. Провідні пучки розташовані упорядковано, в одному ряді, при цьому великі пучки належать центральній жилці, а при русі від неї до обох боків пластинки листка розміри провідних пучків зменшуються. Провідні пучки чергуються з порожнинами, містять механічну тканину – склеренхіму. Потужна система провідних пучків має тісний просторовий зв'язок з мезофілом. Великі провідні пучки, простираючись від верхнього епідермісу до нижнього, розділяють тканину мезофілу на ділянки. Над провідними пучками зверху і знизу розвивається потужна механічна тканина у вигляді тяжів товстостінних, широкопорожнинних, сильно здерев`янилих волокон. Великі провідні пучки оточені обкладкою, що складається з тонкостінних, паренхімних, безбарвних клітин. Провідні пучки листка бувають різних розмірів і за своїм гістологічним складом виявляють кількісні і якісні розходження. Найбільш великі пучки містять ксилему та флоему. У колатеральних пучків видів роду *Hemerocallis* ксилема розташована на адаксіальній, а флоема – на абаксіальній стороні листка. Дрібні провідні пучки звичайно оточені асиміляційною паренхімою, вони, як правило, містять мало провідних елементів, ситоподібні елементи розташовані поруч із трахеальними (рис. 1-4).

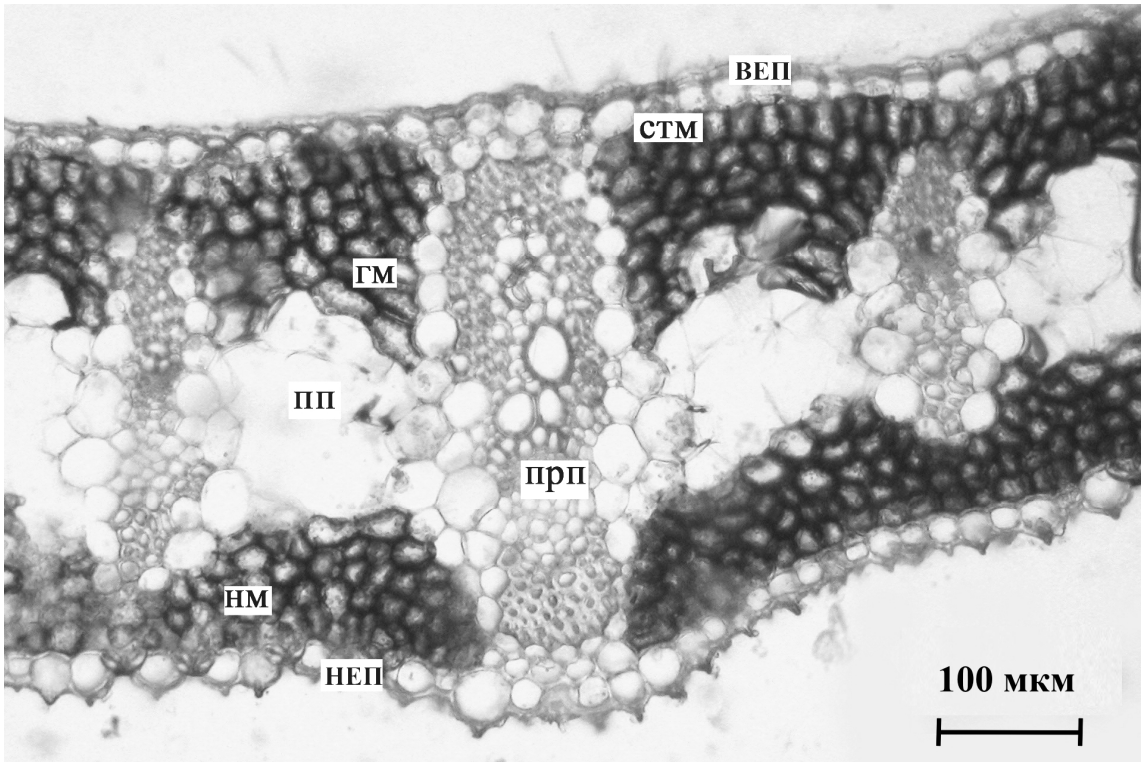


Рис. 1. Анатомічна будова листка *Hemerocallis minor* Mill.: прп – провідний пучок, неп – нижній епідерміс, веп – верхній епідерміс, пп – повітряносна порожнина, стм – стовпчастий мезофіл, гм – губчастий мезофіл.

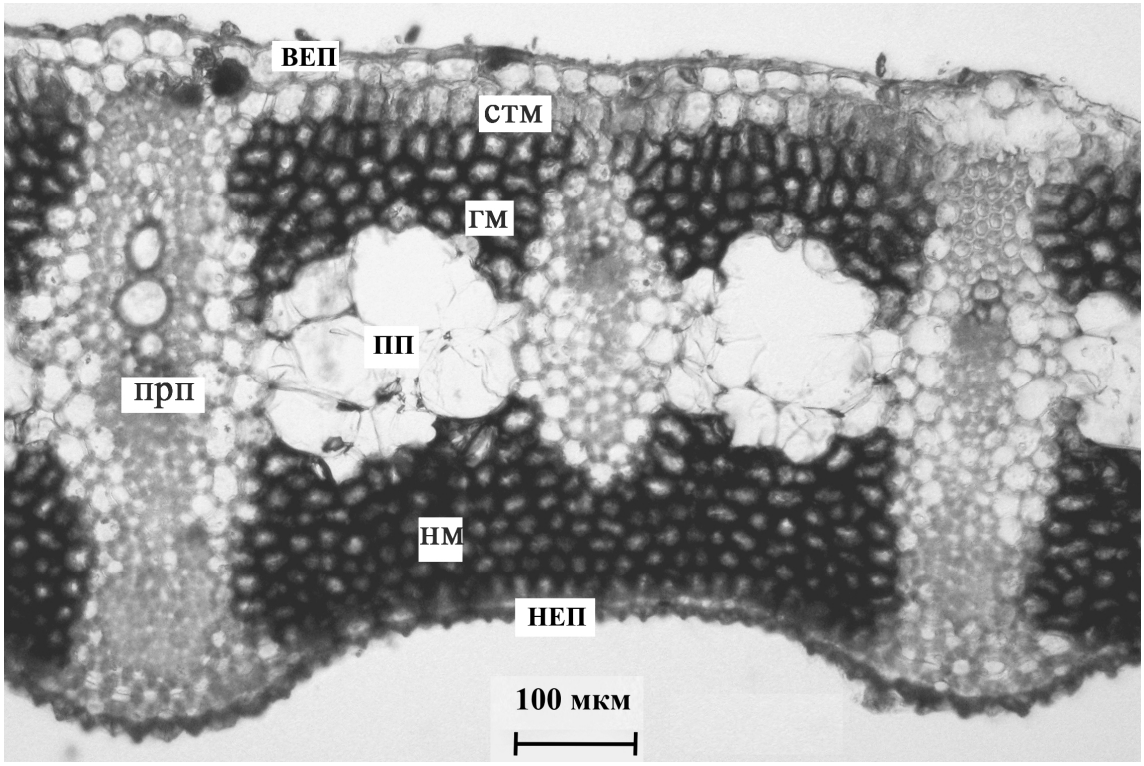


Рис. 2. Анатомічна будова листка сорту `Emerald Joy`, що походить від *Hemerocallis citrina* Baroni: прп – провідний пучок, неп – нижній епідерміс, веп – верхній епідерміс, пп – повітряносна порожнина, нм – нижній мезофіл, стм – стовпчастий мезофіл, гм – губчастий мезофіл.

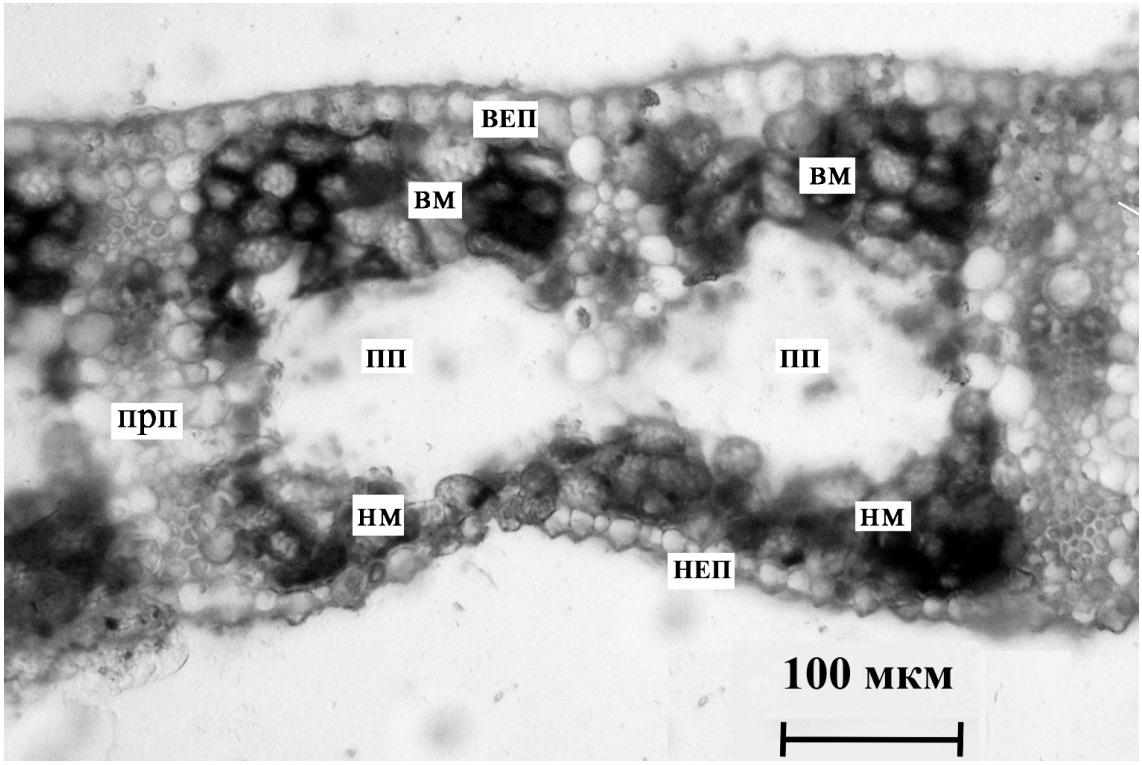


Рис. 3. Анатомічна будова листка *Hemerocallis middendorfii* Trautv. et Mey.: прп – провідний пучок, неп – нижній епідерміс, веп – верхній епідерміс, пп – повітряносна порожнина, нм – нижній мезофіл, вм – верхній мезофіл.

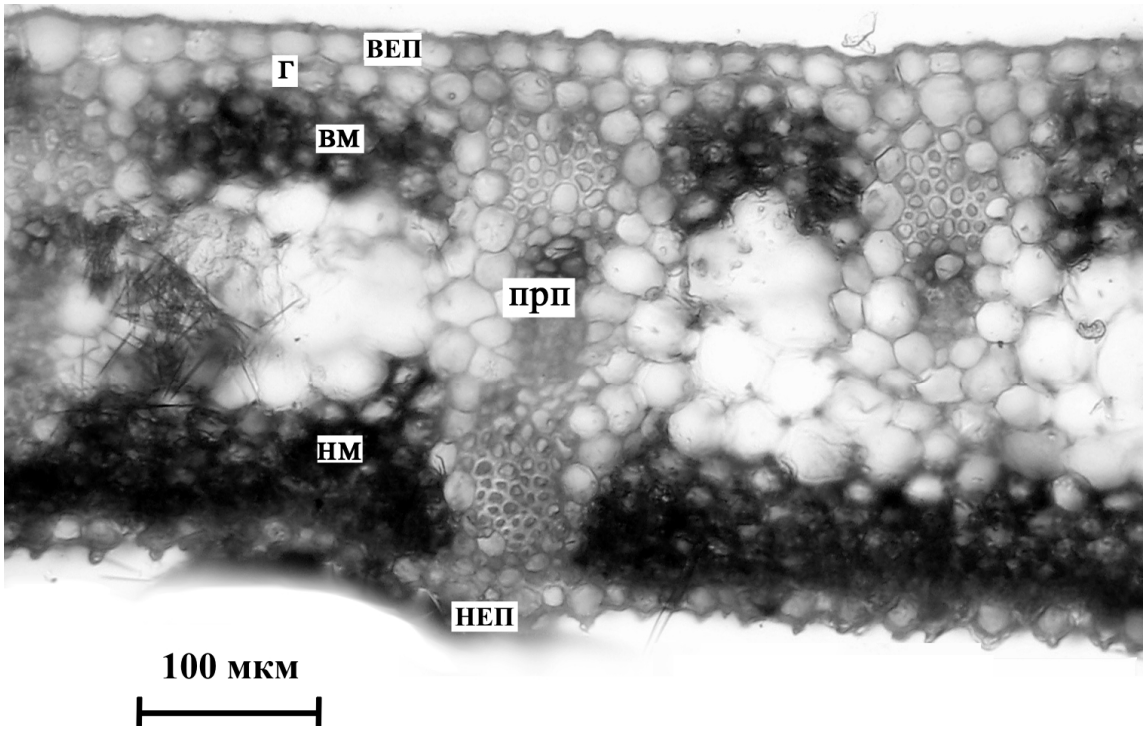


Рис. 4. Анатомічна будова листка *Hemerocallis lilio-asphodelus* L.: прп – провідний пучок, неп – нижній епідерміс, веп – верхній епідерміс, нм – нижній мезофіл, вм – верхній мезофіл, г – гіподерма.

Причому в *Hemerocallis minor* ближче до периферії листка спостерігається чергування пучків зі склеренхімою і без неї. Як правило, пучки без обкладки трохи зміщені в товщині листка, під ними розташовується порожнина і губчатий мезофіл, тобто в даного виду збільшується кількість повітряносних порожнин – зростає вентиляційна площа. Г. І. Родіоненко [19] вказує, що при великій сухості навколишнього повітря роль водоносної – вентиляційної тканини в життєдіяльності фотосинтезуючого листка повинна бути дуже істотною.

Порівняльний аналіз товщини листка, епідермісу і мезофілу на адаксіальному й абаксіальному боках листкової пластинки (табл. 1) показав, що у видів *Hemerocallis citrina, H. fulva* та деяких сортів, що походять від даних видів, – `Primrose Mascotta`, `Only Yesterday`, `Nigrette`, `Blushing Bell` – верхній епідерміс захищений кутикулою. Виявлено, що високостійкий *H. minor* відрізняється найбільшою товщиною листка і нижнього епідермісу, а також найбільшою висотою повітряносної порожнини. Виділяється й найстійкіша в природно-кліматичних умовах південного сходу України група сортів виду *H. citrina*, для якої характерною є найбільша товщина верхнього епідермісу, а також верхнього мезофілу. Найбільшою товщиною нижнього епідермісу відрізняється середнєстійка група виду *H. lilio-asphodelus* L. Група сортів виду *H. fulva* виділяється серед інших вивчених груп лілійника найменшою товщиною листка, абаксіального й адаксіального мезофілу, нижнього епідермісу. Для представників даної групи характерні повітряносні порожнини найменшої висоти і найбільшої ширини.

Значний внесок у вивчення ксерофітної рослинності анатомо-морфологічним методом зроблений В. К. Василевською. Вкрай важливим є її висновок про те, що дрібноклітинність і велика кількість продихів не є універсальними ознаками пустельних рослин [7, 8]. Дані дослідження показують, що у дійсних ксерофітів кількість продихів часто є невеликою, тоді як у мезофітів, в умовах погіршеного водопостачання, клітини епідермісу дрібніють і збільшується число продихів. Велика кількість продихів у мезофітів в арідних умовах зростання необхідна для посилення транспірації, що послаблює дію перегріву. Тому зростання їхньої кількості є позитивною ознакою в будові інтродуцентів. Ксероморфоз виражається в зменшенні розміру клітин, збільшенні числа клітин, продихів і мережі жилок на 1 мм^2 поверхні листка, що зумовлює підвищення посухостійкості [3]. Посухостійкі квіткові рослини характеризуються великим числом продихів на 1 мм², меншими їх розмірами, меншою товщиною верхнього епідермісу [16]. Для прогнозування успішності інтродукції того чи іншого виду можливе використання анатомічних показників, які у більш короткий термін визначають екологічну пристосованість рослин до умов інтродукційного пункту.

Розглядали такі анатомо-морфологічні ознаки епідермісу листка видів і сортів роду *Hemerocallis*: кількість продихів та епідермальних клітин на 1 мм^2 поверхні листкової пластинки, їх розміри (табл. 2). Аналіз середніх значень даних параметрів показав, що найбільша кількість продихів на 1 мм^2 нижньої поверхні листкової пластинки, найбільша кількість епідермальних клітин, найбільша їх довжина, найбільші розміри продихів верхньої поверхні листкової пластинки і найбільша ширина продихів нижнього епідермісу характерні для найстійкішої групи сортів виду *Hemerocallis citrina*. Виявлено, що найбільша кількість продихів і найбільша ширина епідермальних клітин верхньої поверхні листкової пластинки характерні для найстійкішого в умовах Донбасу *Hemerocallis minor*. Даний вид відрізняється також найбільшою кількістю епідермальних клітин на нижній листковій поверхні і найбільшими їх розмірами, а також найбільшою довжиною продихів нижньої поверхні листка. Виявлено, що найменша кількість епідермальних клітин на 1 мм^2, а також найменші їх розміри характерні для середньостійкої групи сортів, що походять від виду *Hemerocallis lilio-asphodelus*. Вид і сорти даної групи відрізняються також найменшою кількістю продихів на нижній поверхні листкової пластинки і найменшими їх розмірами. Аналіз отриманих даних показав, що найменшою кількістю продихів і найменшими їх розмірами відрізняється група сортів, що походять від виду *H. middendorfii*.

Таблиця 1

Морфометрічні ознаки й анатомічні особливості листка видів роду *Hemerocallis* L.

Параметри	Довжина листка, см	Ширина листка, см	Індекс форми листкової пластинки (If)	Товщина листа, мкм	Товщина верхнього епідермісу, мкм	Товщина верхнього мезофілу, мкм	Висота порожнин, мкм	Ширина порожнин, мкм	Товщина нижнього епідермісу, мкм	Товщина нижнього мезофілу, мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hemerocallis citrina Baroni										
M±m	61,77±2,07	2,55±0,16	24,84±1,22	600,97±20,66	27,22±1,75	156,55±9,35	239,63±15,74	318,25±8,55	24,69±0,99	152,88±5,12
CV, %	10,59	19,59	15,55	10,86	20,28	18,86	20,75	8,49	12,62	10,59
Hemerocallis hybrida hort. `Primrose Mascotta`										
M±m	40,75±2,73	1,47±0,09	27,92±1,2	466,11±10,32	26,99±1,19	127,61±2,49	180,17±4,13	280,74±21,38	26,71±0,49	104,63±10,57
CV, %	21,15	21,04	13,59	6,99	13,93	6,16	7,25	24,06	5,81	31,94
Hemerocallis hybrida hort. `Only Yesterday`										
M±m	61,65±2,07	2,5±0,14	25,15±1,16	538,05±33,55	31,17±1,66	122,05±9,49	246,27±20,93	290,51±31,23	31,17±1,66	122,05±9,49
CV, %	10,62	17,49	14,63	19,70	16,80	24,57	26,86	33,97	16,80	24,57
Hemerocallis hybrida hort. `Missouri Beauty`										
M±m	28,71±1,23	2,65±0,81	22,56±0,97	396,01±24,75	28,78±0,66	123,83±6,61	110,62±14,90	321,87±18,82	26,06±1,29	106,72±5,68
CV, %	13,57	14,26	13,57	19,75	7,28	16,86	42,58	18,49	15,58	16,81
Hemerocallis hybrida hort. `Emerald Joy`										
M±m	47,7±1,72	2,02±0,08	23,68±0,59	565,82±12,63	30,74±0,79	157,23±4,15	220,2±9,46	335,33±35,14	25,82±0,87	131,83±3,80
CV, %	11,39	11,85	7,94	7,06	8,08	8,33	13,57	33,12	10,68	9,10
Hemerocallis minor Mill.										
M±m	49,49±1,89	0,92±0,05	54,65±1,91	423,4±9,54	26,58±0,84	94,82±2,30	180,5±8,47	171,09±17,76	33,58±1,20	87,92±5,18
CV, %	12,09	16,04	11,12	7,12	9,99	7,65	14,83	32,81	11,28	18,62
Hemerocallis lilio-asphodelus L.										
M±m	51,05±1,49	1,65±0,06	31,32±1,54	342,0±7,07	24,19±0,65	83,7±4,74	133,74±6,34	216,62±24,12	22,47±0,87	77,9±3,38
CV, %	9,22	10,78	15,56	6,54	8,50	17,90	14,99	35,19	12,25	13,73
Hemerocallis hybrida hort. `Melody Line`										
M±m	35,55±1,32	1,59±0,07	22,51±0,65	579,12±23,02	39,4±2,09	135,7±5,73	250,45±15,32	399,88±28,95	30,11±1,30	123,46±4,82
CV, %	11,7	14,66	9,14	12,56	16,78	13,34	19,33	22,88	13,68	12,34
Hemerocallis hybrida hort. `Lizie Wong`										
M±m	59,8±2,09	1,91±0,09	31,17±1,16	655,03±9,27	42,15±1,82	122,32±4,89	349,3±8,45	422,47±52,59	31,76±0,80	109,5±7,34
CV, %	11,04	15,41	11,79	4,47	13,64	12,62	7,65	39,33	7,91	21,19
Hemerocallis hybrida hort. `Golden Dust`										
M±m	63,5±2,20	1,63±2,2	40,08±1,38	432,13±19,23	27,84±1,19	130,44±6,49	117,17±14,84	284,41±30,05	26,39±1,29	130,29±5,04
CV, %	10,96	23,50	15,64	14,06	13,55	15,73	40,02	33,39	15,42	12,22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hemerocallis hybrida hort. `Girl Scont`										
M±m	49,8±1,34	1,88±0,12	27,07±1,09	366,19±8,33	28,13±0,86	94,75±5,30	129,79±6,37	326,83±12,73	28,13±0,86	94,75±5,3
CV, %	8,49	19,71	12,73	7,19	9,63	17,68	15,51	12,31	9,63	17,68
Hemerocallis middendorfii Trautv. et Mey										
M±m	56,94±2,34	1,43±0,05	40,56±2,69	306,61±6,02	27,08±1,74	74,71±3,44	124,85±6,08	260,08±31,98	16,26±1,12	63,71±2,20
CV, %	13,01	11,44	20,99	6,2	20,35	14,54	15,39	38,86	21,79	10,93
Hemerocallis hybrida hort. `Sammy Russel`										
M±m	32,02±1,61	1,04±0,03	31,09±1,89	396,77±3,47	24,5±1,23	80,12±3,24	189,87±3,32	309,06±33,75	22,21±0,63	80,07±1,41
CV, %	15,86	9,29	19,20	2,76	15,92	12,76	5,52	34,51	8,97	5,57
Hemerocallis hybrida hort. `Autumn Red`										
M±m	50,7±1,87	1,88±0,12	27,71±1,55	434,03±22,73	29,64±0,84	86,39±3,38	220,51±19,99	327,64±31,57	26,18±0,85	71,31±2,78
CV, %	11,68	19,87	17,71	16,55	10,03	12,38	28,64	30,44	10,27	12,31
Hemerocallis hybrida hort. `Dr. Regel`										
M±m	55,95±1,73	1,48±0,09	39,47±3,28	449,98±12,15	34,69±1,35	84,02±3,48	218,77±9,90	334,3±28,37	28,26±1,75	84,24±4,49
CV, %	9,78	19,84	26,25	8,53	12,29	13,09	14,30	26,81	19,56	16,85
Hemerocallis hybrida hort. `Date of Book`										
M±m	36,23±1,78	1,99±0,15	30,79±2,38	304,29±11,33	28,23±0,80	77,17±2,70	115,43±9,09	316,06±22,25	24,36±0,85	59,1±2,14
CV, %	15,49	24,44	24,43	11,77	8,90	11,04	24,89	22,25	10,98	11,45
Hemerocallis fulva L.										
M±m	66,65±2,13	2,93±0,16	23,29±1,33	376,23±9,49	33,7±1,01	82,78±3,5	178,51±8,77	499,83±34,50	19,98±1,03	61,26±2,11
CV, %	10,12	17,63	18,09	7,97	9,48	13,37	15,53	21,80	16,25	10,90
Hemerocallis hybrida hort. `Nigrette`										
M±m	71,45±1,04	2,03±0,10	35,95±1,71	466,64±10,29	32,5±1,95	94,48±2,65	241,19±8,21	302,89±37,61	26,47±0,77	74,65±4,25
CV, %	4,6	16,26	15,06	6,97	18,99	8,85	10,76	39,24	9,19	18,01
Hemerocallis hybrida hort. `Linda`										
M±m	73,5±2,23	1,75±0,10	42,77±1,53	435,39±14,50	29,47±1,77	96,64±3,1	206,46±13,98	378,12±40,83	26,33±0,99	76,49±6,15
CV, %	9,59	18,9	11,33	10,52	18,95	10,15	21,40	34,12	11,88	25,40
Hemerocallis hybrida hort. `Tasmania`										
M±m	61,0±2,07	2,35±0,16	27,14±2,04	336,28±9,70	38,45±1,22	80,03±3,86	133,89±6,78	281,37±7,24	28,13±0,71	55,78±3,23
CV, %	10,73	21,99	23,72	9,11	10,0	15,24	16,01	8,13	8,02	18,28
Hemerocallis hybrida hort. `Blushing Bell`										
M±m	58,15±1,62	2,24±0,07	26,15±0,95	409,87±18,06	29,05±1,38	101,73±5,92	168,2±13,21	342,54±56,33	23,03±1,21	87,86±4,32
CV, %	8,78	9,69	11,52	13,92	14,99	18,39	24,82	51,96	16,58	15,55

Таблиця 2

Анатомічні особливості будови епідермісу листа видів роду *Hemerocallis* L.

Епідерміс	Кількість епідермальних клітин на 1 мм^2 поверхні листкової пластинки, шт.		Розміри епідермальних клітин, мкм				Кількість продихів на 1 мм^2 поверхні листкової пластинки, шт.		Розміри продихів, мкм			
	M±m	CV, %	довжина		ширина		M±m	CV, %	довжина		ширина	
			M±m	CV, %	M±m	CV, %			M±m	CV, %	M±m	CV, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hemerocallis citrina Baroni												
верхній	377,18±5,58	4,67	160,1±13,02	25,69	21,97±0,99	14,34	105,91±4,84	14,44	45,83±1,12	7,75	38,06±0,47	3,88
нижній	204,11±9,26	14,96	159,14±12,91	25,64	24,33±0,87	11,24	163,51±7,74	14,96	41,47±0,51	3,88	35,25±0,68	6,14
Hemerocallis hybrida hort. `Primrose Mascotta`												
верхній	285,21±13,72	15,20	146,39±9,52	20,55	37,55±1,44	12,09	31,59±5,75	57,50	50,17±0,51	3,23	43,35±1,07	7,82
нижній	348,85±13,35	12,09	105,09±5,00	15,05	23,92±1,02	13,42	290,78±10,92	11,86	36,34±0,54	4,67	31,25±0,61	6,14
Hemerocallis hybrida hort. `Only Yesterday`												
верхній	251,77±7,65	9,59	141,23±7,46	16,69	45,22±1,82	12,75	31,59±3,45	34,52	53,04±0,64	3,79	43,54±0,38	2,72
нижній	420,10±16,94	12,75	136,76±8,44	19,50	28,08±1,10	12,45	186,73±7,52	12,73	41,22±0,71	5,41	34,03±0,94	8,71
Hemerocallis hybrida hort. `Missouri Beauty`												
верхній	381,83±11,79	9,76	120,8±5,33	13,94	28,97±1,39	15,14	13,94±2,86	64,79	42,62±0,74	5,51	35,16±1,17	10,54
нижній	269,14±12,89	15,14	120,58±7,69	20,17	21,46±0,80	11,82	261,98±10,81	13,03	37,92±0,77	6,40	31,11±0,64	6,51
Hemerocallis hybrida hort. `Emerald Joy`												
верхній	373,47±26,76	22,64	127,92±7,43	18,35	30,98±0,81	8,28	3,72±1,52	129,09	46,79±0,49	3,31	42,23±1,83	13,66
нижній	287,81±7,54	8,28	116,90±12,29	33,21	23,51±1,00	13,47	255,48±11,28	13,95	38,84±0,96	7,84	33,08±0,79	7,63
Hemerocallis minor Mill.												
верхній	235,04±6,36	8,55	130,3±5,73	13,89	36,65±1,72	14,83	139,35±6,04	13,69	43,35±0,84	6,11	38,49±0,91	7,45
нижній	313,14±36,74	37,08	129,84±6,50	15,83	30,11±1,54	16,17	147,53±17,79	38,12	39,9±0,75	5,92	30,24±0,62	6,46
Hemerocallis lilio-asphodelus L.												
верхній	315,87±5,19	5,19	139,84±8,52	19,24	28,05±1,42	15,97	0	0	0	0	0	0
нижній	327,46±32,15	31,03	141,66±12,86	28,69	21,55±0,48	6,99	21,55±0,48	6,99	40,81±0,84	6,51	31,71±0,67	6,71
Hemerocallis hybrida hort. `Melody Line`												
верхній	305,65±2,57	2,66	106,83±5,16	15,26	37,34±2,01	17,04	17,65±3,52	63,01	40,34±0,74	5,82	43,67±0,85	6,17
нижній	346,90±18,71	17,04	109,51±4,22	12,18	31,89±1,31	12,99	149,57±12,66	26,75	36,96±0,96	8,23	36,07±0,75	6,58
Hemerocallis hybrida hort. `Lizie Wong`												
верхній	232,26±12,24	16,65	136,41±9,97	23,10	44,95±1,21	8,48	31,59±3,72	37,2	47,73±1,03	6,81	45,93±1,08	7,45
нижній	417,60±11,21	8,48	106,65±8,67	25,70	33,16±0,80	7,59	146,79±9,48	20,41	38,77±0,40	3,27	34,52±0,79	7,21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hemerocallis hybrida hort. `Golden Dust`												
верхній	309,36±3,11	3,18	118,93±3,03	8,05	34,67±0,88	8,06	34,37±4,39	40,39	45,51±0,92	6,38	41,29±1,08	8,30
нижній	322,09±8,22	8,06	124,09±6,15	15,66	31,77±1,78	17,75	133,78±16,53	39,04	43,87±1,42	10,25	39,76±0,77	6,13
Hemerocallis hybrida hort. `Girl Scont`												
верхній	303,79±9,99	10,40	136,31±10,39	24,08	35,12±1,67	15,00	13,01±4,20	52,13	46,91±0,80	5,38	43,58±0,92	6,66
нижній	326,27±15,49	15,00	142,17±12,02	26,71	23,95±0,95	12,52	185,80±16,80	28,58	39,39±0,92	7,40	32,94±0,80	7,70
Hemerocallis middendorfii Trautv. et Mey												
верхній	394,51±20,11	16,11	97,68±9,64	31,18	31,98±1,58	15,62	0	0	0	0	0	0
нижній	297,10±14,69	15,62	146,41±10,79	23,28	22,35±1,27	17,92	102,19±8,77	27,10	33,5±0,65	6,15	31,07±1,06	10,77
Hemerocallis hybrida hort. `Sammy Russel`												
верхній	293,57±12,02	12,94	120,28±8,06	21,18	32,29±1,36	13,08	0	0	0	0	0	0
нижній	348,14±15,94	14,47	130,46±12,62	30,58	25,35±1,28	15,97	250,94±7,48	9,42	35,54±0,53	4,74	29,13±0,35	3,74
Hemerocallis hybrida hort. ` Autumn Red`												
верхній	389,69±8,55	7,04	116,56±6,46	17,52	28,44±0,96	10,63	5,57±2,06	66,53	43,3±0,75	5,51	39,89±0,41	3,28
нижній	514,71±68,82	42,25	119,24±8,99	23,84	25,66±1,85	22,73	225,48±29,37	41,16	40,48±2,61	20,35	31,76±1,54	15,31
Hemerocallis hybrida hort. ` Dr. Regel`												
верхній	265,70±6,68	7,94	153,39±9,11	18,77	30,67±1,07	11,03	0	0	0	0	0	0
нижній	284,93±9,95	11,03	190,94±8,95	14,81	19,89±0,87	13,86	89,52±8,45	14,09	36,72±0,77	6,65	30,21±0,57	5,95
Hemerocallis hybrida hort. ` Date of Book`												
верхній	301,00±16,87	17,71	118,7±9,56	25,45	35,44±0,99	8,87	20,44±2,32	35,86	42,98±0,59	4,37	40,61±0,47	3,66
нижній	329,25±9,24	8,87	102,08±8,74	27,06	27,04±1,09	12,78	202,53±3,61	5,64	38,08±0,88	7,27	32,43±0,9	8,78
Hemerocallis fulva L.												
верхній	198,81±4,26	6,68	174,49±8,90	16,12	41,26±1,83	13,99	41,81±4,44	33,54	49,67±1,22	7,73	43,32±1,11	8,13
нижній	383,31±16,98	13,99	206,12±13,63	20,89	29,47±0,44	4,77	67,82±4,61	21,47	50,56±0,60	3,73	39,16±0,35	2,86
Hemerocallis hybrida hort. ` Nigrette`												
верхній	288,93±8,81	9,64	164,19±7,85	15,11	31,82±1,22	12,08	0	0	0	0	0	0
нижній	295,62±11,30	12,08	150,91±10,16	21,27	21,47±0,90	13,19	226,68±10,57	14,74	41,04±0,54	4,19	34,27±0,90	8,28
Hemerocallis hybrida hort. ` Linda`												
верхній	275,92±6,05	6,93	159,16±8,09	16,06	32,84±1,08	10,39	7,43±2,32	98,60	53,46±1,35	7,99	35,89±2,97	26,19
нижній	353,03±7,84	7,02	159,58±14,56	28,83	26,77±1,34	15,80	141,21±6,47	14,48	42,9±0,83	6,11	31,85±0,25	2,53
Hemerocallis hybrida hort. ` Tasmania`												
верхній	443,14±9,4	6,71	126,01±7,52	18,86	29,88±1,15	12,15	200,67±12,18	19,18	42,15±0,99	7,48	32,19±0,36	3,51
нижній	277,59±10,67	12,15	152,89±8,55	17,68	17,32±0,71	12,91	154,22±7,86	6,11	33,93±1,19	11,12	26,93±0,55	6,41
Hemerocallis hybrida hort. ` Blushing Bell`												
верхній	281,49±9,40	10,56	136,16±7,69	17,84	35,17±1,66	14,90	13,01±3,16	76,78	48,61±1,45	9,46	44,42±1,40	9,46
нижній	366,96±8,46	7,28	144,6±7,40	16,19	23,6±0,64	16,19	202,53±6,76	10,55	42,68±1,42	10,49	35,23±0,58	5,18

Hemerocallis minor, що за екологічною природою є псамоксеромезофітом, характеризується великою в порівнянні з іншими дослідженими видами кількістю повітряносних порожнин, що говорить про його високу толерантність до посушливих умов регіону інтродукції. Виявлено, що сорти `Only Yesterday`, `Emerald Joy`, `Golden Dust`, `Lizie Wong` також характеризуються великою кількістю повітряносних порожнин у порівнянні з іншими дослідженими видами та сортами, що забезпечує високу ступень стійкості даних рослин до посушливих умов регіону інтродукції.

Поряд з цим у представників двох видів *H. lilio-asphodelus* і *H. citrina* під адаксіальним епідермісом розташований один шар ізодіаметричних незабарвлених клітин, що виступають у ролі гіподерми (водоносної тканини). Гіподерма також наявна у сортів `Only Yesterday`, `Lizie Wong` `Melody Line`, що походять від цих видів. Виявлено, що *H. middendorfii, H. lilio-asphodelus* та сорти `Sammy Russel`, `Dr. Regel`, `Nigrette` характеризувалися відсутністю на адаксіальному епідермісі продихів.

Встановлено, що в природно-кліматичних умовах південного сходу України у двох видів *H. minor* і *H. citrina*, а також сортів `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta`, `Girl Scont`, `Golden Dust`, які походять від даних видів, відбувається диференціація мезофілу адаксіального боку листка. У *H. minor*, `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta` відзначена наявність двошарового, у *H. citrina*, Girl Scont`, `Golden Dust` – одношарового стовпчастого мезофілу. Товщина стовпчастого мезофілу видів та сортів роду *Hemerocallis* коливалася від 37,68 мкм (`Primrose Mascotta`) до 43,14 мкм (`Golden Dust`). Таким чином, види *H. minor* і *H. citrina* та деякі сорти, які походять від них, відрізняються досить значними пристосувальними анатомічними особливостями, що є показником високої адаптаційної здатності даних рослин до посушливих умов південного сходу України.

Кореляційний аналіз показав, що досить тісний зв'язок існує між багатьма вивченими анатомічними ознаками і морфометрічними параметрами листка. Довжина листка має негативний кореляційний зв'язок із такими анатомічними показниками листка: товщиною адаксіального та абаксіального епідермісу і мезофілу, кількістю епідермальних клітин на 1 мм^2 верхньої поверхні листкової пластинки, кількістю епідермальних клітин та продихів на 1 мм^2 нижньої поверхні листкової пластинки, коефіцієнт кореляції варіює від -0,37 до -0,48. Довжина листка також додатно корелює з шириною повітряносної порожнини (r = 0,61). Ширина листка має негативний кореляційний зв'язок із такими анатомічними показниками листка: товщиною листка, висотою повітряносної порожнини, товщиною нижнього епідермісу, кількістю епідермальних клітин на нижній поверхні листка, їхньою шириною на адаксіальному та абаксіальному боках листка, кількістю продихів на верхньому епідермісі, коефіцієнт кореляції варіює від -0,37 до -0,84. Виявлена наявність додатного кореляційного зв’язку ширини листка з товщиною верхнього епідермісу, шириною повітряносної порожнини та кількістю епідермальних клітин на верхній поверхні листка (r = 0,37 – 0,52). Виявлено, що індекс листка видів та сортів роду *Hemerocallis* додатно корелює з більшістю анатомічних ознак: товщиною листка та нижнього епідермісу, висотою повітряносної порожнини, кількістю епідермальних клітин на нижній поверхні листка, їхньою шириною на адаксіальній та абаксіальній поверхнях листка, їх довжиною на нижній поверхні листка, кількістю продихів на верхній поверхні листка. Коефіцієнт кореляції варіює від 0,46 до 0,91. Індекс листка має також негативний кореляційний зв'язок із товщиною верхнього епідермісу, шириною повітряносної порожнини та кількістю епідермальних клітин на верхній поверхні листка (r = -0,37 – -0,66).

Висновки

Встановлено, що види та сорти роду *Hemerocallis* в умовах південного сходу України характеризуються появою різноманітних анатомічних пристосувань до жорстких природно-кліматичних умов регіону інтродукції: потовщення верхнього і нижнього епідермісу, збільшення площі вентиляційної тканини, збільшення кількості продихів на абаксіальному й адаксіальному епідермісі, поява стовпчастого мезофілу і т.д. Види *H. minor* і *H. citrina*, а

також сорти `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta`, `Girl Scont`, `Golden Dust`, що походять від даних видів, зокрема загальних для всіх вивчених видів пристосувальних ознак, виробили, на наш погляд, досить значущу пристосувальну анатомічну особливість, що виражається в диференціації мезофілу. Наявність стовпчастого мезофілу, на нашу думку, можна розглядати як маркер стійкості видів та сортів роду *Hemerocallis* до природно-кліматичних умов південного сходу України**.**

Список літератури

1. *Аврорин Н. А.* Теоретические итоги переноса и акклиматизации растений в Полярно-альпийском ботаническом саду // Интродукция и акклиматизация растений и зеленое строительство / Н. А. Аврорин. – М.; Л.: Изд. АН СССР, 1957. – С. 89–93.

2. *Баранова М. А.* Классификация морфологических типов устьиц / М. А. Баранова // Ботан. журн. – 1985. – Т. 70, № 12. – С. 1585–1595.

3. Биологический энциклопедический словарь / [Гл. ред. М. С. Гиляров]. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.

4. А. с. 1530140 СССР. Числовой способ описания формы простого цельного листа / Л. Ю. Буданцева, Т. В. Гендельс (СССР). Опубл. 1989. – Бюл. № 47.

5. *Былов В. Н.* Основы сравнительной сортооценки декоративных растений при интродукции: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.05 «Ботаника» / В. Н. Былов. – М.: ГБС АН СССР, 1976. – 43 с.

6. *Бычкова З. И.* Особенности роста и развития овощных культур при загрязнении воздуха вредными газами // Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов / З. И. Бычкова. – Свердловск: Изд. АН СССР, 1984. – С. 81–85.

7. *Василевская В. К.* О значении анатомических коэффициентов как признаке засухоустойчивости растений / В. К. Василевская // Ботан. журн. – 1938. – № 4. – С. 15–16.

8. *Василевская В. К.* Формирование листа засухоустойчивых растений / В. К. Василевская. – Ашхабад: Изд-во АН ТССР, 1954. – 184 с.

9. Декоративные травянистые растения для открытого грунта / [Гл. ред. Н. А. Аврорин]. – Л.: Наука, 1977. – С. 99–104.

10. *Захаревич С. Ф.* К методике описания эпидермиса листа / С. Ф. Захаревич // Вестн. Ленинград. ун-та. – 1954. – № 4. – С. 65–75.

11. *Келлер Б. А.* Динамическая экология / Б. А. Келлер // Сов. ботаника. – 1935. – № 5. – С. 11–15.

12. *Клейн Р. М.* Методы исследования растений / Р. М. Клейн, Д. Т. Клейн. – М.: Колос, 1974. – 527 с.

13. *Культиасов М. В.* Интродукция растений природной флоры как экологическая проблема / М. В. Культиасов // Растительные ресурсы Сибири, Урала и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1965. – 448 с.

14. *Культиасов М. В.* Экологические основы интродукции растений природной флоры / М. В. Культиасов // Экология и интродукция растений. – Л.: Наука, 1963. – С. 3–37.

15. *Лапин П. И.* Значение исследований ритмики жизнедеятельности растений для интродукции / П. И. Лапин // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1974. – Вып. 91 – С. 3–8.

16. *Николаевский В. С.* Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.

17. *Плохинский Н. А.* Биометрия / Н. А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.

18. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.

19. *Родионенко Г. И.* Род ирисы / Г. И. Родионенко // Вопросы морфологии, биологии, эволюции и систематики. – М., Л., 1961. – 216 с.

20. *Шварц С. С.* Экологические закономерности эволюции / С. С. Шварц. – М.: Наука, 1980. – 277 с.

21. *Шенников А. П.* Экология растений / А. П. Шенников. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 347 с.

22. *Шестаченко Г. Н.* Методические рекомендации по оценке засухоустойчивости растений, применяемых для скальных садов в субаридных условиях / Г. Н. Шестаченко, Т. В. Фалькова. – Ялта: Б.и., 1974. – 20 с.

23. *Яценко-Хмелевский А. А.* Основы и методы анатомического исследования древесины / А. А. Яценко-Хмелевский. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – 337 с.

Крохмаль И. И., Пугачева А. Ю. **Особенности анатомического строения листа видов рода *Hemerocallis* L. в условиях интродукции на юго-востоке Украины**. – Изучены особенности анатомического строения листа и структуры эпидермиса видов рода *Hemerocallis* L. в условиях интродукции на юго-востоке Украины. Выявлены приспособительные изменения в анатомическом строении листа как показателе адаптационных возможностей и устойчивости видов рода *Hemerocallis* L. при интродукции. Установлено, что *H. minor* и *H. citrina*, а также сорта `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta`, `Girl Scont`, `Golden Dust`, происходящие от данных видов, выработали достаточно значительную анатомическую особенность, которая выражается в появлении столбчатого мезофилла.

Ключевые слова: виды рода *Hemerocallis* L., анатомическое строение листа.

Krokhmal I. I., Puhachova A. Yu. **Peculiarities of leaf anatomic structure in the species of the *Hemerocallis* L. genus in the conditions of introduction in the South-East of Ukraine.** – Peculiarities of the anatomic structure of the leaf and the structure of epidermis in the *Hemerocallis* L. genus have been studied in the conditions of introduction in the south-east of Ukraine. Adaptive modifications in the anatomic structure of the leaf considered as an indicator of adaptive capabilities and endurance of the species of the *Hemerocallis* L. genus in the course of introduction have been revealed. It has been found that *H. minor* and *H. citrina*, and the genera `Emerald Joy`, `Primrose Mascotta`, `Girl Scont`, `Golden Dust`, which derive from these species, have developed a significant adaptive anatomic feature, which is exhibited in the appearance of a palisade mesophile.

Key words: species of the *Hemerocallis* L. genus, anatomic structure of the leaf.

УДК 581.91 : 556.55 : 477.62

© Н. М. Лялюк[1], М. Ю. Омельяненко[2]

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРОСЛЕЙ ПЛАНКТОНА ПРУДОВ Г. ДОНЕЦКА

[1]*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*
e-mail: lyalyuknm@mail.ru
[2]*Институт ботаники им. М. Г. Холодного НАН Украины*
01601, г. Киев, ул. Терещенковская, 2 e-mail: mari_om@land.ru

Лялюк Н. М., Омельяненко М. Ю. **Видовое разнообразие водорослей планктона прудов г. Донецка.** – Изучено видовое разнообразие водорослей прудов г. Донецка и выявлено 153 вида водорослей 7 отделов 11 классов, 38 семейств, 86 родов. Определены доминирующие виды и систематическая структура сообществ планктона. По видовому составу преобладают Chlorophyta (41,8%) и Bacillariophyta (40,5%), Cyanoprocaryota (11,8%). Впервые составлен систематический список видов водорослей прудов г. Донецка.

Ключевые слова: видовое богатство, водоросли, пруды г. Донецка.

Введение

Особенности географических, гидрографических, климатических факторов определяют условия малой обводненности Донбасса, поэтому для удовлетворения потребностей населени и промышленности в воде создано свыше 2000 искуственных прудов (общая площадь водного зеркала около 205 км^2). Большинство прудов имеют объем от нескольких тысяч до миллиона кубических метров. Расположены пруды неравномерно: свыше 1100 прудов находятся в Донецкой области, другие – в Луганской. При этом пруды являются важнейшими аккумуляторами не только воды, но и энергии, а также формами депонирования альгоразнообразия. В стадиях малого или среднего разастания прудов при хорошем водоомене в прудах создаются уникальные условия для существования многих видов. Пополнение состава сообществ в прудах происходит за счет не только автохтонного, но и в значительной степени за счет аллохтонного комопнента экосистем. Поэтому пруды являются природными вместилищами видов и интересными, важными объектами для изучения альгоразнообразия. Учитывая тот факт, что пруды Донбасса находятся в экстремальных техногенных условиях, изучение состава, особенностей видов водорослей прудов представляет значительных практический интерес с точки зрения углубления знаний об устойчивости, адаптационных возможностях, изменчивости видов. Альгофлора прудов в Донбассе оставалось долгое время вне круга интересов специалистов, в связи с чем интересным было первичное определение состава видов, изучение особенностей доминирования в сообществах водорослей, систематической структуры.

Материал и методы исследования

Материалом для исследований послужили альгологические пробы, собранные в прудах г. Донецка в 2007-2010 гг. Собрано и проанализировано более 150 альгологических проб. Для более полного анализа обследованы пруды различного целевого назначения (отстойники промышленных предприятий, пруды для орошения и общего назначения) в разные сезоны года (весна, лето, осень). Сбор материала проводили общепринятыми методами (планктонная сеть, отбор определенного объема воды, минимум 5 дм^3 с последующим концентрированием на мембранных фильтрах «Владипор»). Пробы обрабатывали в живом и фиксированном (4% раствор формальдегида) состоянии на световых микроскопах МБР-3 и МБИ-3. Для анализа состава диатомовых водорослей использовали постоянные препараты со средой Эльяшева [9]. Определение видов водорослей проводили с использованием определителей А. Н. Криштофович [2], М. М. Голлербах и др. [1], А. М. Матвиенко [4], А. М. Матвиенко, Р. М. Литвиненко [3], Н. О. Мошкова [5], П. М. Царенко [7] с уточнениями по «Разнообразие водорослей ...» [6]. Виды водорослей приведены по системе, принятой в «Algae of Ukraine» [10, 11].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в прудах г. Донецка впервые выявлено 153 вида (165 внутривидовых таксона) 7 отделов 11 классов, 38 семейств, 86 родов. Наибольшим видовым богатством характеризуются отделы Chlorophyta (64 вида) и Bacillariophyta (62 вида). На втором месте по количеству видов отдел Cyanoprocaryota (18 видов). Остальные отделы представлены меньшим количеством видов (табл. 1).

Таблица 1

Систематическая структура фитопланктона прудов г. Донецка на уровне отделов

Отделы	Количество				
	классов	порядков	семейств	родов	видов
Cyanoprocaryota	2	3	4	8	18
Euglenophyta	1	1	1	2	4
Chrysophyta	1	1	1	1	1
Xantophyta	1	2	2	2	2
Bacillariophyta	2	8	16	34	62
Dinophyta	1	1	1	2	2
Chlorophyta	3	6	13	34	64
Сумма	11	22	38	86	153

Ниже приведен полный список видового состава водорослей планктона прудов г. Донецка.

Cyanoprocaryota*:* класс Cyanophyceae Sachs, семейство Merismopediaceae Elenkin *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz., *M. insignis* Schkorb, *M. punctata* Meyen in Wiegmann, *M. tenuissima* Lemmerm.; *Gomphosphaeria aponina* Kütz.; **семейство Microcystaceae Elenkin:** *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. pulverea* (Woodw.) Forti emend. Elenkin, *M. wesenbergii* (Komárek) Komárek. in N.V. Kondrat.; **класс Hormogoniophyceae Starmach, семейство Oscillatoriaceae (Kirch.) Elenkin s. str.:** *Lyngbya limnetica* Lemmerm; *Oscillatoria agardhii* Gomont f. *agardhii*, *O. lauterbornii* Schmidle, *O. limnetica* Lemmerm., *O. limosa* J. Agardh ex Gomont, *O. planctonica* Wołosz. in Geitler, *O. tenuis* J. Agardh ex Gomont; *Phormidium ambiguum* Gomont; *Spirulina spirulinoides* (Chose) Geitler; **семейство Anabaenaceae Elenkin:** *Anabaena sphaerica* Bornet et Flahault.

Euglenophyta*:* класс Euglenophyceae Schoenichen, семейство Euglenaceae G. A. Klebs.: *Euglena clara* Skuja, *E. polymorpha* P.A. Dang., *E. spiroides* Lemmerm., *Trachelomonas manginii* Deflandre.

Chrysophyta*:* класс Chrysophyceae Bourr., семейство Dinobryonaceae Ehrenb.: *Dinobryon sertularia* Ehrenb.

Xantophyta: класс Xanthophyceae Allorge sensu H. Ettl, семейство Heterogloeaceae Fott: *Chlorosaccus fluidus* Luther; **семейство Tribonemataceae Pascher sensu Dogadina:** *Heterothrix tribonemoides* Pascher.

Bacillariophyta*:* класс Coscinodiscophyceae Round et R. M. Crawford, семейство Coscinodiscaceae Kütz.: *Coscinodiscus radiatus* Ehrenb.; **класс Bacillariophyceae Haeckel, семейство Fragilariaceae Grev.:** *Fragilaria crotonensis* Kitton, *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow in Van Heurck) D. M. Williams et Round.; *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kütz.) D. M. Williams et Round; *Synedra acus* Kütz.; *Tabularia fascicula* (C. Agardh) D. M. Williams et Round; *Diatoma elongatum* (Lyngb.) C. Agardh, *D. tenue* C. Agardh, *D. vulgare* Bory, *D. vulgare* var. *ovale* (Fricke in A. W. F. Schmidt) Hust.; *Meridion circulare* (Grev.) C. Agardh*;* **семейство Rhoicospheniaceae Chen et Zhu:** *Rhoicosphenia abbreviate* (C. Agardh) Lange-Bert.; **семейство Cymbellaceae Grev.:** *Cymbella affinis* Kütz., *C. cymbiformis* C. Agardh, *C. lanceolata* (C. Agardh) Ehrenb., *C. tumida* (Bréb.) Van Heurck; *Encyonema elginense* (Krammer.) D.G. Mann in Round, Crawford et Mann; **семейство Gomphonemataceae (Kütz.) Grunow.:** *Gomphonema gracile* Ehrenb., *G. truncatum* Ehrenb.; **семейство Cocconeidaceae Kütz.:** *Cocconeis placentula*

Ehrenb.; **семейство Amphipleuraceae Grunow:** *Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni; **семейство Sellaphoraceae Mereschk.:** *Sellaphora bacillum* (Ehrenb.) D. G. Mann; **семейство Pinnulariaceae D. G. Mann:** *Pinnularia microstaroun* (Ehrenb.) Cleve, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *C. amphisbaena* (Bory) Cleve var. *amphisbaena, C. bacillum* (Grunow) Cleve, *C. sublinearis* (Grunow in Van Heurck) Krammer; **семейство Naviculaceae Kütz.:** *Hippodonta hungarica* (Grunow) Lange-Bert., D. Metzelin et A. Witkowski; *Mayamaea atomus* (Kütz.) Lange-Bert.; *Navicula capitatoradiata* H. Germ., *N. gregaria* Donkin, *N. microcephala* Grunow in Cleve, *N. radiosa* Kütz., *N. rhynchotella* Lange-Bert., *N. tripunctata* (O. F. Müll) Bory, *N. viridula* (Kütz.) Enrenb.; **семейство Pleurosigmataceae Mereschk.;** *Pleurosigma elongatum* W. Sm.; *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh.; **семейство Stauroneidaceae D. G. Mann:** *Stauroneis anceps* Ehrenb.; *Craticula cuspidata* (Kütz.) D. G. Mann in Round, Crawford et Mann; **семейство Catenulaceae Mereschk.:** *Amphora coffeaeformis* (C. Agardh) Kütz., *A. ovalis* (Kütz.) Kütz., *A. veneta* Kütz., *Undatella lineolata* (Ehrenb.) P. Tsarenko comb. nova; **семейство Bacillariaceae Ehrenb.:** *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow; *Psammodictyon panduriforme* (W. Greg.) D. G. Mann in Round, Crawford et Mann, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *N. epithemoides* Grunow in Cleve et Grunow, *N. gracilis* Hantzsch, *N. linearis* W. Sm., *N. microcephala* Grunow in Cleve et Grunow, *N. palea* (Kütz.) W. Sm., *N. sigmoidea* (Nitzsch.) W. Sm., *N. vermicularis* (Kütz.) Hantzsch in Rabenh.; *Denticula tenuis* Kütz.; *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimer et F. W. Lewis, *C. gracilis* (Bréb.) Grunow in Van Heurck; **семейство Entomoneidaceae Reimer:** *Entomoneis alata* (Ehrenb.) Ehrenb., *E. paludosa* (W. Sm.) Reimer in. Patrick et Reimer; **семейство Surirellaceae** Kütz.: *Cymatopleura librile* (Ehrenb.) Pant.; *Surirella brebissonii* Krammer et Lange.-Bert. var. *kuetzingii* Krammer et Lange.-Bert., *S. capronii* Bréb., *S. ovalis* Breb.

Dinophyta*:* класс Dinophyceae Pascher, семейство Gymnodiniaceae (Bergh) Lankester: *Gymnodinium uberrimum* (G. J. Allman) Kof. et Swezy; *Woloszynskia pascheri* (Süchl.) Stosch.

Chlorophyta*:* класс Ulvophyceae (Lamour.) Stewart et Mattox, семейство Ulotrichaceae Kütz. emend. Borzi: *Ulothrix tenerrima* Kütz., *U. variabilis* Kütz.; **класс Chlorophyceae T.A. Chr., семейство Chlorococcaceae Blackman et Tansley:** *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh.; **семейство Treubariaceae (Korschikov) Fott (provis.):** *Desmatractum indutum* (Geitler) Pascher; *Treubaria classispina* G.M.Smith., *T. triappediculata* C. Bernard; **семейство Scotiellocystoidaceae (Fott) P. Tsarenko:** *Pseudodictyosphaerium jurisii* (Hindák) Hindák; **семейство Radiococcaceae Fott ex Komárek:** *Coenochloris pyrenoidosa* Korschikov; *Coenococcus polycoccus* (Korshikov) Hindák; **семейство Characiaceae (Nägeli) Wille in Warming:** *Characium acuminatum* A. Braun, *C. ornithocephalum* A. Braun; *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemmerm.; **семейство Hydrodictyaceae (S. W. Gray) Dumort.:** *Pediastrum boryanum* (Turpin) Menegh. var. *longicorne* Reinsch, *P. duplex* Meyen var. *duplex*; *Tetraedron minimum* (A.Braun) Hansg., *T. triangulare* Korschikov; **семейство Selenastraceae (Blackman et Tansley) F. E. Fritsch:** *Hyaloraphidium contortum* Korschikov; *Kirchneriella aperta* Teiling, *K. lunaris* (Kirchn.); *Monoraphidium arcuatum* (Korschikov) Hindák, *M. contortum* (Thur.) Komárk.-Legn., *M. griffithii* (Berk.) Komárk.-Legn., *M. minutum*(Nägeli) Komárk.-Legn., *M. irregulare* (G. Sm.) Komárk.-Legn. in Fott, *M. Komarkovae* Nygaard; **семейство Scenedesmaceae Oltm.:** *Acutodesmus dimorphus* (Turpin) P.Tsarenko comb. nova, *A. incrassatulus* (Turpin) P. Tsarenko comb. Nova, *A. obliquus* (Turpin) P. Tsarenko comb. nova, *A. pectinatus* (Meyen) P. Tsarenko comb. nova var. *pectinatus; Coelastrum indicum* Turner, *C. microporum* Nägeli in A. Braun; *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) West et G.S.West Morren; *Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegew. var. *armatus, D. armatus* (Chodat) E. Hegew. var. *longispina* (Chodat) E. Hegew., *D. communis* (E. Hegew.) E. Hegew., *D. intermedium* (Chodat) E. Hegew. var. *intermedium, D. magnus* (Meyen) P. Tsarenko comb. nova, *D. opoliensis* var. *carinatus* (Lemmerm.) E. Hegew., *D. opoliensis* (P.Richt.) E. Hegew. var. *opoliensis, D. spinosus* (Chodat) E. Hegew., *D. subspicatus* (Chodat) E. Hegew. et Schmidle; *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Kom.; **семейство Chaetopeltidaceae G. S. West:** *Chaetopeltis orbicularis* Berthold;

класс Trebouxiophyceae Friedl, семейство Chlorellaceae Brunnth.: *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *A. hantzschii* Lagerh. var. *subtile.* Wołosz., *Chlorella vulgaris* Beij.; *Closteriopsis acicularis* (G. Sm.) J.H. Belcher et Swale, *C. longissima* (Lemmerm.) Lemmerm.; *Dicloser acuatus* C.C. Jao, Y.X. Wei et Hu; *Dictyosphaerium granulatum* Hindák, *D. pulchellum* Woodw.; *Golenkiniopsis solitaria* (Korschikov) Korschikov, *Koliella longiseta* (Visch.) Hindák, *Micractinium crassisetum* Hortob., *M. quadrisetum* (Lemmerm.) G. Sm.; *Siderocelis ornata* (Fott) Fott; **семейство Oocystaceae Bohlin**: *Franceia tenuispina* Korschikov; *Lagerheimia genevensis* Chodat; *Nephrochlamys rotunda* Korschikov; *Oocystis borgei* Snow, *O. rhomboidea* Fott; *Siderocystopsis fusca* Korschikov, *S. punctifera* (Boloch.) Hegew et Schept; **семейство Prasiolaceae Blackman et Tansley:** *Stichococcus bacillaris* Nägeli sens. str.

Синезеленые водоросли в прудах г. Донецка представлены 18 видами, которые относятся к 8 родам, 4 семействам, 3 порядкам и 2 классам. Класс Cyanophyceae насчитывает 8 видов из 2 семейств, среди которых наиболее богатым по количеству видов является семейство Merismopediaceae. Высокую частоту встречаемости (на основании коэффициента встречаемости) имеют виды *Mycrocystis aeruginosa, M. pulverea* и *Merismopedia tenuissima.* Класс Hormogoniophyceae представлен 10 видами из 2 семейств, среди которых по видовому составу пребладают Oscillatoriaceae (9 видов). Самыми распространенными являются виды рода *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont.

Отдел Euglenophyta в прудах г. Донецка представлен 4 видами из 2 родов 1 семейства 1 порядка. Высокие значения коэффициента встречаемости имеют виды *Euglena clara* и *E. polymorpha*.

Одним видом представлен отдел Chrysophyta. Малочисленны также отделы Xantophyta и *Dinophyta*, в составе которых отмечены по два монотипных рода. Суммарно эти три отдела составляют лишь 3,3% от общего числа видов.

Отдел Bacillariophyta, отмеченный как доминирующий, насчитывает 62 вида (41% от общего числа видов) 34 родов, 16 семейств, 8 порядков, 2 классов. Наиболее многочисленным в отделе является класс Bacillariophyceae, которому принадлежит 40,5% от общего состава выделенных видов альгфлоры. На уровне видов многочисленными в данном классе являются семейства Bacillariaceae (13 видов), Fragilariaceae (10 видов), Naviculaceae (9 видов). В пробах по частоте встречаемости отличаются *Cylindrotheca closterium, Navicula microcephala, Amphora ovalis.*

Наибольшим количеством таксонов среди всех выделенных групп водорослей отличается отдел Chlorophyta – 64 вида, которые относятся к 34 родам 13 семейств, 6 порядков, 3 классов. Среди порядков зеленых водорослей наиболее широко представлен Sphaeropleales Kütz. emend. M. A. Buchheim et al. – 35 видов пяти семейств, среди которых наиболее многочисленны семейства Scenedesmaceae (17 видов) и Selenastraceae (9 видов). Самую высокую частоту встречаемости имеют виды *Pediastrum boryanum, Oocystis borgei, Monoraphidium irregulare*.

Анализ спектра ведущих таксонов на порядковом, семейственном и родовом уровнях показал, что основные позиции в спектре распределены между зелеными, диатомовыми и синезелеными водорослями.

Выводы

Видовое разнообразие водорослей прудов г. Донецка составляет 153 вида (165 внутривидовых таксона). Все определенные виды выявлены в результате оригинальных исследований и приводятся впервые для прудов г. Донецка и Донецкой области. По видовому составу преобладают Chlorophyta (41,8%) и Bacillariophyta (40,5%), Cyanoprocaryota (11,8%). К наиболее распространенным видам можно отнести *Oocystis borgei, Cylindrotheca closterium, Euglena clara, Mycrocystis aeruginosa, Gymnodinium uberrimum*, представителей рода *Desmodesmus.*

Полученные первичные данные свидетельствуют об альгологическом разнообразии прудов г. Донецка и необходимости дальнейшего его изучения.

Список литературы

1. *Голлербах М. М.* Синезелёные водоросли / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М.: Совет. наука, 1953. – 650 с. [Опред. пресновод. водор. СССР. Вып. 2].

2. Диатомовый анализ / Под общей ред. А. Н. Криштофовича. – Л.: Госгеолиздат, 1950. – 398 с. + 117 табл., рис. [Опред. ископ. и соврем. диатом. водор. Кн. 3. Порядок Pennales].

3. *Матвієнко О. М.* Пірофітові водорості – Pyrrophyta / О. М. Матвієнко, Р. М. Литвиненко. – К.: Наук. думка, 1977. – 388 с. [Визн. прісновод. водор. УРСР. Вип. III, ч. 2].

4. *Матвиенко А. М.* 3. Золотистые водоросли / А. М. Матвиенко. – М.: Совет. наука, 1954. – 190 с. [Опред. пресновод. водор. СССР. Вып. 3].

5. *Мошкова Н. О.* Улотриксові й Кладофорові водорості / Н. О. Мошкова. – К.: Наук. думка, 1979. – 500 с. [Визн. прісновод. водор. УРСР. Вип. VI].

6. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. – 2000. – 10, № 4. – 309 с.

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

8. *Эльяшев К.* О простом способе приготовления высокопреломляемой среды для диатомового анализа / К. Эльяшев // Тр. НИИ геол. Арктики. – 1957. – № 4. – С. 74–75.

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

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

Лялюк Н. М., Омельяненко М. Ю. **Видове різноманіття водоростей планктону ставків м. Донецька. –** Досліджено видове різноманіття водоростей ставків м. Донецька і виділено 153 види водоростей 7 відділів 11 класів, 38 родин, 86 родів. Визначені домінуючі види і систематична структура угруповань планктону. За видовим складом переважають Chlorophyta (41,8%) і Bacillariophyta (40,5%), Cyanoprocaryota (11,8%). Вперше представлений систематичний список видів водоростей ставків м. Донецька.

Ключові слова: видове багатство, водорості, ставки м. Донецька.

Lyalyuk N. M., Omelyanenko M. J. **The species diversity of planktonic algae of ponds of Donetsk.** – The species diversity of algae of ponds of Donetsk studied, 153 kinds of algae of 7 departments of 11 classes, 38 families, 86 genera determined. The dominant species and systematic structure of plankton communities identified. Chlorophyta (41,8%) and Bacillariophyta (40,5%), Cyanoprocaryota (11,8%) dominated by species composition. The systematic list of species of algae of ponds of Donetsk compiled for the first time.

Key words: species composition, algae, species richness, algae, ponds of Donetsk.

УДК 582.542.12 : 581.44

© В. Г. Миколайчук

МОРФОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОРЕНЕВИЩ *CYPERUS ESCULENTUS* L. ПРИ ІНТРОДУКЦІЇ В ПІВНІЧНОМУ ПРИЧОРНОМОР'Ї

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України
01014, м. Київ, вул. Тимірязєвська, 1 e-mail: mikolaychuk07@mail.ru

Миколайчук В. Г. **Морфолого-біологічні особливості кореневищ *Cyperus esculentus* L. при інтродукції в Північному Причорномор'ї.** – Описані морфологічні особливості кореневищ рослин із врахуванням фаз розвитку протягом вегетаційного періоду. Встановлена роль кореневищ у формуванні життєвої форми та стратегії поширення *Cyperus esculentus.*

Ключові слова: Cyperus esculentus, кореневище, плагіотропні кореневища, парцела.

Вступ

Cyperus esculentus L. Sp. pl. (1753) (смикавець їстівний, чуфа) походить із долини Білого Нілу і відомий в культурі з II-III тис. р. до н.е. [9, 13, 27, 28]. *C. esculentus* належить до підродини Cyperoideae триби Cypereae Nees. підтриби Cyperinae [20-22, 29], є лектотипом роду *Cyperus*. *C. esculentus*, має ряд синонімів: *Cyperus aureus* Ten., *C. melanorrhizum* Del., *C. hydra* H.B.K. (non Mich.), *C. nervosus* Roem. et Schult., *C. tenorii* Presl., *C. tenorianus* Schult., *C. sieberianus* Link (non Spreng.), *C. fenzelianus* C.B. Clarke, *Chlorocyperus aureus* Palla, *Ch. esculentus* Palla [5, 6, 29]. Він відомий як багаторічний полікарпік, але при інтродукції в помірній зоні є трав'янистим однорічником з моноциклічними ортотропними надземними пагонами переважно з неповним розвитком, плагіотропними кореневищами, столонами і бульбами. Але поява генеративних пагонів і цвітіння спостерігається дуже рідко.

Завдяки збалансованому вмісту в бульбах білків, жирів, вуглеводів, мікроелементів рослина використовується в харчовій промисловості, особливо при виготовленні продуктів дієтичного харчування для спортсменів, дітей та людей похилого віку. Останні дослідження вказують на перспективність використання бульб смикавця їстівного у фармакології для лікування і профілактики цукрового діабету та гіпертонії [1, 4, 24].

Кореневище *C. esculentus* має симподіальне наростання. У процесі росту утворюються короткі підземні пагони (кореневища), верхівкова точка яких, досягнувши поверхні ґрунту, дає початок надземним ортотропиним пагонам, а бічні бруньки дають початок розвитку підземних пагонів наступного порядку. Залежно від умов розвитку кожен пагін розвиває 2…4 пагонів наступного порядку [15]. Інші вчені [7, 8] стверджують, що кореневища повзучі довгі тонкі і несуть на кінцях «шаровидні» або «яйцевидні» бульби діаметром 1,0…1,5 см.

Н. Ф. Сергеєва [15] для спрощення описів запропонувала поділяти пучки листків *C. esculentus* на два яруси: перший ярус і підгін. Пучки першого ярусу характеризували, на її думку, силу розвитку рослин та ознаки пригнічення, а підгін – розвиток кореневищ і його життєвість. К. А. Кузнецов [14] поділяє кореневища на два типи: з одних утворюються нові пагони, з інших – лише бульби. М. Гродзинський [6], описуючи процес розвитку рослин, стверджував, що бічні пагони утворюються в результаті кущіння головного пагону і подальшого розвитку надземних пагонів із підземних столонів. Кількість останніх є значно меншою, ніж утворених від бічних пагонів. Завдяки цьому процесу, на його думку, відбувається поширення пагонів у всі боки.

Серед рослин, що мають різні життєві форми, відомі різноманітні стратегії вегетативного розмноження і поширення у фітоценозах. Вегетативно-рухливими називають ті види рослин, особини яких розростаються на площі фітоценозу внаслідок утворення спеціалізованих вегетативних органів [18, 25, 26]. Ця стратегія є характерною для трав'янистих і дерев'янистих наземно-повзучих, столоноутворюючих, кореневищних та кореневовідприскових рослин. Серед морфологічних рис, що є найбільш істотними, вважають перехід рослин від моно- до поліцентричності; поліцентричність дорослих рослин; здатність поліцентричних особин багатьох видів до вегетативного розмноження; пов'язану з цим необмежену тривалість повного онтогенезу; здатність до омолодження; структурну

подібність просторової організації особини (клону, популяційного локусу). Останнє пов'язане з тим, що елементарною частиною фітогенного поля є парціальний кущ (пагін), а не вся особина. Серед фітоценотично важливих ознак є наявність кореневищ і столонів.

Попри те, що цей вид відомий давно, деякі морфологічні особливості його вегетативних органів є недостатньо вивченими, тому постала необхідність у більш детальному їх висвітленні. Особливо це стосується кореневищ та їх ролі у формуванні життєвої форми рослин та стратегії поширення.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом досліджень були рослини *C. esculentus*, які вирощували на дослідних ділянках із посадкового матеріалу власної репродукції. Для проведення морфологічного опису викопували по 10...20 типових рослин у фазах відростання, парцеляції, формування бульб та закінчення вегетації. Викопані рослини відмивали від ґрунту. Розвиток кореневищ фіксували за фазами розвитку надземних органів рослин. Біометричні показники зводилися у відповідні таблиці за фазами розвитку.

Для морфологічної характеристики кореневищ *C. esculentus* використовували термінологію, наведену в «Атласе по описательной морфологии высших растений» [19], С. М. Зиман та інш. [12]. При проведенні порівняльного опису рослин використовували термінологію з праць І. Г. Серебрякова [16, 17], Ю. Є. Алексеєва [2, 3], І. М. Хом'якової [23]. При вивченні кореневищ встановлювали динаміку росту, загальну довжину та довжину міжвузль. Статистичну обробку морфометричних даних проводили за програмою Excel 7.0. Визначали середнє арифметичне значення ознак та коефіцієнт варіації (V, %). Ступінь варіювання ознак визначали за шкалою рівнів мінливості коефіцієнта варіації Г. М. Зайцева [10, 11].

Результати та обговорення

У результаті досліджень встановлено, що кореневища *C. esculentus* – видозмінені плагіотропні підземні пагони, які несуть редуковані лусковидні листки і додаткові корені. Напрямок росту кореневищ першого порядку (розвиваються на «виродженій» бульбі) – висхідний, наступних порядків – горизонтальний. Для останніх характерний перехід від плагіотропного росту при досягненні довжини 13,0 ... 20,0 см до вертикальних (ортотропних) пагонів, які виходять на поверхню ґрунту. Радіус дуги кореневища у *C. esculentus* малий, тому існує чіткий перехід між горизонтальною і вертикальною частиною підземного пагону (рис. 1).

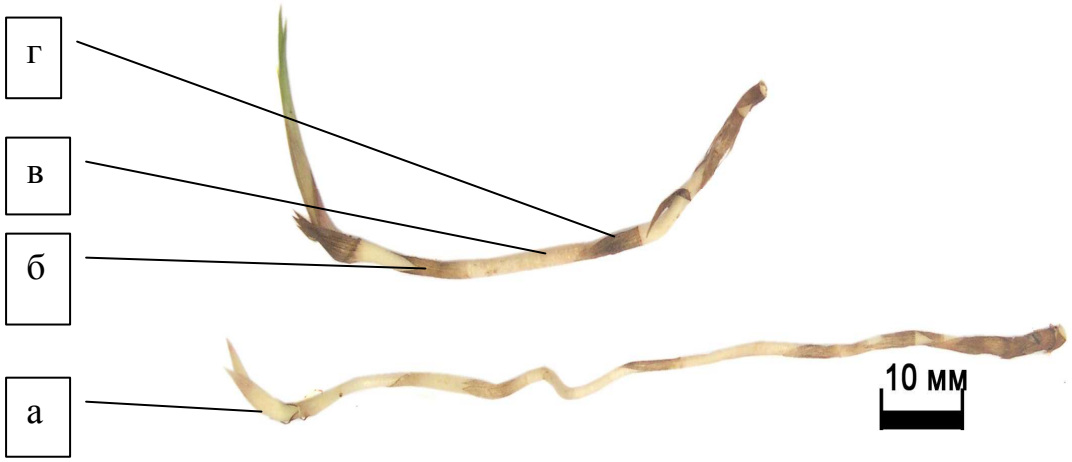


Рис. 1. Формування кореневищ рослин *C. esculentus*: а – радіус дуги кореневища; б – вузол; в – міжвузля; г – лускоподібні листки.

Формування кореневищ відбувається за правилом відцентрового росту пагонів, при якому нові кореневища ніколи не ростуть у бік материнської парцели і у бік парцел нижчих порядків, а ростуть у напрямку території, ще не зайнятої пагонами цієї рослини. Між сусідніми кореневищами *C. esculentus* обов'язково існує невеликий кут розходження один відносно другого (рис. 2).

Рис. 2. Тип наростання пагонів *C. esculentus* у фазі парцеляції: а – дуга кореневища; б – симподіальне наростання.

Для більш зручного опису кореневищ ми згрупували їх на кореневища першого порядку – відростають від «виродженої» бульби і закінчуються парцелами першого порядку; другого порядку – знаходяться між парцелами першого і другого порядків; третього порядку – між парцелами другого і третього порядків; четвертого порядку – між парцелами третього і четвертого порядків; п'ятого порядку – між парцелами четвертого і п'ятого порядків.

Для рослин *C. esculentus* характерне внутрішньопіхвове відновлення дочірньої парцели, яке має виключно плагіотропний ріст: його кінчик знаходиться між кількома бурими лусковидними листками (див. рис. 1). Коли на парцелах розвиваються серединні листки, лусковидні листки кореневищ повністю руйнуються. Їх судинно-волокнисті пучки охоплюють основу парцели з додатковими коренями.

Зона парцеляції у рослин *C. esculentus* знаходиться на невеликій ділянці кореневища – його дузі (див. рис. 1). У цій зоні формується різна кількість бруньок, з яких розвиваються плагіотропні кореневища. Розвиток бічних бруньок пагона першого порядку приводить до утворення декількох пагонів другого, які в свою чергу дають початок пагонам третього та наступних порядків. У результаті утворюються парціальні кущі, що виділяються в горизонтально-кореневищних видів, до яких належить *C. esculentus*. Для фази формування бульб у рослин *C. esculentus* характерне одночасне формування кореневищ і столонів.

У Північному Причорномор'ї кореневища формуються на «виродженій» бульбі і парцелах різного порядку. Виявлено, що у фазі парцеляції максимальна кількість кореневищ другого та третього порядків (5,53 ± 0,74 та 5,67 ± 0,92), мінімальна – першого та четвертого порядків (2,13 ± 0,24 та 2,00 ± 0,69), між ними істотної відмінності немає. Найбільша кількість кореневищ формується у фазі закінчення вегетації: від 2 кореневищ першого до 73 кореневищ третього порядків, що формуються на «виродженій» бульбі та парцелі третього порядку (рис. 3).

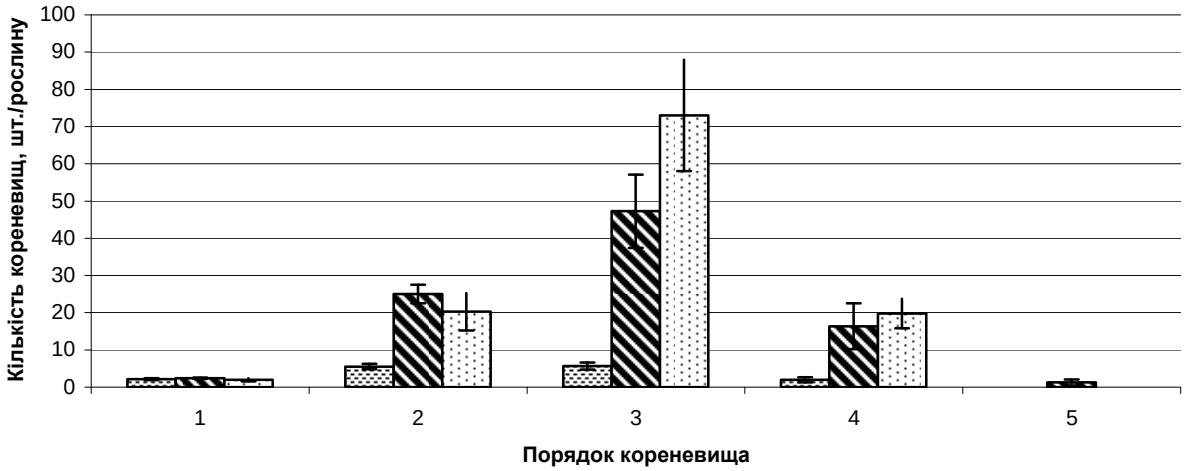


Рис. 3. Динаміка кількості кореневищ рослин *C. esculentus* залежно від фази розвитку: ▨ – парцеляція; ▩ – формування бульб; ▨ – закінчення вегетації.

У рослин *C. esculentus* максимальна відстань між парцелами першого і останнього порядків змінюється протягом вегетації: у фазі парцеляції становить 90, утворення бульб – 160, закінчення вегетації – 180 мм (табл. 1). Отримані результати свідчать про існування відмінності за кількістю і довжиною кореневищ різних порядків. Найбільша середня довжина є характерною для кореневищ третього порядку.

Таблиця 1

Параметри кореневищ різних порядків рослин *C. esculentus* у фазі парцеляції

Параметри кореневищ	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	min-max	σ	V, %
Кореневище 1-го порядку:				
кількість кореневищ, шт.	2,3 ± 0,24	1,00-4,00	0,92	42,9
довжина, мм	13,92 ± 2,13	0,50-47,00	12,06	86,6
кількість міжвузль, шт.	2,44 ± 0,26	0,00-6,00	1,48	60,7
довжина міжвузля, мм	4,73 ± 0,56	0,25-10,00	3,16	66,7
Кореневище 2-го порядку:				
кількість, шт.	5,53 ± 0,74	1,00-23,00	6,77	122,4
довжина кореневища, мм	31,01 ± 2,81	0,00-110,00	25,59	82,5
кількість міжвузль, шт.	3,75 ± 0,27	0,00-11,00	2,46	65,7
довжина міжвузля, мм	7,33 ± 0,31	0,00-13,33	2,81	38,3
Кореневище 3-го порядку:				
кількість, шт.	5,67 ± 0,92	0,00-31,00	8,58	151,5
довжина кореневища, мм	25,48 ± 2,45	0,00-95,00	22,95	90,1
кількість міжвузль, шт.	5,16 ± 0,78	0,00-54,00	7,28	141,1
довжина міжвузля, мм	6,55 ± 0,33	0,00-13,50	3,07	46,8
Кореневище 4-го порядку:				
кількість, шт.	2,00 ± 0,69	0,00-15,00	4,26	213,0
довжина кореневища, мм	18,55 ± 3,32	0,00-70,00	20,47	110,4
кількість міжвузль, шт.	2,58 ± 0,37	0,00-9,00	2,29	88,6
довжина міжвузль, мм	5,03 ± 0,55	0,00-12,50	3,38	67,2

Встановлені морфологічні особливості кореневищ: у фазі парцеляції найбільша кількість вузлів виявлена у кореневищ третього, а найменша – першого порядку (5,16 ± 0,78 та 2,44 ± 0,26 відповідно). Найбільша довжина міжвузль характерна для кореневищ другого, а найменша – першого порядків (7,33 ± 0,31 та 4,73 ± 0,56 мм відповідно).

У фазі формування бульб найбільша кількість вузлів характерна для кореневищ третього порядку, а найменша – кореневищ першого порядку (4,49 ± 0,12 та 1,85 ± 0,31 відповідно). Найбільша загальна довжина та довжина міжвузль також характерна для кореневищ третього порядку (56,90 ± 2,23 та 11,59 ± 0,27 мм), а найменша – п'ятого порядків (12,50 ± 2,36 та 6,13 ± 0,39 мм).

У фазі закінчення вегетації для кореневищ третього порядку характерні найбільша кількість вузлів (4,20 ± 0,14), загальна довжина (68,07 ± 2,89 мм) та довжина міжвузль (14,60 ± 0,40 мм). Найменші показники характерні для кореневища першого порядку (1,88 ± 0,35 шт., 11,38 ± 2,22 та 6,25 ± 0,99 мм відповідно). Високі показники коефіцієнтів варіації для морфологічних показників кореневищ протягом вегетації свідчать про значну екологічну пластичність представників цього виду при інтродукції в Північному Причорномор'ї.

У результаті дослідження стратегії поширення *C. esculentus* встановлено, що рослина є вегетативно-рухливою. Це пов'язано з наявністю в неї кореневищ та їх симподіального наростання, напрямок їх наростання не спрямований в бік парцел нижчого порядку. Завдяки цьому рослина може займати нову територію (рис. 4).

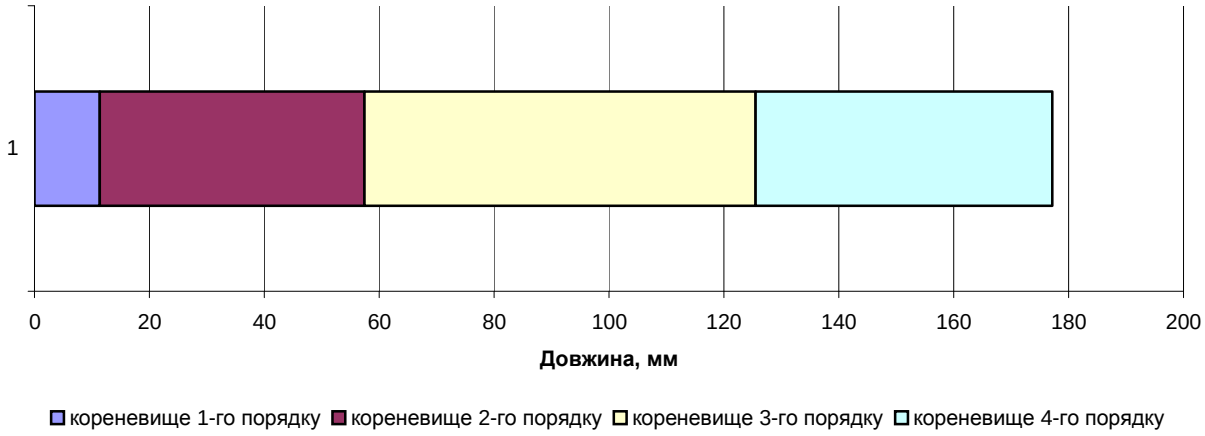


Рис. 4. Залежність стратегії поширення *C. esculentus* від довжини кореневищ.

На кінець вегетації найменшу довжину мають кореневища першого порядку, які відходять від «виродженої» бульби, а найбільшу – кореневища третього порядку (11,38 ± 2,22 і 68,07 ± 2,89 мм відповідно). Загальна довжина кореневищ, що ростуть в одному напрямку, становить близько 18 см. Враховуючи довжину кореневищ кожного порядку та загальну векторну їх довжину, встановлено, що від «виродженої» бульби за один вегетаційний період рослина може зайняти площу близько 314 см^2.

Тобто особливістю життєвої форми рослин *C. esculentus* L. є їх вегетативна рухливість, яка в першу чергу пов'язана з наявністю симподіального наростання кореневищ.

Нами встановлено, що на кореневищах усіх порядків бульби не формуються.

Висновки

У рослин *C. esculentus* кореневища за напрямком росту поділяються на ортотропні і плагіотропні, які відрізняються за кількістю вузлів, загальною довжиною та довжиною міжвузль. Кількість кореневищ залежить від фаз розвитку рослин та формує габітус рослин. Враховуючи загальну довжину кореневищ і довжину міжвузль, слід зазначити, що рослини *C. esculentus* в умовах інтродукції є вегетативно рухливими, довгокореневищними, здатними утворювати нещільні дернини.

Список літератури

1. Адаптоген стресс-корректор [текст] / Ю. Н. Чернов [и др.]; – М., 2001. – Пат. РФ № 2176516.

2. *Алексеев Ю. Е.* Жизненные формы осок / Ю. Е. Алексеев // Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы. – 1976. – Вып. 4. – С. 90–96.

3. *Алексеев Ю. Е.* Осоки: морфология, биология, эволюция / Ю. Е. Алексеев. – М.: Агрус, 1996. – 215 с.

4. *Бузлама А. В.* Сравнительная характеристика фармакологической активности фенол-содержащих препаратов – олипифата, динофена и *Cyperus esculentus* L.: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. наук: спец. 14.00.25 «Фармакология, клинич. фармакология» / А. В. Бузлама. – Курск, 2005. – 24 с.

5. Визначник рослин УРСР. – К.: Держ. вид-во с/г літ-ри УРСР, 1950. – 931 с.

6. *Гродзинський М.* Культивування чуфи в Україні / М. Гродзинський // Технічні культури. – 1939. – № 5–6. – С. 78–80.

7. *Дуб'янська М.* Нові рослинні культури / М. Дуб'янська // Технічні культури. – 1933. – № 3. – С. 22–23.

8. *Жаркова Г.* Малопоширені олійні культури в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для використання в Україні у 2006 р. / Г. Жаркова, С. Васьківська // Пропозиція. – 2006. – № 10 (136). – С. 66–70.

9. *Жуковський П. М.* Культурные растения и их сородичи (систематика, экология, использование, происхождение, использование) / П. М. Жуковський. – Л.: Колос, ЛО, 1971. – 751 с.

10. *Зайцев Г. Н.* Математика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1990. – 296 с.

11. *Зайцев Г. Н.* Оптимум и норма в интродукции растений / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1983. –269 с.

12. Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин: навч.-метод. посібник / [Зиман С. М., Мосякін С. Л., Булах О. В. та ін.]; під ред. С. М. Зиман. – Ужгород: Медіум, 2004. – 156 с.

13. *Козо-Полянский Б. М.* Драгоценное растение / Б. М. Козо-Полянский // Природа. – М.: Изд-во АН СРСР, 1948. – С. 55–58.

14. *Кузнецов К. А.* Некоторые различия видов (*Cyperus esculentus* L. и *Cyperus rotundus*) / К. А. Кузнецов // В сб. ВНИИМК «Чуфа». – Краснодар: Изд-во ВНИИМК, 1933. – № 4. – С. 25–29.

15. *Сергеева Н. Ф.* К биологии чуфы (*Cyperus esculentus)* / Н. Ф. Сергеева // Науч.-произв. сб. ВНИИМК. – Краснодар: Изд-во ВНИИМК, 1933. – № 4. – С. 40–48.

16. *Серебряков И. Г.* Морфология вегетативных органов высших растений / И. Г. Серебряков. – М.: Сов. наука, 1952. – 391 с.

17. *Серебряков И. Г.* Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И. Г. Серебряков – М.: Высш. шк., 1962. – 378 с.

18. *Серебрякова Т. И.* Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков / Т. И. Серебрякова. – М.: Наука, 1971. – 359 с.

19. *Федоров Ал. А.* Атлас по описательной морфологии высших растений. Стебель и корень / Ал. А. Федоров, М. Э. Кирпичников, З. Т. Артюшенко. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 349 с.

20. Флора европейской части СССР. – Л.: Наука, ЛО, 1976. – Т. 2. – 240 с.

21. Флора СССР / Под общей ред. В.Л. Комарова; ред. Б. К. Шеписин. – Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – Т. 3. – 411 с.

22. Флора Сибири. Cyperaceae / Сост. Малышев Л. И., Тимохина С. А., Бубнова С. В. и др. В 14 т.– Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1990. – Т. 3. – 280 с.

23. *Хомякова И. М.* Цифровой политомический ключ для определения лесных осок в цветущем состоянии / И. М. Хомякова. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1967. – 16 с.

24. *Чернов Ю. Н.* Адаптогенные стресс-корректорные свойства препаратов на основе *Cyperus esculentus* L. / Ю. Н. Чернов, В. С. Бузлама, Ю. В. Водолазский, О. А. Муракбашина: матер. V Междунар. съезда [«Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения»], (Петродворец, 5–7 июля 2001 г.). – 2001. – 670 с.

25. *Чорна Г. А.* Особливості життєвих форм дернинних та купиноутворюючих видів родів *Carex* L. (Cyperaceae), *Juncus* L. (Juncaceae) / Г. А. Чорна // Інтродукція рослин. – 2003. – № 3. – С. 88–93.

26. *Шахова З. Д.* К экологической характеристике земляного миндаля (чуфы) в связи с вопросом об организации почек возобновления клубней / З. Д. Шахова // Тр. Воронежского гос. ун-та. – Воронеж: Воронежское книжное изд-во, 1955. – Т. XLII, вып. 1. – С. 42–43.

27. *Шлыков Г. Н.* Интродукция и акклиматизация растений. Введение в культуру и освоение в новых районах / Г. Н. Шлыков. – М.: Изд-во с.-х. лит., журн. и плакатов, 1963. – 488 с.

28. Index kevensis: In 2-v. – Oxford: L. Clartendon Press, 1949. – V. 1. – 1268 p.

29. *Kükenthal G.* Cyperaceae, Scirpoideae, Cypereae / G. Kükenthal // A. Eldes, Lfs Pflanzenreich 4.20. Verlag Engelman, Leipzig, 1936. – P. 116-121.

Миколайчук В. Г. **Морфолого-биологические особенности корневищ *Cyperus esculentus* L. при интродукции в Северном Причерноморье.** – Описаны морфологические особенности корневищ растений с учетом фаз развития на протяжении вегетационного периода. Определена роль корневищ в формировании жизненной формы и стратегии распространения *Cyperus esculentus*.

Ключевые слова: *Cyperus esculentus*, корневище, плагиотропные корневища, парцелла.

Mikolajchuk V. G. **Morphological-biological features of rhizomes of plant *Cyperus esculentus* L. introduction in Northern Black Sea Coast. –** Morphological features of rhizomes of plants in view of phases of development during a vegetation period are described. The role of rhizomes in formation of a life form and strategy of distribution is certain *Cyperus esculentus*.

Key words: *Cyperus esculentus*, rhizome, plagiotropic rhizomes, parcella.

УДК 582.572.2 (477.62)

© М. А. Павлова[1], Л. Ю. Качур[2]

IRIS PSEUDACORUS L. В КУЛЬТУРЕ ОТКРЫТОГО ГРУНТА НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

[1]Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр-т Ильича, 110
e-mail: donetsk-sad@mail.ru
[2]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: botany@dongu.donetsk.ua

***Павлова М. А., Качур Л. Ю. Iris pseudacorus* L. в культуре открытого грунта на юго-востоке Украины.** – Представлены результаты многолетнего интродукционного эксперимента по культивированию *Iris pseudacorus* L. в Донецком ботаническом саду НАН Украины. Изучены морфология вегетативных и генеративных органов, сезонный ритм развития, способность к вегетативному и семенному размножению, онтогенез. Определена оценка успешности интродукции и пути использования данного вида в зеленом строительстве региона.

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

Введение

Интродукция растений – эффективный метод обогащения культурной флоры за счет дикорастущих видов, устойчивых к неблагоприятным условиям, болезням и вредителям, что обусловливает их перспективность для зеленого строительства. Интересными и перспективными растениями для пополнения ассортимента декоративных многолетников открытого грунта на юго-востоке Украины являются виды рода *Iris* L. Целенаправленная работа по их интродукции в Донецком ботаническом саду НАН Украины (ДБС) проводится с 2001 г., в настоящее время в коллекции насчитывается 28 видов. Успешность интродукции новых видов определяется их устойчивостью и способностью к репродукции, жизнеспособность интродуцентов отражается в полноте прохождения ими циклов онтогенетического развития [9].

Целью работы является разработка биологических основ интродукции, культивирования и использования в озеленении юго-востока Украины перспективного декоративного многолетника *Iris pseudacorus* L.

Материал и методы исследования

Изучение морфологических особенностей и сезонного ритма развития проводили по общепринятой методике с учетом основных этапов вегетации [5], онтогенетическое развитие – в соответствии с классификацией Т. А. Работнова [6, 7], дополненной А. А. Урановым [10], с использованием методики И. И. Игнатьевой [4].

Iris pseudacorus – ирис желтый, или болотный. Многолетний травянистый поликарпик, корневищный геофит [12]. Растет по мелководьям рек, озер, болот от середины таежной до субтропической зоны в Европе, на Кавказе, в Западной Сибири, Северной Африке и Малой Азии. Корневище обычно погружено в воду, листья и цветоносы находятся над водой [3, 11]. В ДБС интродуцирован в 2001 г. семенами из ботанического сада г. Кен (Франция).

Результаты и обсуждение

Этот гидрофитный ирис в засушливых условиях юго-востока Украины проходит все фазы годичного цикла развития и сохраняет декоративность в течение всего вегетационного периода, даже без полива. В условиях ДБС зрелое генеративное растение характеризуется следующими морфометрическими параметрами. Корневище плагиотропное, на поперечном срезе красновато-розовое, состоит из сильно утолщенных и укороченных годичных приростов (звеньев) 5-8 см длиной и 2,5-3,5 мм в диаметре. Ветви корневища многолетних особей, переплетаясь, образуют куртины. С одной стороны корневища происходит его нарастание, с противоположной – медленное отмирание. Звенья корневища текущего года

прикрыты влагалищами листьев и остатками отмерших листьев генерации прошлого года, снизу несут бородку из придаточных корней, ежегодно отмирающих. Плагиотропное корневище обусловливает рыхлокустовой тип ветвления [8], но в аридных условиях Донбасса при отсутствии полива звенья корневища сближены, и растение приближается к плотнокустовому типу. Листья светло-зеленые, мечевидные, 2,5-3,2 см шириной, 47-70 см длиной. Один вегетативный побег (веер) состоит из 7-12 листьев. Цветонос 50-70 см высотой, облиственный, с 2-4 боковыми ветвями, несущими по 2-3 золотисто-желтых цветка около 7 см диаметром, высотой 4 см (рис. 1). Плод – продолговатая коробочка 4,5-7,0 см длиной, 1,5-2,0 см в диаметре. Семена полукруглые, сплюснутые, коричневые, размером 0,5-0,6 см.

Рис. 1. *Iris pseudacorus* L. в Донецком ботаническом саду.

По характеру фенологического развития в годичном цикле *I. pseudacorus* относится к весеннее-летне-осеннезеленым видам поздневесеннего-раннелетнего цветения [2]. Вегетацию начинает сразу после оттаивания почвы, 1.02-13.03, заканчивает в начале ноября. Цветет 23.05-2.06 в течение 10 дней.

Вегетативное размножение осуществляется искусственным делением корневища по числу вееров в период покоя (август-сентябрь). Семена созревают ежегодно, интродуценты способны давать самосев.

При осеннем посеве всходы появляются весной следующего года, в последующие 4 года отмечены последовательно сменяющие друг друга следующие возрастные состояния: проросток, ювенильное, имматурное, виргинильное, молодое генеративное – т.е. малый жизненный цикл в условиях интродукции *I. pseudacorus* проходит в течение 4-х лет.

В первый год развития сеянцы проходят 3 возрастных состояния прегенеративного периода: проросток, ювенильное, имматурное (рис. 2).

Рис. 2. Проросток (*p*), ювенильная (*j*) и имматурная (*im*) особи *Iris pseudacorus* L.

Проростки (*p*). Тип прорастания подземный: гипокотиль недоразвивается, семядоля остается под землей, на поверхность почвы выносится первичный лист мечевидной формы высотой 3-5 см. Одновременно кроме главного корешка развиваются 2-4 придаточных, достигая 1,5-2,5 см длины. Питание проростка смешанное, осуществляется за счет эндосперма семени и ассимиляции первичного листа. Это возрастное состояние длится 10-15 дней.

Ювенильные особи (*j*). Из зародышевой почки последовательно развиваются 4 ассимилирующих листа главного розеточного побега длиной 9-12 см. 3-4 придаточных неветвящихся корня достигают 3-4 см длины, в это время главный корень замедляет рост. Ювенильные особи переходят к самостоятельному питанию: питательные вещества семени израсходованы, но семенная кожура не отделяется, а остается прикрепленной к растению с помощью черешка семядоли. Продолжительность этого возрастного состояния – 20-25 дней.

Имматурные особи (*im*) отличаются размерами листьев (12-16 см), увеличением количества придаточных корней до 5-7 и их ветвлением до второго порядка. В конце лета некоторые неветвящиеся корни становятся контрактильными, втягивая почку возобновления в почву. С наступлением холодов листья засыхают, их влагалища защищают почку возобновления в зимний период. В таком состоянии растение зимует.

Во второй год развития все особи находятся в виргинильном возрастном состоянии (*v*) (рис. 3).

Рис. 3. Виргинильная особь (*v*) *Iris pseudacorus* L.

В течение вегетационного периода развивается 7-8 мечевидных листьев длиной от 33 до 48 см, шириной 1,9-2,4 см. Подземная часть представлена коротким корневищем с множеством придаточных корней. Половина из них разветвленные, более длинные (12-15 см длиной), остальные более толстые и короткие (до 10 см), шнуровидные. В конце лета их базальная часть становится поперечно-морщинистой, корни превращаются в контрактильные, втягивая корневище глубже в почву. В конце октября листья желтеют, затем засыхают, защищая верхушечную почку. В таком состоянии растение зимует.

На третьем году развития возрастное состояние всех особей по-прежнему виргинильное. Однако в результате ветвления корневища сформировались особи с двумя и четырьмя вегетативными побегами (v_1 и v_2). Каждый побег состоит из двух низовых и 6-8 срединных широколинейных листьев длиной 40-70 см, шириной 2,2-2,8 см. Подземная часть представлена коротким корневищем с множеством придаточных корней. Половина из них разветвленные, более длинные (до 15 см длиной), остальные более короткие и толстые (до 10 см длиной, 2-4 мм толщиной), шнуровидные. В конце лета они превращаются в контрактильные. В конце октября листья желтеют, затем засыхают.

На четвертом году развития растения переходят в молодое генеративное возрастное состояние (g_1). Корневище продолжает ветвиться в трех направлениях, в результате чего сформировались особи с 6-8 вегетативными и одним генеративным побегом (рис. 4).

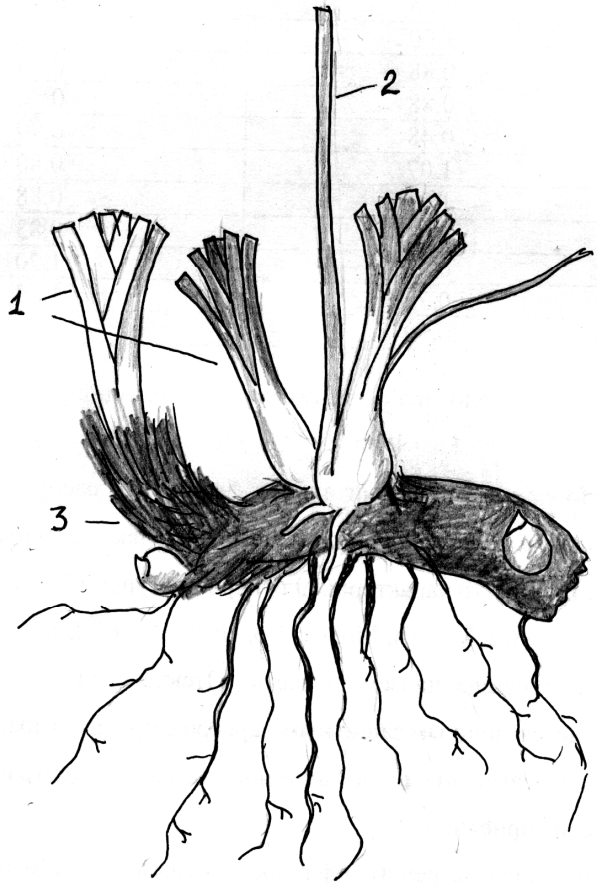


Рис. 4. Фрагмент молодой генеративной особи (g_1) *Iris pseudacorus* L.: 1 – вегетативный побег, 2 – генеративный, 3 – корневище.

Корневище хорошо выражено, 1,6-2,2 см толщиной, на 2,0-2,5 см от точки нарастания покрыто бурыми волокнами – остатками отмерших листьев генерации предыдущего вегетационного периода. Вегетативный побег состоит из двух низовых и 6-8 срединных листьев длиной 47-70 см, шириной 2,5-3,2 см. Генеративный побег высотой 50-58 см несет 4 ярко-желтых цветка 7 см диаметром, 4 см высотой. Только один цветок (в большинстве случаев верхний) развивается в коробочку с 16-25 полноценными семенами.

В конце июля рост корней прекращается, значительная их часть становится контрактильными, втягивая корневище в почву. Таким образом, явление гетероризии (образование корней разных типов) характерно для особей *I. pseudacorus* на всех стадиях онтогенеза, кроме проростков и ювенильных. К концу августа все корни отмирают, взамен от каждого вегетативного побега начинается рост новых, в количестве 3-6. В начале ноября вегетация прекращается.

Таким образом, *I. pseudacorus* проявляет высокую адаптационную способность в условиях степной зоны Украины. Его адаптивная стратегия в аридных условиях – геофилия в сочетании с образованием подземных запасающих органов (корневищ). Высокая оценка успешности интродукции вида (7 баллов по 7-бальной шкале) [1] свидетельствует о высоких потенциальных возможностях вида, что проявилось при его интродукции в экстремальные для него условия.

Выводы

На основании проведенных исследований *I. pseudacorus* нами рекомендуется как устойчивое и неприхотливое растение для использования в зеленом строительстве на юго-востоке Украины. Рекомендуется для водоемов, миксбордеров, рокариев. В экспозициях ландшафтного типа хорошо сочетается с нивяником, кипреем, ирисом сибирским, мелколепестником крупноцветковым, колокольчиком средним, маком восточным и другими высокими многолетниками.

Список литературы

1. *Баканова В. В.* Цветочно-декоративные многолетники открытого грунта / В. В. Баканова.– К.: Наук. думка, 1984. – 155 с.

2. *Борисова И. В.* Сезонная динамика растительного сообщества / И. В. Борисова // Полевая геоботаника. – Л.: Наука, 1972. – Т. 4. – С. 5–136.

3. Декоративные травянистые растения для открытого грунта СССР. В 2 т. – Л.: Наука, 1977. – Т. 1. – С. 236.

4. *Игнатьева И. П.* Методика изучения морфогенеза вегетативных органов травянистых поликарпиков / И. П. Игнатьева // Докл. ТСХА. – 1964. – № 98. – С. 47–57.

5. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М.: Б. и., 1975. – 42 с.

6. *Работнов Т. А.* Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. – 1965. – Сер. 3, № 6. – С. 7–204.

7. *Работнов Т. А.* Определение возрастного состава популяций видов в сообществе / Т. А. Работнов // Полевая геоботаника. В 4-х т. – М.; Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 132–208.

8. *Родионенко Г. И.* Род Ирис – *Iris* L. (вопросы морфологии, биологии, эволюции и систематики) / Г. И. Родионенко. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – 216 с.

9. *Сикура И. И.* Научные основы сохранения *ex situ* разнообразия растительного мира / И. И. Сикура, В. В. Капустян. – К.: Фитосоциоцентр, 2001. – 192 с.

10. *Уранов А. А.* Жизненные состояния вида в растительном сообществе / А. А. Уранов // Бюл. МОИП. Сер. биол. – 1960. – 67, вып. 3. – С. 77–92.

11. *Флора* СССР. В 30-ти т. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – Т. 4. – С. 525–526.

12. *Raunkiaer C.* The life forms of plants and statistical geography. – Oxford, 1934. – 632 p.

***Павлова М. О., Качур Л. Ю. Iris pseudacorus* L. в культурі відкритого ґрунту на південному сході України**. – Наведено результати багаторічного інтродукційного експерименту щодо культивування *Iris pseudacorus* L. у Донецькому ботанічному саду НАН України. Вивчено морфологію вегетативних та генеративних органів, сезонний ритм розвитку, здатність до вегетативного та насіннєвого розмноження. онтогенез. Визначено оцінку успішності інтродукції та напрямки використання цього виду в зеленому будівництві регіону.

Ключові слова: інтродукція, *Iris pseudacorus* L., морфологія, сезонний ритм розвитку, успішність інтродукції.

***Pavlova M. A., Kachur L. Yu. Iris pseudacorus* L. in culture of the open ground in the Southeast of Ukraine**. – Results of long-term introduction experiment on cultivation of *Iris pseudacorus* L. in the Donetsk Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Ukraine are given. Morphology of vegetative and generative organs, seasonal rhythm of development, ability to vegetative and seed propagation, and ontogeny are researched. Assessment of introduction success and ways of this species using in the region landscaping are defined.

Key words: introduction, *Iris pseudacorus* L., morphology, seasonal development rhythm, introduction successfulness.

UDC 581.48 : 581.5 : 574.21 : 581.15 (477.60)

© A. I. Safonov

INITIAL SCREENING OF SEED BANK OF PHYTOINDICATORS OF TECHNOGENIC PRESSURE ON EDAPHOTOPES IN DONBASS

Donetsk National University; 83050, Donetsk, Schorsa st., 46
e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Safonov A. I. **Initial screening of seed bank of phytoindicators of technogenic pressure on edaphotopes in Donbass.** – Methodological techniques and significance of research of soil seed bank in technogenically transformed landscapes in Donetsk region have been analyzed. We have defined the spectra of participation of seed material of plants of indicational value set before for retrospective analysis of trend of technogenic pressure onto natural environments.

Key words: seed bank, phytoindication, diagnostics of the environment state, Donbass.

The soil seedbank (seed pool) represents the floristic potential of a given area and an important reservoir of species in restoration efforts [3, 11, 12]. This reservoir may include seeds from taxa presently inhabiting the site in addition to seeds transported into the area by different vectors. Species whose seeds have been incorporated into the seedbank from neighboring areas may have potential for future colonization [15, 17].

The probability that a given plant will become established in a particular area is influenced by the extent to which its seeds are dispersed [1]. The seedbank resulting from this dispersal contributes to ecological and genetic diversity of the area [5-7, 13, 16, 20]. Habitats characterized by frequent disturbance events typically exhibit transient seedbanks [2, 6] with seeds that either die or germinate within a year [10, 15]. Transient seedbanks have little or no influence on established populations because germinating seeds typically germinate within safe-sites where seedling survival may be assured. Consisting primarily of ephemeral species, seeds from this type of seedbank germinate in response to some unpredictable change in habitat characteristics [1, 9, 12]. Persistent seedbanks, in areas less prone to perturbation, consist of seeds that have accumulated over two or more years. The seeds of perennial species are often widespread and are able to germinate under the environmental conditions of the site. Although seedling growth may be somewhat restricted in the presence of the dominant vegetation, removal of the dominant taxa by disturbance is often accompanied by increased growth rates of seedlings within the patch [8, 14, 19].

In this study, we monitored seedlings germinating from soil samples collected from restored and unrestored portions of a Donbass shale barren. The composition of the seedbank was compared with that of the aboveground vegetation.

Data on the state of soil seed bank have fundamental and practical importance. Fundamental and theoretical meaning of information on seeds can be regarded as

- strategic potential of soil horizons,
- retrospective analysis of reproductive sphere of plants,
- defining geochronological sequence,
- transformation of generative sphere of plants.

In the framework of issues under consideration, in Donetsk region plants are mostly used as informative indicators of the state of tecnogenically transformed landscapes, toxic pressure on the environment.

In this aspect soil seed bank has practical importance for

- monitoring research of the state of environment,
- forecast for realization of ecological potential of plants,
- conducting ecological expertise on the territory of industrial objects,
- assessment of population strategies of plants-indicators in industrial region.

Issues of soil seed banks have been considered by many researchers in different countries [1, 4, 6, 9, 10, 13-15, 17].

In the previous publication [18] we have conducted an ecological analysis of the territory of an industrial town on the example of the Donetsk city with the use of bioindicational indices.

According to any parameter reflecting reproductive biology or relationships between a plant and environment, the species form continuum that is reduced to the discrete types because of pragmatic reasons. Continuum of species strategy (behaviour) reflects their relationships to the level of resource supply, biotic factors and disturbances. The last index is basic for analysis of disturbed habitats on the territory of Donbass. Different species adapt to the same environmental factor using different sets of physiological and structural modes. The greater number of such modes, the more successfully species can get over environment resistance. When monitoring landscape changes, the visual landscape should also be considered. This pertains to the information function of ecosystems and landscapes that refers to environmental structure and its function for satisfying needs. Practical means of principally important blocks of integration of industrial indicational botany trends have been grounded. Indices of structural transformation of plants, their fluctuation asymmetry in technogenic and natural ecotopes have been potentialized. Strategies of plants' survival under unfavorable conditions of growth have been taken into consideration [18].

Our scientific programme is aimed at research of seed bank of given ecotopes with various technogenic pressure for assessment of population strategies of plants-indicators in industrial region.

In many discrete and density-dependent models of annual plant population dynamics there is a parameter that measures the probability that a seed will germinate and become established the following year [4, 10], or a compound parameter of fecundity times a probability of seed germination and establishment [4, 13, 14]. Seed germination in such models is generally assumed to occur the following year without considering a seed bank, or alternatively, assumed to be a measure of the probability of germination from a seed bank in equilibrium, irrespective of when germination occurs. However, the presence of a seed bank is an effective strategy for preventing local extinction due to catastrophic environmental events, and this strategy is an important component in the life history of most plant species. Consequently, it is important to understand the effect of a seed bank on the dynamics and equilibrium conditions in the abovementioned discrete and density-dependent plant population models.

It is possible explicitly to model the dynamics of the seed bank in stage-structured models, where the effect of delayed germination and seed mortality is included in the models. However, this makes the ecological models more complicated, and if seedbank dynamics are not the main focus of the investigated model, e.g. in the study of multi-species dynamics, most ecological modelers tend to simplify their models and assume the absence of any seed bank. However, this model simplification poses a problem in the possible testing of the models by more empirically oriented plant ecologists. If the studied plant species have a seed bank, which almost all plants species do, it is not straightforward to apply the plant ecological data to a published model without a seed bank. Therefore, it would be useful to be able to correct the simpler, unstructured population dynamic models for the possible effects of a seed bank.

Here, the effect of a seed bank is investigated for an annual plant population. Throughout, it is assumed that the plant population is at ecological equilibrium. The main issue that is investigated is the importance of ignoring a seed bank in the class of discrete and density dependent models of unstructured plant populations. A formula that corrects the probability of germination and establishment in unstructured population models of annual plants for the effect of a seed bank is derived.

In the plant ecological literature there seems to be a division between theoretically oriented and empirically oriented plant ecologists, and this division may partly be due to the fact that the parameters in the theoretical plant ecological models do not correspond to observable quantities that may be estimated in plant ecological studies. Since the probabilities of seed germination and establishment typically are estimated from single-year observations, it will in most cases be necessary to correct the probabilities of seed germination and establishment in order to apply the simple unstructured theoretical models to real data.

If delayed germination is an important life-history strategy and seed mortality in the seed bank is relatively low, it has been demonstrated here that it is important to take the effect of the seed bank into account.

A seedbank may include seeds of species presently inhabiting a site as well as seeds from species that do not presently occur on the site nor within the local area. In greenhouse studies, there also exists the possibility that not all of the seeds from the seedbank will germinate. Year to year variation in seedbank composition is dependent on the summation of the number of germinating seeds of which the seedlings reach sexual maturity, the number of seeds produced by those plants, and the fraction of seeds lost to decay, predation, and inviability.

Studies, based solely on seed germination from soil samples, might not reveal all of the taxa that actually occur on a given site. Not all of the seeds may be viable, some seeds may have been removed by predation prior to the time of sampling, or the conditions in the research facility may not be sufficient for the seeds to break dormancy.

The dominant taxa represented a mix of species from disturbed habitats (i.e. Asteraceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Poaceae), as well as shale barrens (i.e. Poaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Polygonaceae, Caryophyllaceae).

In an attempt to provide a reliable estimate of the annual seed rain, sampling was conducted with three different types of seed traps. On each of the 40 plots, a sticky trap, a funnel trap and a pot trap were disposed in the 1 m^2 used to sample vegetation in order to assess their similarity. The sticky trap consisted of a clear plexiglas plate (15 x 15 cm) fixed on a metal pole (fig. l a).

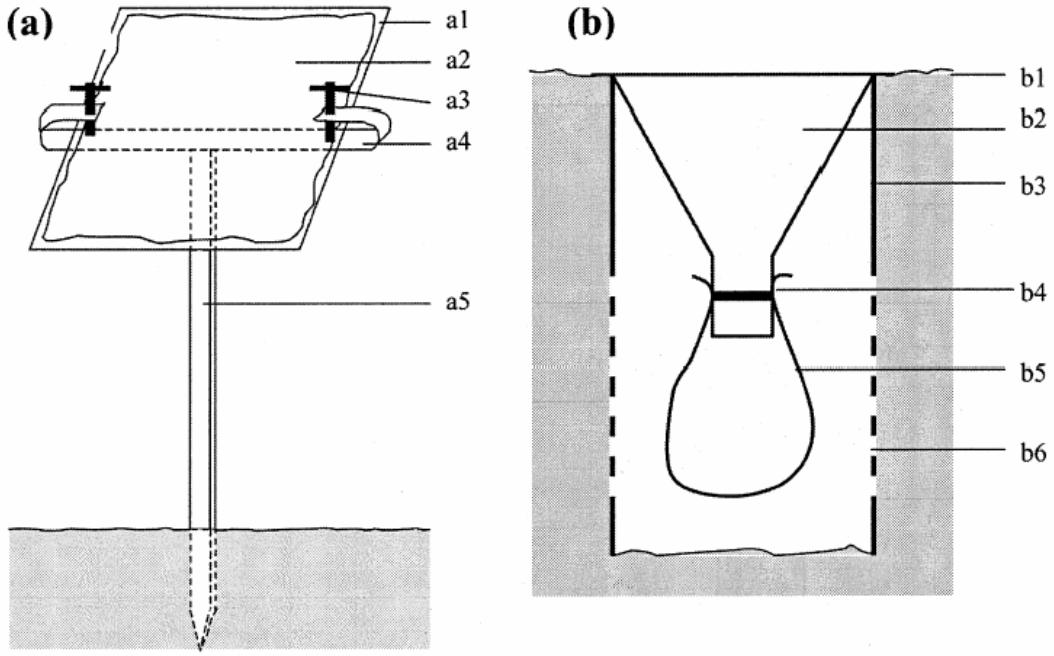


Fig. 1. (a) Sticky trap and (b) funnel trap [according to 3, 6, 10, 13]: a 1 – clear plexiglas plate; a 2 – sticky grease; a 3 – screw fixing the plate; a 4 – metallic plate support; a 5 – metallic pole; b l – ground level; b 2 – PVC plastic funnel; b 3 – grey PVC pipe; b 4 – elastic band; b 5 – gauze bag of 0,1mm mesh size; b 6 – bore holes (1 cm diameter).

The plexiglas plate was situated 15 cm above ground, facing the main wind direction and sloping at an angle of 45^0. The characteristics of the sticky trap were chosen to feature the optimum design to record seed rain principally of anemochorous species. Monthly, from March 2009 to March 2010 the sticky plates were exchanged and all material from each trap was examined under a dissecting microscope (10 x 90). All seeds, including those inside multi-seeded diaspores, were counted if they were whole and apparently un damaged. Unidentifiable seeds were planted into

trays containing sterile soil and grown until identification was possible (*Artemisia* L., *Euphorbia* L., *Amaranthus* L., *Centaurea* L., *Chenopodium* L., *Atriplex* L., *Carduus* L., *Carex* L., *Epilobium* L., *Galium* L., *Poa* L., *Achillea* L.).

The second type of seed trap consisted of a PVC plastic funnel 10 cm in diameter, which was put level with the surface into the soil (fig. 1 b). The funnel was fixed on a PVC pipe with lateral bore holes (1 cm) to allow drainage. At the bottom of the funnel the seeds were caught in a filter gauze bag of 0,1 mm mesh size fixed with an elastic band at the base of the funnel. The bags were replaced every second week from March 2009 to March 2010, i.e., a total of 34 sample-dates for the 42 traps. Unidentifiable seeds were planted into trays containing sterile soil and grown until identification was possible (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen, *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz, *Ailanthus altissima* (Mill.), Swingle, *Stenactis annua* Nees, *Reseda lutea* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Rumex crispus* L., *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.), *Polygonum aviculare* L., *Amaranthus albus* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Salsola australis* R. Br., *Ambrosia artemisiifolia* L.).

The seeds were identified in the same way as for sticky traps. The third trap type consisted of pots with sterilised soil. The 40 pots with 10 cm diameter were put level with the surface into the soil in the same way as for funnel traps. Pots were left in the field for the same time period as the traps, after which they were placed in an unheated greenhouse and watered twice a week to keep the soil moist. Considered together, however, several of the taxa typify the suite of species frequently found on shale barrens (e.g., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Echium vulgare* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Kochia laniflora* (S. G. Gmel.) Borb., *Agrostis stolonifera* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski), *Artemisia absinthium* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Artemisia vulgaris* L., *Convolvulus arvensis* L., *Digitalis purpurea* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Daucus carota* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey, *Amaranthus retroflexus* L., *Dactylis glomerata* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Galium mollugo* L., *Cynoglossum officinale* L., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Swida alba* Opiz, *Gnaphalium uliginosum* L.

The various and interdependent processes involved in seed rain emphasize the need of using different seed traps and spatial sampling designs to assess the role of seed rain in plant community dynamics. Funnel and sticky traps reveal the qualitative and also quantitative importance of seed rain as a potential source of species regeneration. They reflect the long-term potential for change of the standing vegetation through plant successions. The large quantity of seed input seems to be necessary for seedling establishment in the field because of the effect of the environmental filter. Pot traps indicate that numerous species with a very low number of individuals in standing vegetation are unable to establish in the field. Populations of such species could be doomed to extinction. Thereby, seed rain measured with different methods may contribute to an assessment of population viability analysis of specific plant communities.

References

1. *Aponte C.* Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics / C. Aponte, G. Kazakis, D. Ghosn, V. Papanastasis // Wetlands Ecol. Manage. – 2010. – № 18. – P. 243–253.

2. *Brophya C.* A modelling framework for analysing the reproductive output of individual plants grown in monoculture / C. Brophya // Ecol. Model. – 2007. – № 207. – P. 99–108.

3. *Chabrerie O.* Comparison of three seed trap types in a chalk grassland: toward a standardised protocol / O. Chabrerie, D. Alard // Plant Ecology. – 2005. – № 176. – P. 101–112.

4. *Cox R. D.* Composition of soil seed banks in southern California coastal sage scrub and adjacent exotic grassland / R. D. Cox, E. B. Allen // Plant Ecology. – 2008. – № 198. – P. 37–46.

5. *Damgaard C.* Modelling plant competition along an environmental gradient / C. Damgaard // Ecol. Model. – 2003. – № 170. – P. 45–53.

6. *Damgaard C.* The probability of germination and establishment in discrete density-dependent plant populations with a seed bank: a correction formula / C. Damgaard // Popul. Ecol. – 2005. – № 47. – P. 277–289.

7. *Devlaeminck R.* Inflow of seeds through the forest edge: evidence from seed bank and vegetation patterns / R. Devlaeminck, B. Bossuyt, M. Hermy // Plant Ecology. – 2005. – № 176. – P. 1–17.

8. *Franzle O.* Complex bioindication and environmental stress assessment / O. Franzle // Ecological Indicators. – 2006. – № 6. – P. 114–136.

9. *Hesse E.* Seed bank persistence of clonal weeds in contrasting habitats: implications for control / E. Hesse, M. Rees, H. Muller-Scharer // Plant Ecology. – 2007. – № 190. – P. 233–243.

10. *Honda Y.* Ecological correlations between the persistence of the soil seed bank and several plant traits, including seed dormancy / Y. Honda // Plant Ecology. – 2008. – № 196. – P. 301–309.

11. *Gauch H. G.* Multivariate analysis in community ecology / H. G. Gauch. – Cambridge: Univ. Press, 1982. – P. 85–155.

12. *Gibson D. J.* Grasses and Grassland Ecology / D. J. Gibson. – Oxford, New York: Oxford University Press, 2009. – 306 p.

13. *Klimkowska A.* Species trait shifts in vegetation and soil seed bank during fen degradation / A. Klimkowska, R. Bekker // Plant Ecology. – 2010. – № 206. – P. 59–82.

14. *Leicht-Young S. A.* A comparison of seed banks across a sand dune successional gradient at Lake Michigan dunes (Indiana, USA) / S. A. Leicht-Young, N. B. Pavlovic, R. Grundel, K. J. Frohnapple // Plant Ecology. – 2009. – № 202. – P. 299–308.

15. *McCall R. K.* The regeneration potential of a threatened southern Illinois shale barren / R. K. McCall, D. J. Gibson // Journal of the Torrey Botanical Society. – 1999. – № 126 (3). – P. 226-233.

16. *Pugnaire F.* Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effects of shrub age and rainfall / F. Pugnaire, R. Lazaro // Annal Bot. – 2000. – № 86. – P. 807–813.

17. *Rein1' R.* Spatial patterns in seed bank and vegetation of semi-natural mountain meadows / R. Rein1', C. Chocarro, F. Fillat // Plant Ecology. – 2006. – № 186. – P. 151–160.

18. *Safonov A. I.* New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – Donetsk: DonNU, 2008. – Iss. 8. – P. 91–95.

19. *Schamineel H. J.* Vegetation-plot data and databases in Europe: an overview / H. J. Schamineel // Preslia. – 2009. – № 81. – P. 173–185.

20. *Yoccoz N. G.* Monitoring of biological diversity in space and time / N. G. Yoccoz, J. D. Nichols, T. U. Boulinier // Trends Ecol. Evol. – 2001. – № 16 (8). – P. 446–453.

Сафонов А. І. **Первинний скринінг насінного банку фітоіндикаторів техногенних навантажень на едафотопи Донбасу.** – Проаналізовано методологічні прийоми та принципову значущість вивчення насінного банку в ґрунтових горизонтах техногенно трансформованих ландшафтів Донецької області. Визначено спектри участі насінного матеріалу встановлених раніше рослин із індикаційною значущістю для ретроспективного аналізу тренда техногенних навантажень на природні середовища.

Ключові слова: насінний банк, фітоіндикація, діагностика стану довкілля, Донбас.

Сафонов А. И. **Первичный скрининг семенного банка фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса. –** Проанализированы методологические приемы и принципиальная значимость изучения семенного банка в почвенных горизонтах техногенно трансформированных ландшафтов Донецкой области. Выявлены спектры участия семенного материала установленных ранее растений с индикационной значимостью для ретроспективного анализа тренда техногенных нагрузок на природные среды.

Ключевые слова: семенной банк, фитоиндикация, диагностика состояния окружающей среды, Донбасс.

УДК 502.7 : 502.72

© О. В. Чиркова

СТРУКТУРА ЛІСОСМУГ ЯК СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖІ

Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр. Ілліча, 110
e-mail: olyachirkova@ukr.net

Чиркова О. В. **Структура лісосмуг як складових елементів екологічної мережі.** – Представлені результати дослідження лісосмуг як екологічних коридорів локальних екомереж, надана їх фітосозологічна оцінка. Наведена характеристика видового складу лісосмуг, їх структури та конструкцій. Відмічено, що структурне різноманіття лісосмуг сприяє підвищенню флористичного багатства та збереженню фіторізноманітності, що є основним критерієм для включення лісосмуг до локальних екомереж.

Ключові слова: екологічний коридор, конструкція лісосмуг, екологічна та біоморфологічна структура.

Вступ

Екологічна мережа з її ключовими елементами, до яких належать природні ядра, екологічні коридори і буферні зони, є основою для збереження і відновлення біорізноманіття [15].

Екологічні коридори пов’язують природні ділянки з високим ступенем біорізноманіття, виконуючи міграційну функцію, забезпечують умови безперервності, системної єдності та збереження біорізноманіття. Захисні лісові насадження лінійного типу можуть виконувати функції екологічних коридорів [11, 12, 19, 22, 24].

Сучасні захисні лісосмуги – велика, складна та важлива частина екологічної мережі Донецької області. Лісосмуги відрізняються просторово-цільовими формами, умовами місцезростання, структурою, фітоценотичними, біогеоценотичними особливостями. Вони мають захисне, лісомеліоративне, продукційне, рекреаційне, ландшафтно-екологічне призначення. Лісосмуги виконують природоохоронні, середовищеперетворюючі, соціальні та утилітарні функції [2, 6].

Зокрема, основні функції полезахисних лісосмуг – покращення мікроклімату, запобігання ерозії ґрунту, підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Полезахисні лісосмуги створені по межах полів для затримки снігу та рівномірного його розподілення по всій площині поля, запобігання видуванню родючого шару ґрунту. Зберігаючи ґрунт та навколишнє середовище від негативного впливу, полезахисні лісові насадження сприяють посиленню процесу інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та підвищують ефективність додаткових вкладень в лісову меліорацію. На полях, які захищені лісосмугами, швидкість вітру знижується на 20-30%, вологість повітря збільшується на 3-5%, в два рази знижується непродуктивне випаровування вологи [1, 9, 16, 20]. Полезахисні лісосмуги скорочують винос дрібнозернистої фракції ґрунту. Яружно-балкові лісосмуги запобігають водній ерозії, зменшують стік та змив, затримують процес наростання ярів. Лісосмуги вздовж автодоріг виконують функції захисту від шуму, зменшують забруднення повітря вихлопними газами, а також виконують універсальні для всіх захисних насаджень функції – снігозахисні, вітрозахисні, покращення мікроклімату [6].

Екомережа має формуватися з урахуванням всіх аспектів для кожної її складової задля ефективного виконання ними своїх функцій. Необхідно враховувати основні параметри і характеристики для кожного структурного елементу екомережі. Тому метою пропонованої роботи є вивчення основних характеристик лісосмуг як перспективних складових елементів локальної екомережі, вивчення їх видового складу, структури, просторової організації.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилися на території Волновахського, Добропільського та Ясинуватського районів Донецької області. Об’єктом дослідження були лісосмуги різних типів, прилеглі до природно-заповідних територій. Лісосмуги, прилеглі до заповідних урочищ «Брандушка» та «Кучерів Яр», ботанічних заказників місцевого значення – «Балка Грузька» та «Гектова балка» (ділянка 1), ботанічної пам’ятки природи місцевого значення

«Балка Суха» (ділянка 2), згідно геоботанічного районування України [4] відносяться до Слав'янсько-Артемівського району Донецького геоботанічного округу лучних і різнотравно-типчаково-ковилових та петрофітних степів, рослинності кам'янистих відслонень і широколистяних лісів Приазовсько-Чорноморської степової підпровінції Причорноморської (Понтичної) степової провінції Європейсько-Азиатської степової області. За флористичним історико-географічним районуванням України [5, 10] вони знаходяться в Донецькому флористичному історико-географічному районі, який пов'язаний з Донецьким кряжем. Враховуючи детальне флористичне районування південного сходу України [3], – це Торецько-Луганський підрайон Донецького району Донецького округу Східнопричорноморської підпровінції, Причорноморсько-Донської провінції Паннонсько-Причорноморської-Прикаспійської області.

Лісосмуги, прилеглі до ботанічного заказника місцевого значення «Знаменівська балка» (ділянка 3), згідно геоботанічного районування України [4] відносяться до Володарського району Маріупольського геоботанічного округу різнотравно-типчаково-ковилових степів, Приазовсько-Чорноморської степової підпровінції Причорноморської (Понтичної) степової провінції Європейсько-Азиатської степової області. Враховуючи детальне флористичне районування південного сходу України, – це Кальміус-Кальчикський підрайон Бердсько-Єланчикського району, Північноприазовського округу Східнопричорноморської підпровінції, Причорноморсько-Донської провінції Паннонсько-Причорноморської-Прикаспійської області [3].

Дослідження проводилися за допомогою методів флор-ізолятів, маршрутного флористичного обстеження з веденням польової документації, збору гербарію.

Біоморфологічний аналіз проводився за лінійною системою життєвих форм [8]. Ценоелементи флори, розподілені за флороценотипами, виділені з використанням класифікаційної схеми флороценотипів помірних флор та прийнятою аналогічною схемою для південного сходу України [3].

Класифікація захисних лісових насаджень проводилась за просторово-цільовими формами, складом, умовами місцезростання, віком та періодом розвитку, структурою, ступенем продувності, характеристикою узлісь, покриттям ґрунту, підстилкою та її потужністю [6, 21].

Результати та обговорення

Досліджені лісосмуги комплексного призначення, закладені в 1950-1970 роках, представлені полезахисними лісовими смугами, протиерозійними (захисно-меліоративними) насадженнями яружно-балкових систем, придорожніми смугами.

Досліджені лісосмуги представляють вузькі смуги або суцільні масиви, але в усіх випадках вони характеризуються стійкістю, довговічністю, виконують першочергові функції в агрономічному та меліоративному відношенні.

Дані, які характеризують якісний стан лісосмуг, включають характеристику видів, функціональну роль, визначення конструкції, змішення та рядність.

Досліджені лісосмуги відносяться до трьох типів: яружно-балкові, полезахисні та лісосмуги вздовж автодоріг. Залежно від виконуваних функцій лісосмуги складатються з головних деревних порід та чагарників (деревинно-чагарниковий тип насаджень), з головної та супутньої порід (деревинно-тіньовий тип) або з головних, супутніх порід та чагарників (комбінований тип). Більшість лісосмуг відносяться до комбінованого типу, в якому присутні головні, супутні породи та чагарники.

У період свого розвитку лісові насадження проходять декілька етапів розвитку. На кожному етапі розвитку лісосмуг змінюється взаємовплив дерев, що їх складають, чагарників та трав'яного покриву. Під час досліджень встановлено, що лісосмуги знаходяться на етапі відносно сталої структури та взаємовпливу ярусів. Більшість лісосмуг складаються з 4-5 ярусів. Кількість ярусів залежить від конструкції лісосмуг. Від співвідношення в профілі непродувних та продувних ділянок, що досягається певною

послідовністю дерев та чагарників, визначається конструкція лісосмуги. Лісосмуги непродувної конструкції складають 30% від всіх типів досліджених лісосмуг, 44% – ажурні та 26% – продувні. Кожний тип конструкції лісосмуг відрізняється певним співвідношенням адвентивних видів та видів аборигенної флори (табл. 1).

Таблиця 1

Співвідношення основних конструкцій лісосмуг

Район дослідження	Основні конструкції лісосмуг					
	Непродувні, %	Кількість видів аборигенної флори, %	Ажурні, %	Кількість видів аборигенної флори, %	Продувні, %	Кількість видів аборигенної флори, %
Ділянка 1	27,3	86,7	54,5	80,6	18,2	57,9
Ділянка 2	25,0	90,9	50,0	86,1	25,0	83,8
Ділянка 3	30,4	87,5	43,5	84,6	26,1	70,7

Лісосмуги непродувної конструкції – це складні багатоярусні екосистеми з підліском, які в межах всього вертикального профілю не мають просвітів. Непродувні лісосмуги створюють на схилах крутизною більше 1,5-2°, вони захищають угіддя від змиву. Продувні лісосмуги мають щільну будову у верхній частині вертикального профілю і великі просвіти між стовбурами в приземній частині. За формою це прості 1-2 ярусні насадження без кущів або з кущами висотою не більше 1 м. Великі просвіти між кронами дерев і низьких кущів забезпечують сприятливі вітровий та сніговий режими. Ажурні лісосмуги – складні 3-4 ярусні насадження з підліском, які в межах всього вертикального профілю мають рівномірно розташовані просвіти.

Полезахисні лісосмуги знижують дію суховіїв, пилових бур, затримують талу воду та рівномірно розподіляють сніг, підвищують врожай. Полезахисні лісосмуги на схилах крутизною до 1,5-2° розташовані в двох взаємоперпендикулярних напрямках. Поздовжні (основні) лісосмуги розташовані впоперек напрямку найбільш шкідливих суховіїв, а поперечні (допоміжні) — перпендикулярно поздовжнім. Вони складаються з 3-5 рядів з міжряддями 2-3 м, відстань між рослинами від 0,25 до 0,75 м, в більшості з них чагарники чередуються із супутньою породою. Ширина полезахисних лісосмуг від 10 до 15 м. Полезахисна ефективність лісосмуг безпосередньо не залежить від широти її, а залежить від густини посадки дерев на одиницю довжини лісосмуги при однаковій формі та щільності крон [6, 7, 14]. Полезахисні лісосмуги складаються з однієї породи або головної та супутньої порід. Лісосмуги, які складаються з головних та супутніх порід, висаджені чистими рядами. Чагарники висаджені чистими рядами або чергуються в рядах із супутньою породою. Відстань між поздовжніми полезахисними лісосмугами на чорноземах звичайних середньогумусоакумулятивних не перевищує 500 м. До складу досліджених полезахисних лісосмуг входять такі породи: головні – *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., супутні – *Malus praecox* (Pall.) Borkh., *Acer campestre* L., *Prunus stepposa* Kotov, *Pyrus communis* L., чагарники – *Sambucus racemosa* L., *Lonicera tatarica* L., *Rosa lupulina* Dubovik.

Яружно-балкові лісосмуги завширшки від 10 до 30 м з міжряддями 1,5-3 м складаються з головних порід, які чергуються з рядами супутніх порід та чагарниками на узліссі та в середині. Відстань між рослинами 0,25-0,5 м. Лісосмуги висаджують рядами перпендикулярно лініям стоку. До складу досліджених яружно-балкових лісосмуг входять такі породи: головні породи – *Fraxinus excelsior* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L., *Populus alba* L., супутні – *Ulmus carpinifolia* Rupp. ex Suckow, *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., чагарники – *Elaeagnus angustifolia* L., *Euonymus europaea* L., *Rosa villosa* L.

Лісосмуги вздовж автодоріг складаються з 3-4 рядів головних порід та супутніх порід або головних порід та чагарників при їх ширині від 16 до 25 м. Розміщення лісосмуг по відношенню до автодороги, кількість рядів зелених насаджень та видів насаджень в них

визначається необхідним розміром зниження рівня шуму й забруднення повітряної середи та місцевості [6]. Разом з тим вони не тільки знижують рівень шуму, але зменшують забруднення атмосферного повітря вихлопними газами та можуть виконувати інші функції (снігозахисні, поліпшення мікроклімату, захисту від вітру). Лісосмуги вздовж автодоріг складають головні породи – *Robinia pseudoacacia* L., *Populus alba* L., *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., супутні – *Acer tataricum L.*, *A. campestre* L., *A. negungo* L., *Ulmus glabra* Huds., чагарники – *Sambucus nigra* L., *Rhamnus cathartica* L.

Видовий склад судинних рослин лісосмуг (ділянка 1) налічує 118 видів, які відносяться до 88 родів, 32 родин, 29 порядків. Кількість видів 5 провідних родин складає 61 або 51,7% всіх видів у лісосмугах. На долю 10 провідних родин припадає 83 види, що складає 70,3% від загальної кількості видів, відмічених в лісосмугах [17].

У спектрі провідних родин флори лісосмуг 16,1% припадає на долю найбільшої родини Asteraceae Dumort., на долю Fabaceae Lindl. – 11,0%, Rosaceae Juss − 9,3%, Poaceae Barnhart – 9,3%, Lamiaceae Barnhart – 5,9%.

Кількість ендемічних і субендемічних видів для флори південного сходу України [13], від усіх видів відмічених в лісосмугах, складає 12,7%, серед яких *Bromopsis riparia* Holub, *Goniolimon tataricum* (L.) Boiss., *Euphorbia semivillosa* Prokh., *E. stepposa* Zoz., *E. virgultosa* Klokov, *Rosa lupulina* Dubovik, *Lotus ucrainicus* Klokov, *Cephalaria uralensis* (Murr.) Roem. et Schult., *Asperula rumelica* Boiss., *Carduus fortior* Klokov *Centaurea pseudomaculosa* Dobrocz., *Galium semiamictum* Klokov, *Marrubium praecox* Janka, *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev, *Stachys transsylvanica* Schur [17].

Ступінь вимогливості видів локальної екомережі до зволоження відображена в їх розподілі на 4 групи (рис. 1). Найбільш багаточисельна група ксеромезофітів (37,0%) та групи, що тяжіють до неї, – мезоксерофітів (22,7%) та еумезофітів (25,2%).

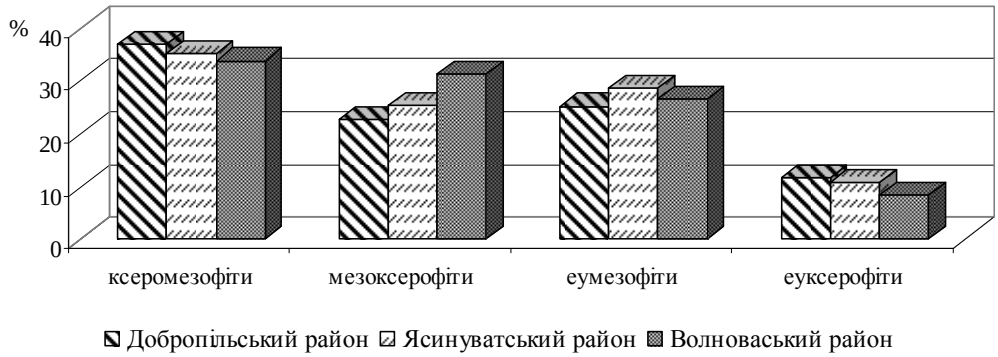


Рис. 1. Порівняльний аналіз екологічної структури флори лісосмуг.

У габітусі та тривалості життєвого циклу в природних ядрах переважають трав'янисті полікарпіки – 56,3%. Значну роль відіграють рослини з коротким життєвим циклом: малорічники та однорічники – 26,1%. Деревні та напівдеревні рослини включають відповідно 15,1 та 3,4% від усіх видів досліджуваної ділянки (рис. 2).

Серед флороценотипів у складі лісосмуг найбільшим є степовий, він складає 48,7%. Наступний за кількістю видів неморальнолісовий флороценотип, доля видів якого в лісосмугах складає 18,5%. Така кількість лісових та узлісних видів говорить про їх зростаючу роль в лісосмугах. Луговий флороценотип містить 10,1% видів. Петрофільний та галофільний флороценотипи складають 2,5 та 1,7% відповідно. Значна участь синантропофітону – 17,6% в лісосмугах. Цей флороценотип представлений в основному широкоареальними видами [18].

Видовий склад судинних рослин лісосмуг (ділянка 2) налічує 116 видів, які відносяться до 86 родів, 37 родин та 28 порядків. На долю 5 провідних родин припадає 54 види, або 47,4%, від усіх виявлених видів в лісосмугах. На долю 10 провідних родин припадає 78 видів, що складає 67,2% від загальної кількості видів, відмічених в лісосмугах.

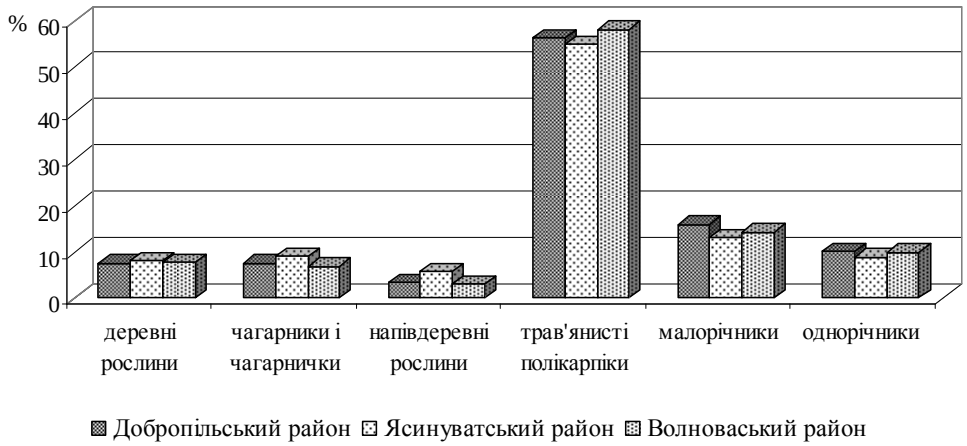


Рис. 2. Порівняльний аналіз біоморфологічної структури флори лісосмуг.

У спектрі провідних родин флори лісосмуг 15,8% припадає на долю найбільшої родини Asteraceae Dumort., на долю Rosaceae Juss. припадає 10,5%, Lamiaceae Lindl. – 8,8%, Fabaceae Lindl. – 6,1%, Poaceae Barnhart – 6,1%. На кількість ендемічних та субендемічних видів лісосмуг приходиться 12,3%. До таких видів належать *Asperula rumelica* Boiss., *Centaurea orientalis* L., *Galium octonarium* Klokov, *Veronica barrelieri* Schott., *Linaria maeotica* Klokov, *Marrubium praecox* Janka, *Euphorbia virgultosa* Klokov, *Fragaria campestris* Steven, *Stachys transsylvanica* Schur., *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev.

Ступінь вимогливості до зволоження видів характеризує екологічну структуру флори лісосмуг, в якій переважають ксеромезофіти – 33,8%, мезоксерофіти складають 31,4%, еумезофіти – 26,5% та еуксерофіти – 8,3% (див. рис. 1).

Основу біоморфологічного спектра фітобіоти лісосмуг становлять трав'янисті полікарпіки, їх доля складає 58,1%. Значну роль відіграють рослини з коротким життєвим циклом: малорічники та однорічники, які складають 24,2%. Деревні рослини відповідно складають вагому частину спектра – 17,7% (див. рис. 2).

Серед флороценотипів лісосмуг в даному районі дослідження найбільшим є степовий флороценотип, який зменшується і складає 44,8%, натомість збільшується роль неморальнолісового флороценотипу, на який припадає 21,6% видів. Лучний флороценотип містить 12,1% видів. На долю петрофільного та псаммофільного флороценотипів припадає відповідно 6 та 2,6%. Синантропний флороценотип складає 12,9%.

Видовий склад судинних рослин лісосмуг (ділянка 3) налічує 110 видів, які відносяться до 87 родів, 34 родин 31 порядку. На долю 10 провідних родин припадає 82 види, що складають 72,7% від загальної кількості видів, відмічених в лісосмугах [23].

На долю 5 провідних родин припадає 56 видів, або 51%, від усіх виявлених видів в лісосмугах. У спектрі провідних родин флори лісосмуг 17,3% припадає на долю найбільшої родини Asteraceae Dumort., на долю Fabaceae Lindl. припадає 9,1%, Lamiaceae – 9,1%, Rosaceae Juss. – 8,2%, Limoniaceae – 7,3%. На кількість ендемічних та субендемічних видів лісосмуг приходиться 11,8%, до яких належать *Galium octonarium* Klokov, *Veronica barrelieri* Schott., *Linaria maeotica* Klokov, *Marrubium praecox* Janka, *Euphorbia virgultosa* Klokov, *E. stepposa* Zoz., *Stachys transsylvanica* Schur., *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev, *Goniolimon tataricum* (L.) Boiss., *Adonis wolgensis* Steven, *Rosa lupulina* Dubovik, *Cardus fortior* Klokov, *Iris taurica* Lodd.

У габітусі та тривалості життєвого циклу в лісосмугах переважають трав'янисті полікарпіки – 54,9%. Значну роль відіграють рослини з коротким життєвим циклом: малорічники та однорічники – 22,1%. Деревні та напівдеревні рослини включають відповідно 17,3 та 5,7% від усіх видів досліджуваних лісосмуг (див. рис. 2).

Ступінь вимогливості видів до зволоження відображена у їх розподілі на відповідні групи (див. рис. 1). У лісосмугах найбільш багаточисельна група ксеромезофітів (35,2%) та

групи, що тяжіють до неї, – мезоксерофітів (25,4%) та еумезофітів (28,6%), доля еуксерофітів склала 10,8%.

В еколого-ценотичній структурі флори лісосмуг, розташованих в межах Володарського геоботанічного району, на відміну від Слав'янсько-Артемівського району, степовий флороценотип лісосмуг зменшується до 43,6%. Зростає доля неморальнолісового та лучного флороценотипів, які складають 19,1 та 14,5% відповідно. Петрофільний та псаммофільний флороценотипи складають 2,7 та 1,8% від всієї кількості видів лісосмуг. Синантропний флороценотип складає 17,3%. На всіх досліджених ділянках цей флороценотип позбавлений ендемічних та субендемічних видів.

Кількісна характеристика видового різноманіття лісосмуг та екологічна структура флори лісосмуг подібна видовому складу природно-заповідних територій, до яких вони прилегають [17]. Збільшена кількість неморальнолісових видів в лісосмугах говорить про вагому роль лісових та узлісних видів.

Хоча за габітусом та тривалістю життєвого циклу в лісосмугах переважають трав'янисті полікарпіки, але їх частка є меншою, ніж в природно-заповідних територіях. Проте вона є вищею порівняно з іншими антропогенними екосистемами, наприклад, пасовищними, польовими, які відносяться до потенційно можливих структурних елементів екомережі.

В усіх досліджених лісосмугах переважають ксеромезофіти, найменшу частину складають еуксерофіти.

Аналіз біоморфологічної структури показав, що найбільшу частину всіх видів лісосмуг (понад 50%) складають трав'янисті полікарпіки. Кількість малорічників та однорічників на кожній з досліджених ділянок не перевищує 20% від загальної кількості видів.

У результаті аналізу флористичної подібності видового складу лісосмуг встановлено, що лісосмуги різного типу в межах одного геоботанічного району подібні за видовим складом (рис. 3).

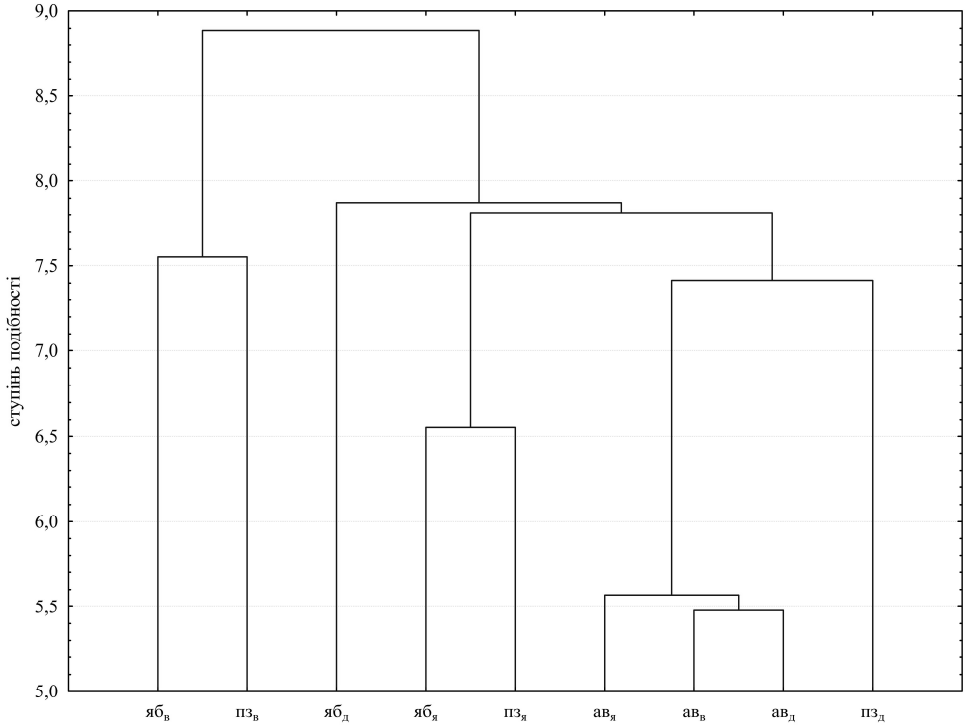


Рис. 3. Дендрограма флористичної подібності складу лісосмуг: яб – яружно-балкові, пз – полезахисні, ав – лісосмуги вздовж автодоріг; райони дослідження: в – Волновахський район, я – Ясинуватський район, д – Добропільський район.

Виняток становлять лісосмуги вздовж автодоріг, які належать до одного кластеру, що, ймовірно, залежить від конструкцій цих лісосмуг.

Висновки

Видовий склад лісосмуг залежить від їх положення відповідно до геоботанічного районування.

Флористичне багатство лісосмуг залежить від структури, ступеня продувності, віку та періоду розвитку, а також видового біорізноманіття територій, до яких вони прилягають.

Структурне різноманіття лісосмуг сприяє підвищенню флористичного багатства та збереження фіторізноманітності, що є основним критерієм для включення лісосмуг до локальних екомереж.

Кількість адвентивних видів та видів аборигенної флори змінюються залежно від конструкції лісосмуг.

Список літератури

1. *Бельгард А. Л.* Лесная растительность юго-востока УССР / Александр Люцианович Бельгард. – К.: Изд-во Киев. ун-та, 1950. – 264 с.

2. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение / Александр Люцианович Бельгард. – М.: Лесная промышленность, 1971. − 336 с.

3. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры / Раиса Ивановна Бурда. – К.: Наук. думка, 1991. – 167 с.

4. Геоботанічне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 302 с.

5. Географічна енциклопедія України: в 3-х тт. – К.: УРС, 1990. – Т. 2. – 480 с.

6. *Гладун Г. Б.* Захисні лісові насадження: проектування, вирощування, впорядкування / Г.Б. Гладун, М.Є. Трофименко, М.А. Лохматов. – Харків: Нове слово, 2005. – 390 с.

7. *Гойчук А. Ф.* Деякі концептуальні підходи до наукових досліджень у лісовому господарстві / А. Ф. Гойчук, В. І. Парпан // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 4. – С. 65–68.

8. *Голубев В. Н.* Принцип построения и содержания линейной системы жизненных форм покрытосеменных растений / В. Н. Голубев // Бюл. Моск. общ-ва испыт. природы. Отд. биол. – 1972. – 77, вып. 6. – С. 72–80.

9. *Гречушкин В. С.* Лесоразведение в Донбассе / В. С. Гречушкин. – Донецк: Донбас, 1971. – 199 с.

10. *Дубовик О. М.* Матеріали до флористичного районування Донецького Лісостепу / О. М. Дубовик // Укр. ботан. журн. – 1970. – 27, № 3. – С. 279–283.

11. Закон України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки» // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 47. – С. 954–977.

12. Закон України «Про екологічну мережу України» // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 45. – С. 502.

13. Конспект флоры юго-востока Украины. Сосудистые растения / [Е. Н. Кондратюк, Р. И. Бурда, В. М. Остапко]. – К.: Наук. думка, 1985. – 272 с.

14. *Лохматов Н. А.* Развитие и возобновление степных лесных насаждений / Н. А. Лохматов. – Балаклея: СіМ, 1999. – 498 с.

15. *Мовчан Я. І.* Екомережа як інноваційний інструмент впровадження елементів екологічно збалансованого розвитку / Я. І. Мовчан // Екологічний вісник. – 2007. – № 5 (45). – С. 10–12.

16. *Паулюкявичус Г. Б.* Роль леса в экологической стабилизации ландшафтов / Г. Б. Паулюкявичус. – М.: Наука, 1989. – 215 с.

17. *Приходько С. А.* Ефективність функціонування лісосмуг як екологічних коридорів в екомережі / С. А. Приходько, О. В. Чиркова // Промышленная ботаника. – 2009. – Вып. 9. – С. 25–31.

18. *Протопопова В. В.* Синантропная флора Украины и пути ее развития / Віра Вікторівна Протопопова. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.

19. Розбудова екомережі України / За ред. Ю. Р. Шеляга-Сосонка. – К.: Програма розвитку ООН. Проект «Екомережі», 1999. – 127 с.

20. *Скляр В. Г.* Системний підхід до оптимізації охорони природних комплексів / В. Г.Скляр, Ю. Л. Скляр // Укр. ботан. журн. – 2003. – 60. – № 4. – С. 388–396.

21. *Софронов М. А.* О линейном методе описаний и измерений при изучении лесной растительности / М. А. Софронов, А. В. Волокитина // Изд. вузов. Лесной журнал. – 2000. − № 3. – С. 53–57.

22. Формування регіональних схем екомережі (методичні рекомендації) / За ред. Ю. Р. Шеляга-Сосонка. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 71 с.

23. *Чиркова О. В.* Ефективність функціонування різних типів лісосмуг як екологічних коридорів локальної екомережі / О. В. Чиркова // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: матер. V міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ, 2009. – Ч. ІІ. – С. 92–93.

24. *Шеляг-Сосонко Ю. Р.* Концепция, методы и критерии создания экосети Украины / Ю. Р. Шеляг-Сосонко, М. Д. Гродзинський, В. Д. Романенко. – К.: Фитосоциоцентр, 2004. – 144 с.

Чиркова О. В. **Структура лесополос как составных элементов экологической сети.** – Представлены результаты исследования лесополос как экологических коридоров локальных экосетей, их фитосозологическая оценка. Приведена характеристика видового состава лесополос, их структуры и конструкций. Отмечено, что структурное разнообразие лесополос способствует увеличению флористического богатства и сохранению фиторазнообразия, что является основным критерием для включения лесополос в состав локальных экосетей.

Ключевые слова: экологический коридор, конструкция лесополос, экологическая и биоморфологическая структура.

Chirkova O. V. **The structure of the forest shelter belts as the components of the ecological network.** – The results of research of the forest shelter belts as ecological corridors of the local ecological network and their fitosozological evaluation have been developed. The characteristic of the species composition of forest belts, their structure and construction have been given. It has been noted that the structural diversity of forest belts increases floristic richness and conservation biodiversity that is the main criterion for inclusion of forest belts to the local ecological networks.

Key words: ecological corridor, construction of the forest shelter belts, ecological and biomorphological structure.

ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ
ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА
FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

УДК 574.4 : 504.054

© А. В. Жуков[1], О. Н. Кунах[2], Т. П. Коновалова[2]

ФОДЕРЕСФЕРА СЛЕПЫШЕЙ (*SPALAX MICROPHTHALMUS*)

[1]Днепропетровский государственный аграрный университет
49600, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru
[2]Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара
49010, г. Днепропетровск, пр-т Гагарина, 72

Жуков А. В., Кунах О. Н., Коновалова Т. П. **Фодересфера слепышей (*Spalax microphthalmus*).** – На участке степной целины в Днепропетровской области Украины закартированы расположение пороев слепышей (*Spalax microphthalmus*), объем пороев, твердость, агрегатный состав, электропроводность и целлюлозолитическая активность почвы, структура животного населения мезопедобионтов, показатели бейт-ламина теста и проективное покрытие растительности. С помощью факторного анализа экологической ниши установлено, что педотурбационная активность приводит к уменьшению проективного покрытия растительного покрова (коэффициент маргинальности *m* –0,12), увеличению целлюлозолитической активности (*m* = 0,21), также наблюдаются изменения агрегатного состава и твердости почвы. Наиболее характерной особенностью роющей деятельности слепышей является увеличение доли агрономически ценных агрегатных фракций размером 1-7 мм. Результативным оказалось сочетание геостатистического подхода для описания характера педотурбационной активности слепышей в географическом пространстве и описания свойств почвы как среды обитания, целлюлозолитической активности как индикатора функциональности микробоценоза, оценки трофической активности педобионтов, характеристики структуры мезофауны и проективного покрытия растительности – для отображения явления фодересферы в экологическом пространстве.

Ключевые слова: педотурбационная активность, почвенные животные, факторный анализ экологической ниши, геостатистика, бейт-ламина тест, агрегатный состав, экологическое свойства, целлюлозолитическая активность, экологическое пространство.

Введение

Экосистемными инженерами являются организмы, которые прямо либо опосредовано модулируют доступность ресурсов для других видов путем изменения физического состояния абиотических и биотических материалов, модифицируя, поддерживая и (или) создавая местообитания [29]. Деятельность слепышей можно отнести к категории аллогенного экосистемного инжиниринга. Аллогенные инженеры изменяют окружающую среду путем трансформации живых либо неживых материалов из одного состояния в другое путем механических либо иных преобразований [29]. Слепыш в процессе педотурбационной активности строит систему подземных ходов и выбрасывает на поверхность почву в виде пороев. Соответствие аллогенному механизму подтверждается тем фактом, что при этом преобразуется почвенная масса из одного состояния (почвенная масса находится в равновесном состоянии в почвенной толще в составе соответствующего генетического горизонта) в другое состояние (находится выше уровня почвы в очевидном неравновесном состоянии как с позиций механики, так и химизма своего состава). Эта трансформация модулирует распределение ресурсов, таких как вода, минеральные вещества, баланс энергии, создаются условия для аэрации почвы.

Известно, что деятельность роющих млекопитающих играет важную роль в динамике растительных сообществ [23]. Почвенные растительноядные млекопитающие питаются преимущественно корнями растений, а потеря этих органов влияет на растения более значительно, чем утрата листовой поверхности [27].

Предполагается, что конкуренция среди растений, которые колонизировали свежие порои, будет низкой, поэтому виды, которые заселяют почвенные выбросы млекопитающих, в большей степени будут реагировать на абиотические условия новой среды, чем на потенциальные конкурентные ограничения [38]. Физические свойства почв и доступность минеральных питательных веществ также подвержены влиянию роющей активности

млекопитающих [26, 39]. Трансформация почвенных свойств влияет на развитие растительности на пороях. Флористический состав на пороях и вне их различен, наблюдаются изменения в видовом богатстве и в разнообразии. Изменения в составе растительных сообществ сопряжены с преобразованием спектра жизненных форм, который отражает ответ сообщества на различные воздействия [36]. Однако не установлено одной экологической гильдии растений, наиболее успешной на пороях млекопитающих. Во многих исследованиях на пороях было найдено большое число видов однолетних растений [24, 41], которое в ряде случаев зависит от размеров пороев [32]. Однолетники действуют как оппортунисты, обладая коротким жизненным циклом и высокой плодовитостью, что позволяет им быстро колонизировать открытые пространства, созданные в результате роющей деятельности млекопитающих [22].

Изучение закономерностей формирования почвенной мезофауны в байрачных дубравах Присамарья (Днепропетровская область, степная зона Украины) под воздействием роющих млекопитающих показало, что педотурбационная активность приводит к перераспределению в структуре животного населения в сторону увеличения видов с коротким жизненным циклом за счет видов с длительным жизненным циклом [14, 15].

Однако с методической точки зрения полевые экологические исследования, выполненные в лабораторном формате «эксперимент – контроль» не отвечают потребности описания и анализа изучаемого явления во всей сложности и многообразии. Для решения этой проблемы перспективным является применение методического аппарата, предлагаемого относительно новым научным направлением – пространственной экологией почвенных животных [16]. Одной из перспективных реализаций геостатистического подхода для описания многомерных экологических данных является факторный анализ экологических ниш [25].

Целью настоящей работы является интеграция концепции экосистемных инженеров, пространственной экологии почвенных животных, теории экологической ниши для анализа воздействия, которое оказывает роющая деятельность почвенных млекопитающих (слепышей) на экологическое пространство почвенных беспозвоночных (мезофауна).

Материалы и методы исследования

В основе факторного анализа экологических ниш лежит предположение о том, что виды распределены неслучайно относительно экогеографических переменных [25]. Интересующий вид может характеризоваться некоторой маргинальностью (что выражается в отличии видового среднего от глобального среднего значения экогеографической переменной) и некоторой специализацией (что проявляет себя в том, что видовая дисперсия меньше глобальной дисперсии).

Формально маргинальность (M) может быть количественно оценена как абсолютная разница между глобальным средним значением экогеографической переменной (m_g) и средним видовым значением (m_s), деленная на 1,96 стандартного отклонения глобального распределения (σ_g):

$$M = \frac{\left| m_g - m_s \right|}{1{,}96 * \sigma_g}.$$

Деление на σ_g необходимо для устранения смещенности, вызванной вариацией глобального распределения: случайно отобранные клетки из распределения априори лежат тем далее от среднего значения, чем выше дисперсия глобального распределения. Коэффициент 1,96 необходим для того, чтобы в подавляющем большинстве случаев значение маргинальности находилось в диапазоне от 0 до 1. Точнее, если глобальное распределение является нормальным, то маргинальность случайно отобранных клеток растра только с вероятностью 5 % будет превышать значение, равное единице. Большое значение маргинальности (близкое к 1) свидетельствует о том, что вид обитает в очень специфичных местообитаниях по отношению ко всей исследуемой выборке [25].

Специализация (S) может быть определена как отношение стандартного отклонения глобального распределения (σ_g) к стандартному распределению экогеографической переменной в пределах клеток растра, занятых интересующим видом:

$$S = \frac{\sigma_g}{\sigma_s}.$$

Можно ожидать, что случайно выбранная совокупность клеток из глобальной выборки будет иметь специализацию, равную 1, и превышение значения единицы будет свидетельствовать о различных формах специализации [25].

Конкретные значения индексов маргинальности и специализации зависят от глобальной выборки, которая рассматривается как контроль. При изменении масштабов глобальной выборки будут изменяться соответствующие показатели.

Распространение этих статистик на большую совокупность переменных непосредственно приводит к концепции экологической ниши Г. Хатчинсона [28], в соответствии с которой экологическая ниша рассматривается как гиперобъем в многомерном пространстве экологических переменных, в пределах которого вид может поддерживать жизнеспособность. В контексте факторного анализа экологических ниш под экологической нишей понимается подмножество клеток в экогеографическом пространстве, где интересующий вид может встречаться с приемлемой вероятностью. Экологическая ниша в таком понимании может быть количественно оценена по каждой из составляющей её осей с помощью индексов маргинальности и специализации [25].

Для проведения факторного анализа экологических ниш применена растровая карта, состоящая из 100 (10×10) изометричных клеток, покрывающих полностью исследуемую территорию. Каждая клетка растра содержит значение одной переменной, поэтому для анализа применяется столько растровых слоев, сколько исследуется переменных. Экогеографическая карта содержит непрерывные значения, измеренные для каждой из V описательных переменных. Карта видов содержит булевые значения (0 или 1). Значение 1 означает, что присутствие интересующего вида в данной клетке было доказано. Значение 0 означает отсутствие доказательства присутствия вида.

Таким образом, каждая клетка растра связана с вектором данных, чьи компоненты представляют собой значения экогеографических переменных в пределах пространства, ограниченного этой клеткой, и может быть представлена в качестве точки в многомерном пространстве ЭГП. Если распределение переменных является многомерным нормальным, то диаграмма рассеяния этих точек будет иметь форму гипер-эллипсоида. Клетки, где интересующий вид был обнаружен, составляют подмножество глобального распределения, которое имеет форму эллипсоида меньшего размера в пределах большего эллипсоида. Первый фактор, или маргинальность, представляет собой прямую линию, которая проходит через центроиды двух эллипсоидов. Маргинальность вида представляет собой расстояние между этими центроидами.

Коэффициенты m_i фактора маргинальности выражают маргинальность интересующего вида по каждой экогеографической переменной, которая представлена в единицах стандартного отклонения глобального распределения. Чем выше абсолютное значение коэффициента m_i, тем дальше отстоит оптимум вида от среднего значения соответствующей переменной в пределах изучаемой территории. Отрицательное значение коэффициента свидетельствует о том, что вид предпочитает значения экогеографической переменной меньшие, чем его среднее глобальное значение, тогда как положительное значение указывает на предпочтение уровней переменных выше среднего по изучаемой территории. Общая маргинальность вида может быть вычислена по формуле:

$$M = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{V} m_i^2}}{1{,}96}.$$

Значения общей маргинальности видов позволяет производить их сравнение между собой [25].

Коэффициенты прочих факторов (факторов специализации) могут иметь следующую интерпретацию: чем выше абсолютное значение коэффициента, тем в более ограниченном диапазоне переменной может обитать интересующий вид.

Собственное значение λ_i, связанное с каждым фактором специализации, выражает количество специализации, учитываемое этим фактором, т.е. отношение глобальной вариации к вариации, которая описывается этим фактором. Собственные значения в порядке уменьшения быстро сокращают свои значения, так что первые несколько факторов достаточно для оценки приемлемости среды обитания для каждого вида.

Индекс специализации вида может быть рассчитан следующим способом:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{V} \lambda_i}}{V}.$$

Этот индекс также может быть использован для сравнения видов между собой по степени специализации в пределах изучаемой территории [25].

Экспериментальный полигон был заложен на участке степной целины на склоне байрака Яцев Яр северной экспозиции (48°19'31.60"С.Ш., 35°11'39.15"В.Д.).

Полигон представляет собой совокупность из 100 соприкасающихся ячеек размером 1×1 м. Ячейки составляют 10 трансект по 10 ячеек в каждой. Таким образом, полигон имеет форму квадрата со стороной 10 м, стороны квадрата ориентированы по направлениям восток – запад и север – юг. По углам ячеек были произведены измерения почвенных свойств и отобраны пробы для агрохимического анализа. Измерения и отбор проб были проведены в 121 точке.

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 с конусом с размером поперечного сечения 1 $см^2$. В пределах каждой ячейки измерения твердости почвы производились в однократной повторности.

Измерение наблюдаемой электрической проводимости почвы (*apparent soil electrical conductivity* – EC_a) производили с помощью сенсора 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. Однако следует отметить, что нет однозначной связи между насыщенностью почвенного раствора солями и электропроводностью. Коэффициент перевода единиц электропроводности (дС/м) в единицы солености (мг/л) варьирует от 1 дС/м = 640 мг/л до 1 дС/м = 700 мг/л, что зависит от качественного состава растворенных солей [44]. Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м = 155 мг/л [37]. Неоднозначность перевода единиц измерения прибора HI 76305 в единицы электропроводности делает возможным использование только единиц солености – г/л.

Оценка целлюлозолитической активности почвы был проведена с помощью аппликационного метода [4, 5]. В почву были заложены диски фильтровальной бумаги известного веса. Через 10 суток их достали из почвы, очистили от частичек почвы, высушили и взвесили. Процент потери веса фильтровальной бумаги стал мерой целлюлозолитической активности (% / 10 суток экспозиции).

Трофическую активность почвенных животных определяли с помощью метода приманочных пластинок (*bait-lamina test*), предложенного Э. Тёрне [16, 42]. Приманочные пластинки из твердого пластика имеют общую длину 13 см (10 см погружается в почву и «ручка» 3 см остается выше поверхности почвы). На расстоянии 5 мм от центров в пределах

10 см-участка на пластине сделаны отверстия диаметром 2 мм. В отверстия помещается приманка из растительной клетчатки. Клетчатку предварительно просеивали через сито размером 0,25 мм, из полученного порошка и воды получали густую массу, которую вносили в отверстия на пластинке. После высушивания приманка, которая находилась в отверстиях пластинки, несколько уменьшалась в размере, образуя «микротаблетки». Металлическим стержнем в почве делалась ниша, в которую до уровня верхнего отверстия с приманкой помещалась пластинка. Перфорирование приманок оценивали через 10 суток. Результаты представлены как процент перфорированных отверстий.

Агрегатную структуру почвы определяли с помощью сухого просеивания в системе сит [3]. Было установлено соотношения веса (в % от суммарного количества) таких фракций, как агрегаты размером менее 0,25, 0,25-0,5, 0,5-1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-10 и более 10 мм.

В пределах изучаемого полигона было установлено расположение пороев слепышей. В системе координат, которая начинается в левом нижнем углу полигона (ось абсцисс совпадает с направлением запад – восток, ось ординат – юг – север), было определено расположение центроидов пороев слепышей, их высота и ширина основания с точностью 1 см.

В каждой ячейке полигона определялось общее проективное покрытие травостоя по визуальной шкале с градациями 0, 10, …, 90, 100% [6].

Почвенные беспозвоночные (мезофауна) учитывались с помощью ручной разборки проб размером 0,25×0,25 см (0,0625 м^2).

Результаты исследования

Общая численность почвенной мезофауны на экспериментальном полигоне составила 6,25 экз./пробу. Распределение численности почвенных животных по пробам подчиняется лог-нормальному закону (рис. 1).

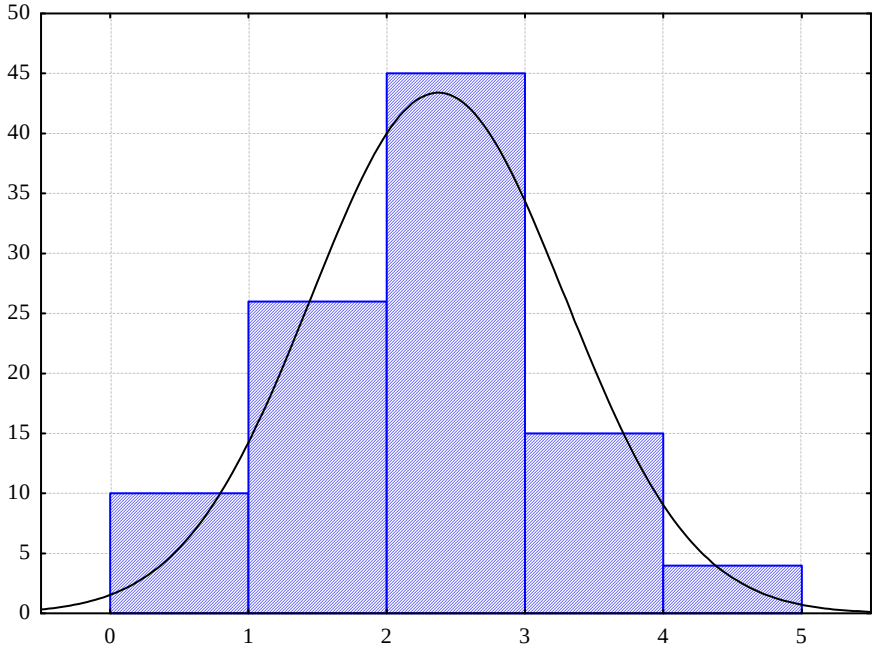


Рис. 1. Распределение численности почвенной мезофауны в почвенных пробах. По оси абсцисс – число экземпляров животных в пробе (в логарифмическом масштабе по основанию 2), по оси ординат – число проб.

Доминирующей группой почвенных животных в степном участке являются муравьи. Численность их личинок составляет 4,2 экз./пробу (табл. 1). Необходимо отметить, что только ручной разбор почвенных проб не является полностью адекватным способом количественного учета этой группы животных [9]. Кроме того, существуют определенные трудности таксономического определения личинок перепончатокрылых, в том числе и муравьев [8]. Безусловно, при специализированном количественном учете муравьев показатель их

численности был бы гораздо выше, так как в пределах ячейки почвенная проба закладывалась вблизи центра, но так, чтобы избежать прямого попадания в гнездо муравьев. Поэтому полученный показатель численности личинок муравьев относится к почве вне их максимальной концентрации в гнездах. С другой стороны, данные, полученные с помощью ручной раскопки проб, можно рассматривать как индикатор численности муравьев, который коррелирует с их общим обилием.

В комплексе почвенной мезофауны второе место по численности (0,68 экз./пробу) занимают личинки жуков-долгоносиков *Eusomus* (*Eusomus*) *ovulum* Germar, 1824. Эти животные являются эндогейными фитофагами. Наряду с личинками долгоносиков важным компонентом животного населения степного участка являются другие фитофаги, такие как личинки жуков-дровосеков *Dorcadion carinatum* (Pallas, 1771), личинки пилюльщиков *Byrrhus pilula* (L., 1758), личинки жуков-чернотелок *Tentyria nomas* (Pallas, 1781) и *Opatrum sabulosum* (L., 1761), личинки пластинчатоусых жуков *Melolontha melolontha* (L., 1758). К местам скопления растительных остатков приурочены личинки бронзовок *Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (Poda, 1761), которых можно рассматривать как фитосапрофагов. Сапрофагами-гумусообразователями являются дождевые черви *Aporrectodea r. rosea* (Savigny, 1826), численность которых относительно невелика – 0,1 экз./пробу.

Разнообразной является группа зоофагов. В их состав входят эндогейные геофиломорфные многоножки *Arctogeophilus macrocephalus* Folkmanova, Dobroruka, 1960, личинки жуков-щелкунов *Agrypnus murinus* (L., 1758), личинки жужелиц *Amara sp.*, личинки скакунов *Calomera lunulata* (Fabricius, 1781), личинки ктырей Asilidae. Часто в степи можно встретить некрозоофагов – *Dermestes* (*Dermestinus*) *laniarius* Illiger, 1801. Среди герпетобионтных хищников важная роль принадлежит паукам. Однако их численность (0,08 экз./пробу) значительно уступает обилию эндогейных зоофагов.

Таблица 1

Таксономическая структура и численность почвенной мезофауны (экз./пробу) экспериментального полигона

Таксон	Среднее	Ст. ошибка	Маргиналь-ность	Специали-зация
Annelidae, Oligohaeta				
Aporrectodea rosea rosea (Savigny, 1826)	0,10	0,03	0,60	1,28
Arthropoda				
Aranei				
Aranea sp. sp.	0,08	0,03	0,48	1,32
Geophilomorpha				
Arctogeophilus macrocephalus Folkmanova, Dobroruka, 1960	0,01	0,01	–	–
Insecta				
Calomera lunulata (Fabricius, 1781) (larv.)	0,01	0,01	–	–
Carabidae (im.)	0,10	0,04	–	–
Chrysomelidae (larv.)	0,05	0,02	–	–
Coleoptera (im.)	0,07	0,03	–	–
Agrypnus murinus (L., 1758) (larv.)	0,01	0,01	–	–
Tropinota (*Epicometis*) *hirta* (Poda, 1761) (larv.)	0,26	0,05	0,61	1,12
Eusomus (*Eusomus*) *ovulum* Germar, 1824 (larv.)	0,68	0,14	0,24	1,09
Amara sp. (larv.)	0,03	0,02	–	–
Byrrhus (*Byrrhus*) *pilula* (L., 1758) (larv.)	0,18	0,06	0,81	1,94
Melolontha melolontha (L., 1758) (larv.)	0,01	0,01	–	–
Dorcadion carinatum carinatum (Pallas, 1771) (larv.)	0,20	0,04	0,52	1,52
Tentyria nomas (Pallas, 1781) (larv.)	0,02	0,01	–	–
Opatrum sabulosum (L., 1761) (larv.)	0,02	0,01	–	–
Dermestes (*Dermestinus*) *laniarius* Illiger, 1801 (larv.)	0,07	0,03	0,79	2,52
Asilidae sp. sp. (larv.)	0,13	0,04	0,79	1,99
Formicidae sp. sp. (larv.)	4,20	0,41	0,30	1,01
Lepidoptera sp. sp. (larv.)	0,02	0,01	–	–
Всего	6,25	0,41	–	–

Животное населения почвы исследуемого участка относится к ценоморфе степных видов [10], поэтому может рассматриваться как степной моноценоз [2]. Среди трофических групп преобладающая роль в комплексе принадлежит зоофагам (74% от суммарной численности), следующее место в трофической структуре занимают фитофаги (20%) и только 6% встреченных особей относится к группе сапрофагов (рис. 2).

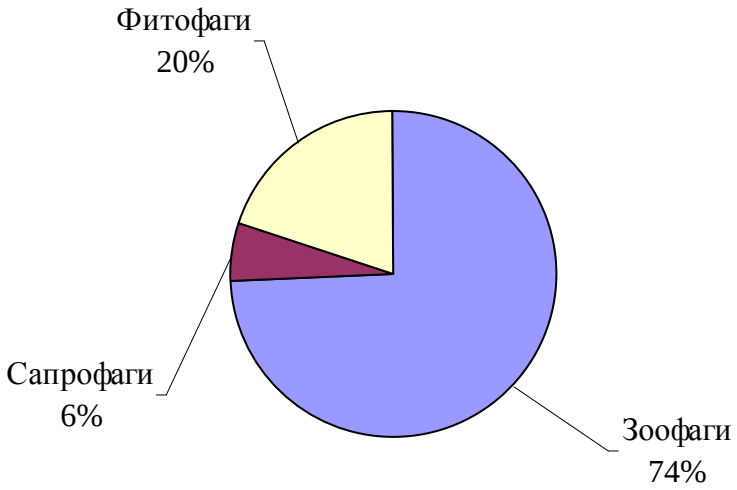


Рис. 2. Трофическая структура степного участка.

Доминирование группы животных-зоофагов (хищников и некрозоофагов) в степном участке хорошо согласуется с результатами, приведенными в работе Б. Р. Стригановой [19] для луговой степи. Однако в отличие от луговой степи в разнотравно-типчаково-ковыльной степи большее значение имеют фитофаги в сравнении с сапрофагами. Очевидной причиной этого являются более засушливые условия, одной из адаптаций к которым является переход от сапрофагии к фитофагии как на уровне популяций отдельных видов животных (фитосапрофаги начинают питаться преимущественно живыми растительными тканями при ухудшении условий влажности), так и на уровне сообщества почвенных животных в целом [8]. Так, 96,8% от суммарной численности почвенных животных относится к ксерофилам и только 3,2% – к мезофилам. В структуре топических группировок преобладают собственно почвенные (эндогейные) формы – 95,4% от суммарной численности мезофауны. Герпетобионтные формы составляют только 4,6%.

Педотурбационная активность слепышей может рассматриваться двояко. С одной стороны, порои являются проявлением жизнедеятельности и маркируют занимаемую животными территорию, а значит, обозначают область, экологически благоприятную для их жизни. Поэтому мы можем рассмотреть порои в экологическом пространстве и определить их экологическую нишу. С другой стороны, роющая деятельность слепышей выступает в качестве значительного экологического фактора, который влияет на экологические условия существования мезопедоценоза. В этом случае активность педотурбационной активности является одной из осей экологического гиперпространства, в пределах которого происходит распределение экологических ниш почвенных животных.

Характеристики экологической ниши педотрубационной активности слепышей представлены в табл. 2. Маргинальность распределения пороев слепышей по изучаемой территории составляет 9,66. Этот показатель свидетельствует о существенном различии экологических свойств эдафотопа в зоне действия пороев от их среднего уровня в целом по полигону. Маргинальность относительно пороев приобретает смысл значения меры педотурбационной активности. Педотурбационная активность приводит к уменьшению

проективного покрытия растительного покрова (коэффициент маргинальности *m* по этому признаку –0,12), увеличению целлюлозолитической активности (*m* = 0,21), также наблюдаются изменения агрегатного состава и твердости почвы. Наиболее характерной особенностью роющей деятельности слепышей является увеличение доли агрономически ценных агрегатных фракций размером 1-7 мм. Как показали дополнительные исследования на масштабном уровне одной ячейки (1 м), изменения электрической проводимости почвы под действием роющей активности слепышей имеют четко выраженный нелинейный характер (в центральной части пороя наблюдается достоверное увеличение электропроводности, а в зоне бруствера – уменьшение). Поэтому линейная факторная модель не может отразить указанные тенденции, вследствие чего коэффициенты маргинальности и специализации по оси электрической проводимости почвы для пороев слепышей невелики.

Таблица 2

Характеристики экологической ниши педотурбационной активности слепышей

маргинальность (M) – 9,66; специализация (S) – 1,18, толерантность (1/S) – 0,85

Экологическое свойство	Маргинальность	Спец. 1	Спец. 2	Спец. 3	Спец. 4
Активность, %/10 суток	0,21	–0,14	0,06	0,00	–0,13
Покрытие, %	–0,12	0,17	0,04	–0,01	–0,02
EC	–0,08	–0,09	0,00	0,15	–0,04
Агрегатный состав почвы на глубине 0-10 см					
>10 мм	0,10	0,13	–0,03	0,01	0,10
7-10 мм	0,25	0,09	0,06	0,03	–0,15
5-7 мм	0,29	–0,09	–0,03	0,11	0,06
3-5 мм	0,41	0,02	–0,01	0,13	0,01
2-3 мм	0,33	0,13	0,03	–0,16	0,05
1-2 мм	0,28	0,02	–0,08	0,01	0,06
0,5-1 мм	0,15	0,01	0,08	0,17	–0,09
0,25-0,5 мм	0,26	0,12	0,00	0,09	–0,07
<0,25 мм	0,24	–0,14	–0,05	–0,13	0,03
Твердость почвы					
0-5 см	0,13	–0,14	0,03	–0,09	0,07
5-10 см	0,11	–0,14	–0,06	0,10	–0,09
10-15 см	0,13	0,04	0,03	0,06	0,01
15-20 см	0,20	0,42	0,01	–0,56	–0,02
20-25 см	0,14	–0,08	0,09	0,33	0,07
25-30 см	0,15	–0,40	–0,03	0,11	0,50
30-35 см	0,14	0,43	–0,67	0,09	–0,72
35-40 см	0,20	–0,37	0,61	0,09	0,14
40-45 см	0,21	–0,27	0,20	–0,53	0,27
45-50 см	0,22	0,28	–0,32	0,34	–0,21
Собственное значение	2,08	5,08	3,42	2,36	2,01
Объясненная специализация	0,07	0,17	0,11	0,08	0,07
Куммулятивная доля	0,07	0,24	0,35	0,43	0,49

Основными аспектами специализации нишевого пространства пороев слепышей являются показатели твердости почвы на разных глубинах. Другие экологические характеристики, которые измерялись для верхнего почвенного горизонта (0-10 см), не играют

особой роли в специализации. Особенностью, которую следует подчеркнуть, является то, что факторы специализации характеризуются разнонаправленными показателями для соседних горизонтов. Так, фактор специализации 1 характеризуется коэффициентом –0,40 для горизонта 25-30 см и коэффициентом –0,37 для горизонта 35-40 см, а промежуточный между ними горизонт 30-35 см имеет коэффициент 0,43. Для фактора 2 «разнонаправленную пару» составляют горизонты 30-35 и 35-40 см, для фактора 3 – 15-20 и 20-25 см, для фактора 4 – 25-30 и 30-35 см. Очевидно, что глубина залегания ходов слепышей не постоянна и изменяется в зависимости от твердости окружающей почвы. Формирование хода существенно уменьшает твердость почвы. Если бы при рытье нор слепыши не избегали более твердых участков, то в факторной структуре не было бы пар горизонтальных уровней с противоположными по знаку коэффициентами. Если слепыш, встречаясь с более твердым участком почвы, его избегает и переходит на несколько иную глубину рытья (выше либо ниже), то при этом происходит сочетание исходно твердого участка почвы с норовым пространством, которое является полостью, либо оно с течением времени заполняется осыпающейся почвой, но при этом твердость этого пространства еще долго остается низкой.

Учитывая характеристики нишевого пространства, можно отобразить участок, наиболее оптимальный для жизнедеятельности слепышей (рис. 3). Сравнение зоны оптимума с наблюдаемым распределением роющей активности показывает, что эти структуры совпадают только в общих чертах. Оптимальную зону (рис. 3, справа) можно рассматривать как потенциальную нишу, по Г. Хатчинсону [28], а наблюдаемое распределение роющей активности – как реализованную. Очевидно, что не вся потенциальная ниша слепыша в её пространственном выражении реализована (например, зона полигона справа вверху). С другой стороны, животные постоянно пытаются расширить своё присутствие и в тех участках, которые неблагоприятны для их существования (локалитеты округлой формы на схеме слева).

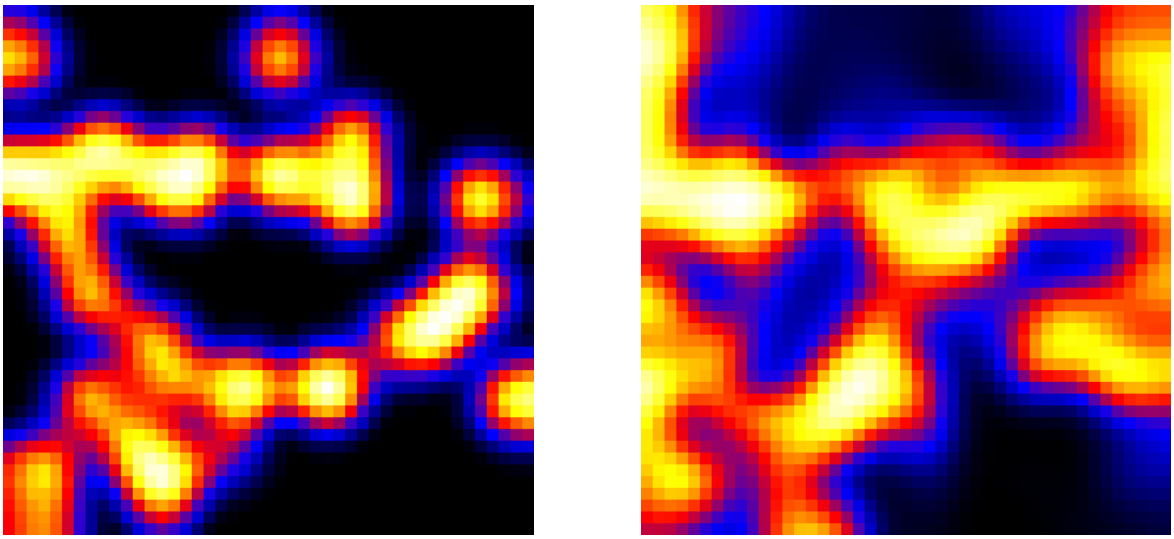


Рис. 3. Зона педотурбационной активности слепышей (слева) и зона экологического референдума (справа). Яркость пропорциональна признаку – более яркие участки маркируют большую степень проявления признака.

Необходимо учесть, что речь идет о средопреобразующей активности, когда экологический инженер (слепыш) активно изменяет среду, расширяя пространственное расположение потенциальной и реализованной ниши.

Для характеристики экологического пространства сообщества почвенных беспозвоночных более приемлемым является дискриминантный анализ экологической ниши [40]. С его помощью можно получить характеристику разбиения экологического пространства между видами, которые составляют сообщество, а не только персональных экологических

ниш, как в случае с факторным анализом. Для анализа были отобраны виды, которые на исследуемом участке встречались с численностью, не менее 0,07 экз./пробу.

Для первых трех дискриминантных факторов существенное значение имеет переменная, которая характеризует роющую активность слепышей (табл. 3). Это свидетельствует о том, что педотурбационная активность слепышей выполняет важную роль в формировании экологического пространства почвенной мезофауны. Кроме того, следует отметить сложный характер влияния, так речь идет о трех относительно независимых величинах, по которым происходит дифференциация животного населения почвы.

Таблица 3

Коэффициенты дискриминантных факторов между характеристиками местообитания почвенных беспозвоночных

Экологические свойства	Дискриминантные факторы			
	1	2	3	4
Порои	0,63	0,25	0,43	–0,06
Активность, %/10 суток	0,03	0,19	–0,52	0,22
Покрытие, %	–0,26	–0,47	0,27	–0,07
ЕС	–0,07	–0,45	0,28	0,02
Агрегатный состав почвы на глубине 0-10 см				
>10 мм	–0,19	0,04	0,41	0,56
7-10 мм	–0,12	0,09	0,08	–0,56
5-7 мм	–0,12	0,07	0,10	–0,41
3-5 мм	–0,11	0,08	0,19	–0,04
2-3 мм	–0,06	0,13	0,14	–0,09
1-2 мм	–0,01	0,19	0,07	–0,14
0,5-1 мм	0,05	0,27	0,18	0,07
0,25-0,5 мм	0,04	0,26	0,17	0,04
<0,25 мм	0,02	0,24	0,20	0,07
Твердость почвы				
0-5 см	–0,25	0,20	0,03	–0,03
5-10 см	–0,30	0,22	0,04	–0,11
10-15 см	–0,26	0,16	0,07	–0,18
15-20 см	–0,17	0,07	0,01	0,17
20-25 см	–0,21	0,12	0,09	0,11
25-30 см	–0,20	0,12	0,09	0,09
30-35 см	–0,20	0,13	0,09	0,11
35-40 см	–0,15	0,11	–0,06	0,04
40-45 см	–0,15	0,12	–0,07	0,02
45-50 см	–0,16	0,13	–0,10	0,03

Дискриминантный фактор 1 определяется по уменьшению проективного покрытия растительности и уменьшению твердости почвы на горизонтах 0-35 см. Очевидно, что в данном случае фактор 1 описывает трансформирующее воздействие на экологическое пространство мезофауны роющей деятельности слепышей, которая происходит в почвенной толще (рис. 4). Фактор 2 также негативно коррелирует с проективным покрытием растительности и позитивно – с долей агрегатных фракций малого размера (0,25-2 мм). Этот фактор отражает воздействие почвы, выброшенной на поверхность в виде холмиков. Эти образования засыпают растительность, что естественно влечет уменьшение её проективного

покрытия. В составе почвенной массы холмиков преобладает измельченная агрегатная фракция. Плотность почвы, из которой состоят холмики слепышей, меньше, чем плотность ненарушенной почвы. Кроме того, слепышины подвергаются большему иссушению и аэрации. Поэтому индикатором фактора 2 является пониженная электрическая проводимость почвы (сниженная влажность и плотность) и повышенная целлюлозолитическая активность (повышенная аэрация).

Дискриминантные факторы 2 и 3 отражают неоднозначный характер влияния пороев слепышей на экологическое пространство почвенной мезофауны. Если фактор 2 указывает на снижение проективного покрытия и электропроводности и увеличение целлюлозолитической активности при высоком уровне роющей деятельности слепышей, то фактор 3 описывает полностью обратный эффект – уменьшение целлюлозолитической активности и увеличение проективного покрытия и электрической проводимости почв. Природу указанных эффектов можно понять после изучения пространственного распределения факторов (рис. 4).

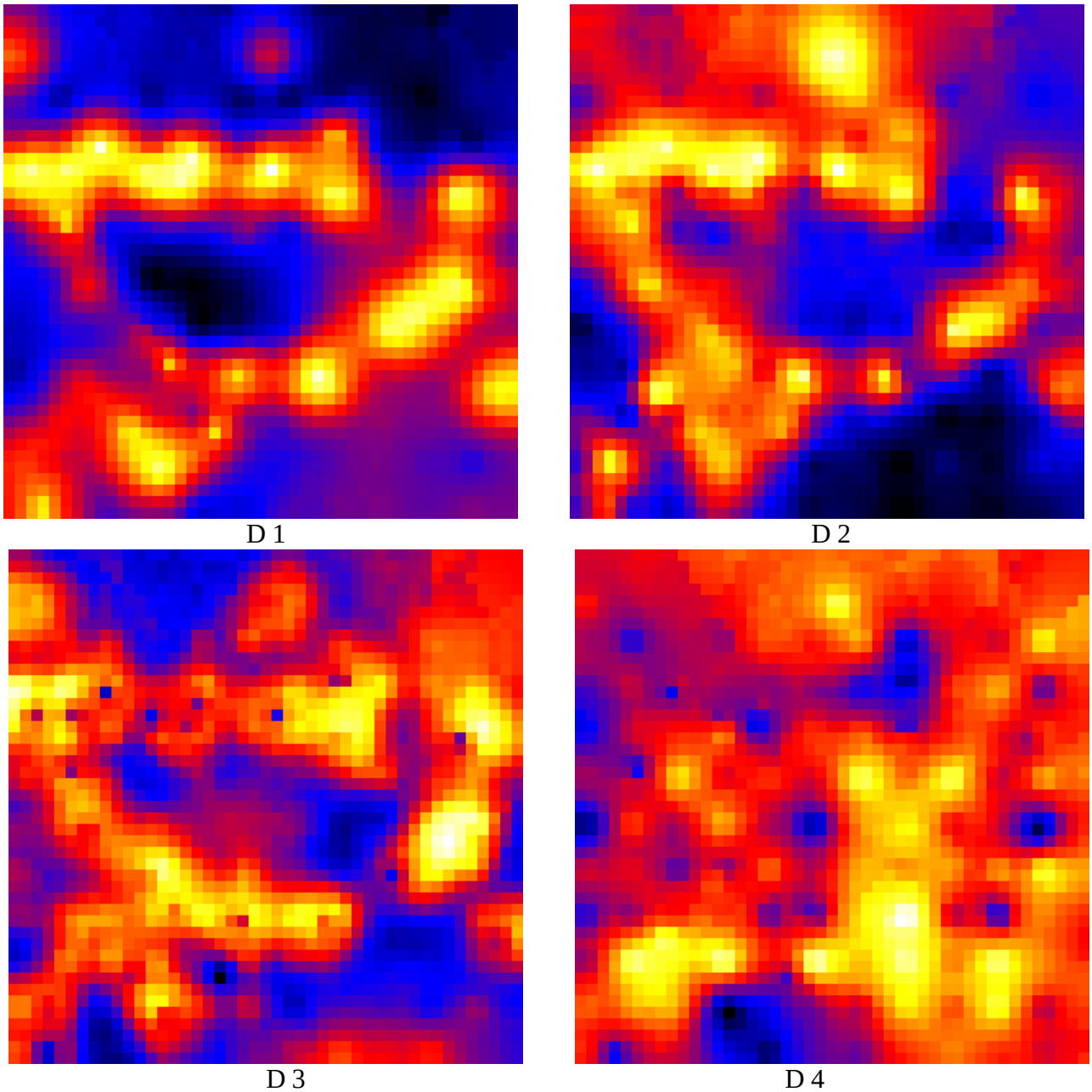


Рис. 4. Пространственное размещение дискриминантных функций (D 1-4).

Максимумы значений фактора 2 совпадают с центроидами пороев, в то же время наибольшие значения фактора 3 связаны с окрестностями пороев, а их минимальные значения совпадают с центроидами пороев. Таким образом, фактор 2 отражает изменение среды обитания животных, которые инициированы самим порем, а фактор 3 отражает компенсаторные эффекты, которые возникают в непосредственном окружении пороя.

Помимо указанных изменений, для фактора 3 характерно увеличение агрегатов размером более 10 мм. Очевидно, что при формировании пороя с него в первую очередь скатываются крупные почвенные фрагменты, которые накапливают в непосредственной близости от подошвы пороя. Крупные агрегатные фрагменты формируют структуру, в пределах которой накапливаются мелкие почвенные частицы (0,25-1 мм). Эти частицы могут перемещаться из массы пороя под действием ветровой эрозии либо возникать в результате разрушения крупных агрегатов. Необходимо отметить, что «ореол» вокруг поря (фактор 3) не связан с изменениями твердости почвы.

Фактор 4 не связан с изменчивостью свойств почвенного покрова, инициированной деятельностью слепышей в текущий момент времени. Этот фактор связан с обратным соотношением в агрегатной структуре крупных агрегатов (более 10 мм), с одной стороны, и средних (5-10 мм) – с другой. Этот фактор можно расценивать либо как результат независящей от деятельности слепышей пестроты почвенного покрова, либо как накопительный результат рытья слепышами почвы за длительный период времени.

Дискриминантые факторы задают оси экологического пространства, в пределах которого происходит дифференциация экологических ниш почвенных животных (рис. 5).

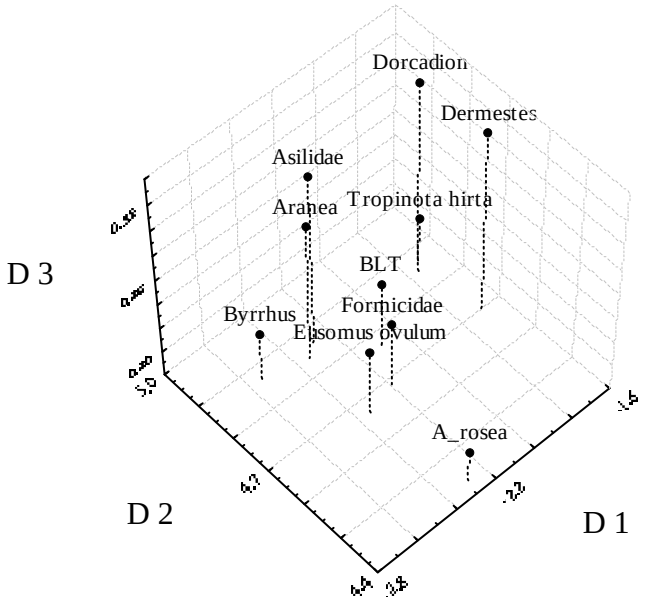


Рис. 5. Размещение почвенных животных в экологическом пространстве.
D 1-3 – дискриминантные функции, BLT – бейт-ламина тест.

Наиболее восприимчивым к фактору беспокойства, инициированного педотурбационной активностью слепыша, является дождевой червь *A. rosea.* Этот вид занимает область с минимальными значениями по трем первым дискриминантным факторам, что свидетельствует о предпочтении этим дождевым червем ненарушенных участков почвы. По показателям маргинальности (0,60) и специализации (1,28) этот вид занимает промежуточное положение среди изученных видов. Это свидетельствует о том, что зона педотурбационной активности слепышей для *A. rosea* является неблагоприятной, но в зоне ненарушенного почвенного покрова для дождевого червя формируются однообразно благоприятные условия. Кроме того,

участки, благоприятные и неблагоприятные для дождевого червя, примерно соразмерны в пределах изучаемой территории.

Личинки жуков-долгоносиков *E. ovulum* и личинки муравьев занимают центральную часть экологического пространства. Необходимо отметить, что две эти группы являются доминирующими на изучаемом участке. Кроме того, показатели маргинальности (0,3 и 0,24 соответственно) и специализации (1,01 и 1,09) наименьшие среди всех изученных видов. Таким образом, для личинок долгоносиков и муравьев изучаемая территория является однообразно благоприятной в отношении экологических факторов, которые были учтены в данном исследовании. Наблюдаемый оптимум этих видов не зависит от трансформационного эффекта педотурбационной активности слепышей на изученные параметры почвенного покрова.

Очень близко к положению *E. ovulum* и личинок муравьев в экологическом пространстве находится точка, соответствующая трофической активности почвенных животных, оцененная с помощью бейт-ламина теста. Свой вклад в этот показатель делают как представители мезофауны, так и микрофауны. Трофическая активность комплекса педобионтов естественным образом зависит от численности доминирующих групп (*E. ovulum* и личинок муравьев), но полностью отождествлять этот показатель с обилием этих животных не верно. Экологическая характеристика трофической активности почвенных животных, оцененная с помощью бейт-ламина теста, отличается этот характерных особенностей экологической ниши личинок муравьев и долгоносиков (табл. 3).

Таблица 3

Характеристики экологической ниши трофической активности педобионтов (по данным бейт-ламина теста)

маргинальность (M) – 0,12; специализация (S) – 0,99, толерантность (1/S) – 1,003

Экологическое свойство	Маргинальность	Спец. 1	Спец. 2	Спец. 3	Спец. 4
Роющая активность	0,38	–0,04	0,05	0,05	0,05
Целлюлоз. активность, %/10 суток	0,21	0,02	–0,10	–0,04	0,00
Проективное покрытие, %	–0,23	–0,13	–0,02	0,10	–0,01
ЕС	–0,43	0,01	–0,04	–0,04	0,12
Агрегатный состав почвы на глубине 0-10 см					
>10 мм	–0,33	0,34	–0,59	0,65	0,26
7-10 мм	–0,13	0,15	–0,36	0,21	0,33
5-7 мм	–0,07	–0,02	–0,14	0,18	0,04
3-5 мм	0,19	0,08	–0,22	0,19	0,22
2-3 мм	0,28	0,15	–0,24	0,19	0,08
1-2 мм	0,16	0,18	–0,29	0,41	0,18
0,5-1 мм	0,17	0,07	–0,18	0,11	0,25
0,25-0,5 мм	0,25	–0,01	–0,21	0,18	–0,06
<0,25 мм	0,26	0,10	–0,13	0,17	0,12
Твердость почвы					
0-5 см	–0,15	0,02	0,09	–0,03	–0,24
5-10 см	–0,17	0,00	–0,08	–0,04	0,34
10-15 см	–0,09	–0,10	–0,09	0,14	0,01
15-20 см	0,10	0,08	0,09	–0,04	–0,12
20-25 см	0,09	0,30	0,00	0,15	–0,45
25-30 см	0,12	–0,76	0,29	–0,15	0,04
30-35 см	0,14	0,21	–0,29	–0,10	0,31

Экологическое свойство	Маргинальность	Спец. 1	Спец. 2	Спец. 3	Спец. 4
35-40 см	0,14	0,05	–0,01	0,24	–0,08
40-45 см	0,12	0,08	–0,02	–0,20	0,36
45-50 см	–0,01	0,20	0,11	0,02	–0,13
Собственное значение	1,03	1,21	1,19	1,16	1,03
Объясненная специализация	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Куммулятивная доля	0,05	0,10	0,15	0,20	0,05

Трофическая активность почвенных животных в наибольшей степени проявляется в участках с повышенной роющей активностью слепышей. Как следствие, экологический оптимум для трофической активности мезопедобионтов смещен в область с меньшим проективным покрытием степной растительности. Также необходимо учитывать позитивное функциональное взаимное влияние микробоценоза и зооценоза [12, 19], что проявляется в увеличении показателя бейт-ламина теста в участках с повышенной целлюлозолитической активностью.

На трофическую активность животных оказывает влияние агрегатный состав почвы. Увеличение доли мелких и средних агрегатных фракций (0,25-3 мм) по сравнению с крупными фракциями (5-10 мм) сопровождается ростом трофической активности педобионтов.

Пониженная твердость почвенного покрова в горизонте 0-15 см способствует росту трофической активности почвенных животных.

Важными аспектами специализации трофической активности являются показатели агрегатного состава и твердости почвы.

По существу, рассмотренные экологические оси, в пределах которых происходит формирование экологического пространства трофической активности почвенных животных, тесно между собой взаимосвязаны и определяются средопреобразующим влиянием роющей деятельности слепышей на изученном степном участке.

Распределение трофической активности педобионтов по изучаемому участку характеризуется низкой маргинальностью (0,12) и низким уровнем специализации (0,99). Функциональное разнообразие сообщества почвенных животных степной целины позволяет сохранять на высоком уровне трофическую активность при изменении условий существования комплекса. Поэтому такой интегральный показатель, как общая трофическая активность сообщества почвенных животных характеризуется низкой маргинальностью и специализацией.

Комплекс видов, который приобретает наибольшие экологические преимущества в результате роющей деятельности слепышей, представлен личинками жуков-дровосеков *D. carinatum*, личинками кожеедов *D. laniarius* и личинками пластинчатоусых *T. hirta* (см. рис. 5). Необходимо отметить, что эти виды являются ксерофильными, что очень важно для существования в условиях пороев почвенных млекопитающих, так как для этих микроместообитаний характерны значительные суточные колебания влажности и температуры, которые по амплитуде превосходят аналогичные показатели в окружающей порои почве [13].

Переходную группу почвенных животных, которые предпочитают менее контрастные условия старых пороев либо зону контакта свежих пороев с ненарушенными участками, составляют хищные формы – пауки и личинки ктырей (Asilidae), а также растительноядные личинки пилюльщиков *B. pilula*.

Обсуждение

Теория экологической ниши в понимании Хатчинсона задает экологическое пространство, в пределах которого осуществляются экологические процессы. Это пространство является теоретической генерализацией, а в реальности экологические процессы происходят в географическом пространстве. Ключом к пониманию и описанию

закономерностей структуры и функционирования экологических систем является сопоставление пространств экологического и географического.

Педотрубационная активность почвенных млекопитающих как экологических инжинеров существенно влияет на почву как среду обитания животных, микроорганизмов и растений. Средопреобразование, которое сказывается на структуре функционально важного компонента биогеоценоза – животном населении, позволяет говорить о формировании консортивных связей [1, 17], которые определяют функциональные особенности экосистемы.

Как на уровне почвенного покрова [11], так и на уровне животного населения почвы [16] наблюдается структурная и функциональная пестрота. Для описания этого явления необходимо применение инструментов пространственного анализа данных и геостатистики. Эти технологии, в сочетании с методами классического статистического анализа экологических данных, открывают значительные перспективы для отображения экологических явлений и процессов в экологическом и географическом пространствах. Однако ценой возможности применения такого рода подхода является необходимость сбора большого количества пространственно координированных данных. Быстрота отбора и относительная дешевизна как условие возможности получения больших объемов данных выступают в качестве критериев для выбора типа данных, которые могут быть задействованы в изучении пространственной экологии почвенных животных.

Адаптацией к технологии сбора данных для пространственной экологии стало уменьшение стандартного размера единичной почвенно-зоологической пробы. Было показано, что снижение размеров (объема) пробы при увеличении их числа, значительно улучшают статистические свойства плана исследования [16]. В нашем исследовании вместо традиционных проб размером 50×50 см в 6-12-кратной рандомизированной повторности количественный учет почвенной мезофауны проводился с помощью проб 25×25 см в 121-кратной повторности. Пробы расположены в виде регулярной сетки по вершинам квадратов со стороной 1 м (площадь участка 10×10 м).

Важным условием изучения экологического пространства является сбор данных о его свойствах. Подавляющее большинство традиционных аналитических почвоведческих показателей, которые описывают почву как среду обитания животных, весьма трудоемки, требуют значительного времени для проведения лабораторных исследований и средств.

Для характеристики экологических условий почвенных животных нами выбраны показатели, которые способны отразить свойства почвы как среды обитания животных, а также сравнительно легко могут быть получены в полевых условиях, либо быстро – в лаборатории. Так, 300 промеров электрической проводимости почвы (100 квадратов в 3-кратной повторности) в полевых условиях могут быть сделаны за 30-40 минут. Измерение твердости почвы в поле, в количестве 1210 промеров (121 точка на 10 уровнях глубины почвы), может быть проведено за 2,5-3 часа. Метод оценки агрегатной структуры путем сухого просеивания очень прост, единственной сложностью является перевозка в лабораторию сравнительного большого объема почвы. Примененные методы оценки биологической активности почв – аппликационный метод и бейт-ламина тест, очень просты, и данные по ним могут быть получены в большом объеме. Экспресс методом, но достаточно точным, является бальное оценивание проективного покрытия растительности. Как показано в нашем исследовании, все изученные экологические характеристики позволяют содержательно интерпретировать процессы педотурбационной трансформации экологического пространства почвенных животных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что слепыши в процессе рытья выбирают оптимальный маршрут с точки зрения минимизации энергетических затрат. Таким образом, нельзя рассматривать рытье хода как процесс прямолинейного перемещения в почвенной толще. Почвенные млекопитающие из всей почвенной толщи осваивают зону, которая является в целом благоприятной для рытья, в пределах которой в свою очередь прокладывают норы в участках более мягких, чем окружающая почвенная масса. Более твердые участки почвенной массы могут рассматриваться как основа конструктивной

устойчивости почвенного покрова, которая противодействует эрозионному перемещению. Таким образом, можно предполагать, что энергетическая оптимизация роющей активности почвенных млекопитающих приводит к созданию такой *фодересферы* (от латин. *fodere* – рыть, по аналогии с дрилосферой дождевых червей Буше [21]), которая гармонично интегрируется в систему механической устойчивости почвенного покрова при минимальном её нарушении.

Фодересфера почвенной мегафауны преобразовывает почву как среду обитания других почвенных животных (мезо-, микро- и нанофауны), микроорганизмов и растений. Вызванные роющей активностью эффекты имеют различный масштаб и период затухания, поэтому главной особенностью фодересферы является создание и поддержание разнообразия экологических условий в почвенном покрове.

Роющая деятельность слепыша также воздействует на пространственную картину изменчивости целлюлозолитической активности почвы. Как установлено в результате нашего исследования, целлюлозолитическая активность увеличивается в пороях в сравнении с окружающей почвой. Порои млекопитающих формируют участки поверхности почвы с контрастным температурным режимом, более сухим микроклиматом и большим количеством солнечной энергии, достигающей поверхности почвы [35]. Было установлено, что органическое вещество и органический азот имеют тенденцию к уменьшению в новых пороях, в противоположность этому неорганический азот (преимущественно, нитраты), который легко усваивается растениями, имеет более высокое содержание в почве пороев в сравнении с окружающей ненарушенной территорией [22]. Увеличение количества азота в пороях связывают с повышенным попаданием в них урины и фекалий [31], аккумуляцией скелетов животных, поднятием в верхние горизонты обогащенной азотом подпочвы [30] и повышенной доступностью азота вследствие уменьшения растительного покрова [43]. Наиболее вероятной причиной значительного увеличения неорганического азота в пороях следует считать рост минерализации органики [22]. В ряде исследований описано уменьшение количества органики и увеличение кислородного статуса в почве пороев млекопитающих [32, 34]. Таким образом, повышенная аэрация пороев и более высокая температура почвенной массы в этих образованиях приводят к росту активизации процессов минерализации, одним из индикаторов которой является целлюлозолитическая активность.

Фодересфера создает предпосылки для увеличения роли в сообществе животных *r*-стратегов. Это находит свое отражение в увеличении трофической активности почвенных животных по данным бейт-ламина теста (преимущественно представителей микрофауны, которые по отношению к мезофауне являются *r*-стратегами). Типичные *K*-стратеги (например, собственно почвенные дождевые черви *A. rosea*) оттесняются на периферию экологического пространства фодересферы. Диапазон экологических условий от ненарушенной почвы (преимущество имеют *K*-стратеги) до свежих пороев (преимущество имеют *r*-стратеги) представляет собой весьма обширную экологическую зону, которая занята переходными экологическими группами почвенных животных. Таким образом, фодересфера обладает гораздо большим экологическим объемом, чем ненарушенная целинная почва.

Почвенные роющие животные значительно влияют на почву как среду обитания. Комплексный характер влияния дождевых червей нашел своё выражение в таком понятии, как дрилосфера [20, 21]. Под дрилосферой понимают систему ходов, копролиты и стенку почвенного хода толщиной несколько миллиметров. Применение аналогичного понятия правомерно по отношению к роющей деятельности почвенных млекопитающих. Часть почвенного покрова, которая испытывает на себе влияние почвенных ходов и напочвенных выбросов роющих млекопитающих, можно обозначить как *фодересферу*. Очевидно, что экологическое пространство фодересферы не ограничивается границами системы ходов и пороев землероев. Масштаб фодересферы определяется длительным периодом затухания последствий активного воздействия, которым является педотурбационная деятельность почвенных млекопитающих. Возврат экологической системы к изначальному состоянию может протекать не по гладкой асимптотической траектории, а в виде затухающих колебаний с четко выраженным нелинейным поведением. Как выражение этого процесса на

уровне экологических свойств происходит увеличение разнообразия системы и её экологического объема.

Фодересфера отличается динамичностью почвенных свойств, микробиологических процессов, структуры и разнообразия животного населения и растительного покрова. В географическом пространстве наблюдается увеличение мозаичности почвенного покрова, которая по масштабам значительно превосходит протяженность только системы ходов и пороев млекопитающих.

Выводы

Таким образом, фодересфера имеет проекции в двух пространствах – экологическом и географическом. Поэтому в методическом плане результативным оказалось сочетание геостатистического подхода для описания свойств фодересферы в географическом пространстве и описания свойств почвы как среды обитания, целлюлозолитической активности как индикатора функциональности микробоценоза, оценки трофической активности педобионтов, характеристики структуры мезофауны и проективного покрытия растительности – для отображения явления фодересферы в экологическом пространстве.

Список литературы

1. *Беклемишев В. Н.* О классификации биогеоценологических (симфизиологических) связей / В. Н. Беклемишев // Бюллетень МОИП. – 1951. – Т. 55, вып. 5 – С. 3–30.

2. *Бельгард А. Л.* Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.

3. *Вадюнина А. Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

4. *Воробейчик Е. Л.* Изменение пространственной структуры деструкционного процесса в условиях атмосферного загрязнения лесных экосистем / Е. Л. Воробейчик // Известия АН. Сер. биол. – 2002. – № 3. – С. 368–379.

5. *Воробейчик Е. Л.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е. Л. Воробейчик, О. Ф. Садыков, М. Г. Фарафонтов. – Екатеринбург: УИФ – Наука, 1994. – 280 с.

6. *Воронов А. Г.* Геоботаника / А. Г. Воронов. – М.: Высш. шк., 1973. – 384 с.

7. *Гиляров М. С.* Отряд Hymenoptera – Перепончатокрылые / М. С. Гиляров // Определитель обитающих в почве личинок насекомых. – М.: Наука, 1964. – С. 586–597.

8. *Гиляров М. С.* Закономерности приспособления членистоногих к жизни на суше / М. С. Гиляров. – М.: Наука, 1970. – 275 с.

9. *Длусский Г. М.* Методы количественного учета почвообитающих муравьев / Г. М. Длусский // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, № 5. – С. 716–727.

10. *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.

11. *Карпачевский Л. О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л. О. Карпачевский. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 327 с.

12. *Козловская Л. С.* Особенности взаимоотношений почвенных беспозвоночных с микроорганизмами / Л. С. Козловская // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. – М.: Наука, 1984. – С. 53–65.

13. *Пахомов А. Е.* Биогеоценотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. Т. 2. Трофический тип воздействия. Биотехнологический процесс становления экологической устойчивости эдафотопа / А. Е. Пахомов. – Днепропетровск: ДГУ, 1998. – 216 с.

14. *Пахомов А. Е.* Формирование почвенной мезофауны под влиянием педотурбационной активности микромаммалий / А. Е. Пахомов, А. В. Жуков // Вестн. Днепропетр. ун-та. – 1998. – Вып. 4. – С. 72–77.

15. *Пахомов О. Є.* Функціональне різноманіття ґрунтової мезофауни заплавних степових лісів в умовах штучного забруднення середовища / О. Є. Пахомов, О. М. Кунах. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 324 с.

16. *Покаржевский А. Д.* Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаржевский, К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев, Ф. А. Савин. – М.: КМК, 2007. – 174 с.

17. *Раменский Л. Г.* О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники / Л. Г. Раменский // Бот. журн. – 1952. – Т. 37, № 2. – С. 181–201.

18. *Стриганова Б. Р.* Питание почвенных сапрофагов / Б. Р. Стриганова. – М.: Наука, 1980. – 243 с.

19. *Стриганова Б. Р.* Пространственные вариации функциональной структуры сообществ животного населения степных почв Европейской России / Б. Р. Стриганова // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 3. – С. 268–276.

20. *Тиунов А. В.* Метабиоз в почвенной системе: влияние дождевых червей на структуру и функционирование почвенной биоты: Автореф. дис. … д-ра биол. наук: 03.00.16 / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН / А. В. Тиунов. – М., 2007. – 44 с.

21. *Bouche M. B.* Action de la faune sur les etats de la matiere organique dans les ecosystemes // M. B. Bouche, G. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey, J. A. Cancela da Fonseca (Eds.). – Humifcation et Biodegradation. – Pierron, Sarreguemines, 1975. – P. 157–168.

22. *Canals R. M.* Soil nutrient fluxes and vegetation changes on molehills / R. M. Canals, M. T. Sebastia // Journal of Vegetation Science. – 2000. – Vol. 11. – P. 23–30.

23. *Fields M. J.* Burrowing activities of kangaroo rats and patterns in plant species dominance at a shortgrass steppe-desert grassland ecotone / M. J. Fields, D. P. Coffin, J. R. Gosz // Journal of Vegetation Science. – 1999. – Vol. 10. – P. 123–130.

24. *Foster M. A.* Effects of the plains pocket gopher (*Geomys bursarius*) on rangeland / M. A. Foster, J. Stubbendieck // Journal of Range Management. – 1980. – Vol. 33. – P. 74–78.

25. *Hirzel A. H.* Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat- suitability maps without absence data? / A. H. Hirzel, J. Hausser, D. Chessel, N. Perrin // Ecology. – 2002. – Vol. 83. – P. 2027–2036.

26. *Hobbs R. J.* Community and population dynamics of serpentine grassland annuals in relation to gopher disturbance / R. J. Hobbs, H. A. Mooney // Oecologia (Berlin). – 1985. – Vol. 67. – P. 342–351.

27. *Huntly N.* Effects of subterranean mammalian herbivores on vegetation / Huntly N., Reichman O. J. // J. Mammal. – Vol. 75. – P. 852–859.

28. *Hutchinson G. E.* Concluding remarks / G. E. Hutchinson // Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology. – 1958. – Vol. 22. – P. 415–427.

29. *Jones C. G.* Organisms as ecosystem engineers / C. G. Jones, J. H. Lawton, M. Shachak // Oikos. – 1994. – Vol. 69. – P. 373–386.

30. *Kalisz P. J.* Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north-central Florida / P. J. Kalisz, E. L. Stone // Soil Science Society of America Journal. – 1984. – Vol. 48. – P. 169–172.

31. *Kalisz P. J.* Effect of prairie voles on vegetation and soils in central Kentucky / P. J. Kalisz, W. H. Davis // Am. Midl. Nat. – 1992. – Vol. 127. – P. 392–399.

32. *Korn H.* Small mammals and the Mosaic-Cycle-Concept of ecosystems / H. Korn // The Mosaic-Cycle-Concept of ecosystems. – Ecological Studies. – 1991. – Vol. 85, Springer-Verlag Berlin – Heidelberg. – P. 106–131.

33. *Lavelle Ch.* Burrowing activity of Aporrectodea rosea / Ch. Lavelle // Pedobiologia. – 1998. – Vol. 42, № 2. – P. 97–101.

34. *Lidicker W. Z.* Impacts of non-domesticated vertebrates on California grasslands / W. Z. Lidicker // Grassland Structure and Function: California Annual Grassland. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1989. – P. 135–150.

35. *McConnaughay K. D. M.* Interactions among Colonizing Annuals: Is There an Effect of Gap Size? / K. D. M. McConnaughay, F. A. Bazzaz // Ecology. – 1990. – Vol. 71, N 5. – P. 1941–1951.

36. *McIntyre S.* Disturbance response in vegetation – towards a global perspective on functional traits / S. McIntyre, S., Lavorel J. Landsberg, T. D. A. Forbes // Journal of Vegetation Science. – 1999. – Vol. 10. – P. 621–630.

37. *Pennisi B. V.* 3 ways to measure medium EC / B. V. Pennisi, M. van Iersel // GMPro. – 2002. – Vol. 22 (1). – P. 46–48.

38. *Rabinowitz D.* Colonization and establishment of Missouri prairie plants on artificial soil disturbances. II. Detecting small-scale plant-to-plant interactions and separating disturbance from resource provision / D. Rabinowitz, J. K Rapp. // American Journal of Botany. – 1985. – Vol. 72. – P. 1629–1634.

39. *Reichman O. J.* The influence of three sympatric species of fossorial mole-rats (Bathyergidae) on vegetation / O. J. Reichman, J. U. M. Jarvis // J. Mammal. – 1989. – Vol. 70. – P. 763–771.

40. *Sattler T.* Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status / T. Sattler, F. Bontadina, A. H. Hirzel, R. Arlettaz // J. Appl. Ecology. – 2007. – Vol. 44. – P. 1188–1199.

41. *Tilman D.* Plant succession and gopher disturbance along an experimental gradient / D. Tilman // Oecologia. – 1983. – Vol. 60. – P. 285–292.

42. *Törne E.* Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests / E. Törne // Pedobiologia. – 1990. – Vol. 34. – P. 89–101.

43. *Vitousek P. M.* Plant community turnover and ecosystem nutrient flux / P. M. Vitousek // The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. – New York: Academic Press, 1985. – P. 325–333.

44. *Whipker B. E.* Electrical Conductivity (EC): Units and Conversions / B. E. Whipker, T. J. Cavins // http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/Florex/EC%20Conversion.pdf

Жуков О. В., Кунах О. М., Коновалова Т. М. **Фодересфера сліпаків (*Spalax microphthalmus*).** – На ділянці степової цілини в Дніпропетровській області України закартовано розташування пориів сліпаків *Spalax microphthalmus*, об'єм пориів, твердість, агрегатний склад, електропровідність і целюлозолітичну активність ґрунту, структуру тваринного населення мезопедобіонтів, показники бейт-ламіна тесту й проективне покриття рослинності. За допомогою факторного аналізу екологічної ніші встановлено, що педотурбаційна активність призводить до зменшення проективного покриття рослинного покриву (коефіцієнт маргінальності m –0,12), збільшення целюлозолітичної активності (m = 0,21), також спостерігаються зміни агрегатного складу й твердості ґрунту. Найхарактернішою особливістю риючої діяльності сліпаків є збільшення частки агрономічно цінних агрегатних фракцій розміром 1–7 мм. Результативним виявилося сполучення геостатистичного підходу для опису характеру педотурбаційної активності сліпаків у географічному просторі й опису властивостей ґрунту як середовища існування, целюлозолітичної активності як індикатора функціональності мікробоценозу, оцінки трофічної активності педобіонтів, характеристики структури мезофауни й проективного покриття рослинності – для відображення явища фодересфери в екологічному просторі.

Ключові слова: педотурбаційна активність, ґрунтові тварини, факторний аналіз екологічної ніші, геостатистика, бейт-ламіна тест, агрегатний склад, екологічні властивості, целюлозолітична активність, екологічний простір.

Zhukov A. V., Kunach O. N., Konovalova T. M. **Foderespera of the mole rats (*Spalax microphthalmus*).** – On the steppe sites of the Dnipropetrovsk region of the Ukraine the distribution of the mole rats *Spalax microphthalmus* mounds, mound volume, penetration resistance, soil aggregate composition, electrical conductivity, celluloselytic activity, soil animal community structure, baite-lamina test and plant cover level have been mapped. By means of the ecological niche factor analysis it has been found that pedoturbation activity led to decrease of the plant cover level (marginality coefficient m = –0,12), increase of the celluloselytic activity (m = 0,21) and changes of the aggregate composition and soil penetration resistance have been detected. The increase of the proportion of the agronomy valuable fraction with dimention 1–7 mm is most important affect of the digging activity of the mole rats. The combination of the geostatistic approach to describe of the properties of the mole rats pedoturbation activity in the geographic space and description of the soil as the living space, celluloselytic activity as indicator of the microbial functionality, estimation of the pedobiont trophic activity, the mesofauna structure and plant cover level is very useful to reflect foderespera phenomenon in the ecological space.

Key words: pedoturbation activity, soil animals, ecological niche factor analysis, geostatistic, bait-lamina test, aggregate composition, ecological properties, celluloselytic, ecological space.

УДК 595.42-19(477.85)

© Р. В. Илика

ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ (ACARIFORMES, ORIBATEI) ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ

Черновицкий областной институт последипломного педагогического образования
58000, г. Черновцы, ул. Ивана Франка, 20; e-mail: ilika_ruslan@rambler.ru

Илика Р. В. **Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) природных и антропогенных экосистем Черновицкой области. –** Объектом исследований стали почвообитающие панцирные клещи парков, окр. г. Черновцы, заповедных объектов регионального ландшафтного парка «Черновицкий». Установлено видовое богатство, численность, морфо-экологическая принадлежность, степень доминирования орибатид на территориях с разным режимом заповедания.

Ключевые слова: орибатиды, доминирование, растительные ассоциации, морфо-экологический тип, микроартроподы, антропогенное воздействие.

Введение

Панцирные клещи – одна из наиболее многочисленных групп клещей. К настоящему времени описано более 7000 видов современной фауны. Выступая активными деструкторами органических веществ грунта, орибатиды принимают активное участие в почвообразовательных процессах. Как промежуточные хозяева ленточных червей семейства Anoplocephalidae, распространители возбудителей бактериальных и грибковых заболеваний, почвенных простейших и нематод, распространители бактерий – туберкулеза крупного рогатого скота панцирные клещи являются важным объектом диагностики болезней животных в сельском хозяйстве. В условиях увеличения загрязнения окружающей среды панцирные клещи используются для биоиндикации антропогенного воздействия [4].

Анализ литературных источников свидетельствует, что почвообитающие панцирные клещи Черновицкой области исследованы недостаточно: большая часть работ носит фрагментарный характер, изучение орибатид проводилось спорадически [9].

Цель исследования – анализ структуры сообществ панцирных клещей природных и антропогенных экосистем Черновицкой области.

Задачи работы: изучить видовое богатство, численность, структуру доминирования панцирных клещей; установить показатели видового сходства и соотношение морфо-экологических групп; сравнить структуру населения панцирных клещей на территориях с разным режимом заповедания; установить степень воздействия охранного режима на население панцирных клещей.

Исследованиями охвачена территория парков и окрестностей г. Черновцы, а также заповедных объектов (Регионального ландшафтного парка «Черновицкий»), в пределах Герцаевского, Дерелуйского и Черновицкого районов Прут-Сиретской физико-географической области [7]. Отбор проб осуществлялся в следующих биотопах: ландшафтный заказник «Цецино» (I), государственный лесной заказник «Джерело» (II), Ревнянское лесничество, кв.12 (III), участок лугово-степной растительности в окр. с. Спаская (IV), дачный массив «Роща-Стынка» (V), участок лугово-степной растительности в окр. с. Луковцы (VI), парк-памятник садово-паркового творчества «Гарячий урбан» (VII), дендрологический парк «Черновицкий» (VIII), парк «Жовтневий» (IX), парк им. Федьковича (X).

Материал и методы исследования

Материалом для данного исследования послужили сборы количественных и качественных проб почвы и подстилки, проведенные на протяжении 2003-2004 гг.

Сбор почвенных проб, экстракция клещей, камеральная обработка материала проводились согласно общепринятым методикам [2]. Отбор проб (биоценометр объемом 250 $см^3$), экстракция клещей (термоэклектор – Берлезе-Тульгрена), изготовление постоянных микроскопических препаратов (фиксатор – жидкость Фора-Берлезе). Идентификация клещей

проводилась по «Определителю обитающих в почве клещей. Sarcoptiformes» [3]. Материалы этикетировались (дата, место сбора пробы, биотоп, номер пробы, фамилия сборщика).

Для сравнения количественных характеристик применялся индекс доминирования по шкале Тишлера [8, 10], где: E – эудоминант (>10%), D – доминант (>5%), SD – субдоминант (>2%), R – рецедент (>1%), SR – субрецедент (<1%).

Для определения видового сходства и сравнения видового богатства орибатид использовался коэффициент Жаккара [1].

Геоботаническое районирование исследуемой территории приведено по работе Ю. Р. Шеляг-Сосонко и др. [6], почвенное районирование Черновицкой области – по С. М. Польчиной [5].

Собранный материал хранится в фондах Зоологического музея Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича.

Результаты и обсуждение

Отбор проб осуществлялся в следующих растительных ассоциациях: Fagetum (sylvaticae) galiosum (odorati), Fagetum (sylvaticae) hederosum (helicis), Carpinetum (betuli) galiosum (odorati), Carpineto (betuli)-Quercetum (roboris) vincosum (minoris), Carpineto (betuli)-Fagetum (sylvaticae) caricosum (sylvaticae), Fraxineto (excelsior)-Carpineto (betuli)-Fagetum (sylvaticae) caricosum (sylvaticae), Festucetum (pratensis) arrhenatherosum (elati), Deshampsieta cespitosae. Растительность парков г. Черновцы представлена типичными видами, которые используются в озеленении городских ландшафтов: *Acer platanoides* L., 1753, *Acer pseudoplatanus* L., 1753, *Tilia cordata* Mill., 1759, *Fraxinus excelsior* L., 1753, *Carpinus betulus* L., 1753, *Robinia pseudoacacia* L., 1753, *Aesculus hippocastanum* L., 1753, *Svida sanguinea* L., 1753. Указанная растительность произрастает на серых лесных, темно-серых лесных, светло-серых лесных, буровато-подзолистых, дерновых и дерново-карбонатных почвах.

Всего было экстрагировано 1656 экз. половозрелых панцирных клещей, относящихся к 18 надсемействам: Hypochthonoidea – 122 экз., Perlohmannoidea – 17, Nothroidea – 120, Hermannielloidea – 2, Belboidea – 38, Hermannoidea – 1, Oppioidea – 449, Carabodoidea – 19, Zetorchestoidea – 27, Liacaroidea – 47, Eremuloidea – 44, Pelopoidea – 7, Oribatuloidea – 125, Ceratozetoidea – 495, Oribatelloidea – 89, Galumnoidea – 38, Phthiracaroidea – 9, Euphthiracaroidea – 7 экз.

Для 632 особей установлена видовая принадлежность. На исследуемой территории зарегистрирован 51 вид панцирных клещей, которые относятся к 35 родам, 28 семействам и 16 надсемействам. Из них 21 вид отмечен впервые на территории Черновицкой области (табл. 1).

Среди идентифицированных орибатид виды с палеарктическим и голарктическим распространением составляют 40 и 23% соответственно, с европейским – 25%, остальные в равной мере космополиты и виды с европейско-сибирским ареалом.

Панцирные клещи наших сборов представлены следующими морфо-экологическими типами: гипохтоноидный, оппиоидный, ломаниоидный, нотроидный, карабодоидный, дамеоидный, зеторхестоидный, галюмноидный, тектоцефоидный, орибатулоидный и пункторибатоидный. Более половины всех видов (54%) орибатид представлены оппиоидным и галюмноидным типами.

Для территории заказника и парковых зон города коэффициент фаунистического сходства Жаккара составил 9%.

Наиболее многочисленные виды: *Hypochthonius rufulus rufulus* C. L. Koch, 1836, *Oribatula tibialis* Nicolet, 1855, *Punctoribates punctum* C. L. Koch, 1839, *Minunthozetes pseudofusiger* Schweizer, 1922. Редко встречаемые виды: *Sellnickochthonius rostratus* Jacot, 1936, *Suctobelbella hammeri* Krivolutsky, 1965, *Suctobelbella subtrigona* Oudemans, 1916.

Таблица 1

Видовой состав, индекс доминирования (%) и распределение орибатид в заповедных объектах РЛП «Черновицкий» и парках г. Черновцы

Вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Hypochthonius rufulus rufulus C.L.Koch, 1836	3,1	-	1,5	-	38,4	-	16,3	22,2	5,6	-
H. rufulus ssp.europaeus Krivolutsky, 1965	0,5	-	-	-	-	-	1,8	-	-	-
H. luteus luteus Oudemans, 1917	7,2	-	1,5	1,4	7,6	-	1,8	-	6,6	-
Hypochthoniella minutissima Berlese, 1904	12,5	-	4,5	11,2	-	-	14,5	-	-	-
Sellnickochthonius rostratus Jacot, 1936*	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perlohmannia coiffaiti Grandjean, 1961*	-	-	-	-	15,3	-	-	-	-	-
Nothrus borussicus Sellnick, 1929	-	1,6	-	-	-	-	-	5,5	-	23,0
Platynothrus peltifer C. L. Koch, 1839	-	-	-	-	-	-	1,8	-	-	-
P. grandjeani Sitnikova, 1975*	-	-	-	-	-	-	-	-	36,7	-
Hermannia gibba C. L. Koch, 1839*	-	-	-	-	7,6	-	-	-	-	-
Hermanniella dolosa Grandjean, 1931	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
Metabelba pulverulenta C. L. Koch, 1836*	2,0	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-
Fosseremeus laciniatus Berlese, 1905	5,7	-	-	-	3,8	-	10,9	-	-	-
Damaeolus asperatus Berlese, 1904	0,5	-	-	-	-	-	18,1	-	-	-
Zetorchestes micronychus Berlese, 1883	0,5	6,5	7,5	-	-	-	5,4	-	-	-
Gustavia microcephala Nicolet, 1855	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratoppia bipilis Hermann, 1804	-	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-
C. quadridentata Haller, 1882*	0,5	-	7,5	-	-	-	5,4	-	-	-
Xenillus tegeocranus Hermann, 1804	-	3,2	-	-	3,8	33,3	-	-	-	-
Liacarus coracinus C. L. Koch, 1840	-	1,6	-	5,6	-	-	-	-	-	-
L. xylariae Schrank, 1803*	-	3,2	1,5	-	-	-	-	-	-	-
L. lencoranicus Krivolutsky, 1967	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-
Cultroribula bicultrata Berlese, 1905	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tectocepheus velatus Michael, 1880	-	4,9	1,5	-	15,3	16,6	5,4	-	-	-
Multioppia glabra Mihelcic, 1955	0,5	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-
Quadroppia quadricarinata Michael, 1885	1,0	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-
Oppiella nova Oudemans, 1902	15,1	-	-	1,4	-	-	-	-	18,8	-
O. rossica Bulanova-Zachvatkina, 1964*	2,6	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-
Oppia bicarinata Paoli, 1908	2,6	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-
O. minus Paoli, 1908*	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O. minutissima Sellnick, 1950*	1,0	-	-	-	-	-	1,8	-	-	-
Oribella paoli Oudemans, 1913*	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suctobelbella hammeri Krivolutsky, 1966*	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. tuberculata Strenzke, 1950*	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. subtrigona Oudemans, 1900	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oribatula tibialis Nicolet, 1855	6,2	21,3	33,3	-	-	-	-	5,5	-	69,2
Protoribates variabilis Rajski, 1958*	-	1,6	-	19,7	-	16,6	-	-	-	-
P. pannonicus Willmann, 1951*	-	-	-	2,8	-	-	-	-	-	-
Minunthozetes semirufus C. L. Koch, 1841*	-	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-
M. pseudofusiger Schweizer, 1922*	5,2	18,0	1,5	19,7	3,8	-	-	-	-	-
M. tarmani Feider, V. et M. Calugar, 1971	1,0	-	-	25,3	-	-	-	-	-	-
Punctoribates zachvatkini Shaldybina, 1969*	-	-	-	-	-	-	-	61,1	1,8	-
P. punctum C.L.Koch, 1839	-	9,8	4,5	-	-	33,3	3,6	-	30,1	3,8
Chamobates voigtsi Oudemans, 1902*	8,3	4,9	31,8	-	-	-	1,8	-	-	-
Ceratozetes minutissimus Willmann, 1951	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Eupelops acromios Hermann, 1804	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Peloptulus phaenotus C. L. Koch, 1844*	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Achipteria coleoptrata Linnaeus, 1758	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-
A. nitens Nicolet, 1855	-	1,6	-	1,4	-	-	-	-	-	-
Protokalumma auranthiaca Oudemans, 1914*	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Galumna lanceata Oudemans, 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,8

Примечание. * – новые виды для фауны Черновицкой области; I-X – нумерация биотопов: I – ландшафтный заказник «Цецино», II – государственный лесной заказник «Джерело», III – Ревнянское лесничество, кв. 12, IV – участок лугово-степной растительности в окр. с. Спаская, V – дачный массив «Роща-Стынка», VI – участок лугово-степной растительности в окр. с. Луковцы, VII – парк-памятник садово-паркового творчества «Гарячий урбан», VIII – дендрологический парк «Черновицкий», IX – парк «Жовтневий», X – парк им. Федьковича.

Выводы

На исследуемой территории идентифицирован 51 вид панцирных клещей, 21 из которых впервые регистрируется в Черновицкой области. Наибольшее количество видов отмечено для ландшафтного заказника «Цецино» – 29. В парках города количество видов варьирует от 4 до 6. Выявленные виды относятся к 11 морфо-экологическим группам. 54% всех видов представлены оппиоидным и галюмноидным типами.

Отмечена четкая тенденция изменения численности, видового богатства, структуры доминирования комплексов почвенно-подстилочных клещей в урбанизированных ценозах, по сравнению с природными формациями, характеризующимися высокой численностью и широким видовым спектром панцирных клещей.

На территории исследуемого региона орибатиды как важнейшая группа почвенных микроартропод требуют детального и углубленного изучения в биологическом, экологическом и прикладном аспекте с учетом новых методологических и теоретических подходов.

Благодарности

Автор статьи выражает искреннюю благодарность за помощь и консультации к.б.н. В. В. Меламуду (Государственный природоведческий музей НАН Украины) и к.б.н. А. И. Токарюк (Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича).

Список литературы

1. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны / Б. Клауснитцер. – М.: Мир, 1990. – 246 с.
2. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
3. Определитель обитающих в почве клещей. Sarcoptiformes / [Буланова-Захваткина Е. М., Вайнштейн Б. А., Волгин В. И. и др.] / Под ред. М. С. Гилярова. – М.: Наука, 1975. – 491 с.
4. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы исследования, характеристика модельного вида *Notrus palustris* C.L. Koch, 1839 / [Д. А. Криволуцкий, Ф. Лебрен, М. Кунст и др.]. – М.: Наука, 1995. – 224 с.
5. *Польчина С. М.* Грунти Чернівецької області: Навч. посібник / С. М. Польчина. – Чернівці: Рута, 2005. – 80 с.
6. Продромус растительности Украины / [Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дидух Я. П., Добыча Д. В. и др.] / Отв. ред. К. А. Малиновский. – К.: Наук. думка, 1991. – 272 с.
7. Физико-географическое районирование Украинской ССР. – К.: Изд-во Киевского ун-та, 1968. – 683 с.
8. *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.
9. *Ярошенко Н. Н.* Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) природных экосистем Украины / Н. Н. Ярошенко. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.
10. *Engelmann H.-D.* Zur Dominanzklassifizierung von Bodenartropoden / H.-D. Engelmann // Pedobiologia. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378–380.

Иліка Р. В. **Панцирні кліщі (Acariformes, Oribatei) природних і антропогенних екосистем Чернівецької області. –** Об’єктом дослідження стали ґрунтові панцирні кліщі парків, околиць м. Чернівці, заповідних об’єктів регіонального ландшафтного парку «Чернівецький». Встановлено видове багатство, чисельність, морфо-екологічну приналежність, ступінь домінування орибатид на територіях із різним режимом охорони.

Ключові слова: орибатиди, домінування, рослинні асоціації, морфо-екологічний тип, мікроартроподи, антропогенній вплив.

Ilika R. V. **Oribatid mites (Acariformes, Oribatei) of natural and anthropogenic ecosystems in Chernivtsi region. –** The object of the research is steel tubular clamp parks in Chernivtsi and in regional landscape park «Chernivtsi». It is established species richness, abundance, morphological and ecological identity, the degree of dominance of oribatids in different areas of reservation.

Key words: oribatid mites, domination, vegetable associations, morpho-ecological type, microartropods, human impact.

УДК 592 : 502.521 : 591.5

© Ю. Л. Кульбачко, О. О. Дідур, І. М. Лоза

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФАУНИ ҐРУНТОВИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ В АНТРОПОТЕХНОГЕННИХ УМОВАХ КРИВОРІЖЖЯ

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара
49010, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72; e-mail: didur@ua.fm

Кульбачко Ю. Л., Дідур О. О., Лоза І. М. **Особливості формування фауни ґрунтових безхребетних в антропотехногенних умовах Криворіжжя.** – Вивчено особливості формування фауни ґрунтових безхребетних в антропотехногенних умовах Криворіжжя (Дніпропетровська обл.). Розглянуто таксономічний склад, структуру домінування, співвідношення функціональних груп ґрунтових безхребетних на території великих промислових підприємств. З'ясовано, що незначна потужність ґрунту і сильний антропотехногенний вплив зумовлює збіднення таксономічного складу, видового багатства та зменшення чисельності ґрунтових безхребетних.

Ключові слова: таксономічний склад, структура домінування, трансформація середовища, ґрунтові безхребетні.

Вступ

В Україні налічується понад 80 родовищ, з яких 70% розвіданих запасів знаходяться в Криворізькому залізорудному басейні. У Криворізькому басейні функціонує близько 90 підприємств різних галузей чорної металургії. Окрім них, у Кривому Розі розташовані чисельні хімічні підприємства.

Результатом багаторічної діяльності металургійних, хімічних та гірничодобувних підприємств національного масштабу є необоротна трансформація геологічного середовища, гідросфери [8, 9]. Відбулось комплексне забруднення ґрунтів, повітря, поверхневих та підземних вод. У такому локальному антропогенному регіоні та на новоутворених техногенних ландшафтах виникли техногенні екосистеми [4, 12, 13]. Вони мають специфічні особливості: 1) блокову, а не компонентну структуру; 2) відсутність можливості подальшого саморозвитку в зв'язку з визначальним впливом техногенного блоку; 3) основним чинником, що зумовлює їх існування, виступає людський.

В цих умовах відбувається специфічне формування фауни ґрунтових безхребетних, яке виявляється в змінах таксономічного складу, чисельності, структури домінування, співвідношенні функціональних угруповань тощо [1, 7, 10, 11].

Матеріал и методи дослідження

Об'єктом досліджень були представники ґрунтової мезофауни ділянок територій ЗАТ «Криворізький Суриковий завод» (ділянка 1 і 2) та ділянки, розташовані на території ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ділянка 3 і 4). Дослідження проведені у червні – липні 2009-2010 рр. Нижче наводимо стислий опис ділянок.

Територія ЗАТ «Криворізький Суриковий завод»

Ділянка 1. Рослинність цієї ділянки представлена пирійно-тонконоговою (*Elytrigia repens + Poa nemoralis + Poa angustifolia*) рослинною асоціацією. У складі рослинності ділянки переважають бур'янисті (рудеральні) види. У деревостані домінує маслинка вузьколиста (*Elaegnus angustifolia*), багато дерев мають сухі верхіття, відмирають. Ґрунти – техногенні акумулятивні. Провідний чинник техногенного впливу – седиментація залізо-кальційвмісного пилу, забруднення шлаками.

Ділянка 2. Травостій представлений пирійно-тонконоговою (*Elytrigia repens + Poa angustifolia*) рослинною асоціацією з переважанням бур'янистих (рудеральних) угруповань і видів, які наближаються за своєю ценоекологією до рудерантів. Деревостан дуже розріджений. Усі деревні породи пригнічені, заввишки 1 м, із сухими верховіттями, утворюють паросль. Ґрунти – техногенні мозаїчні. Провідний чинник техногенного впливу – забруднення шлаками.

Територія ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Ділянка 3 представлена тонконогово-пирійною рослинною асоціацією (*Poa angustifolia* + *Elytrigia repens*). У травостої домінують бур'янисті (рудеральні) угрупованнями та види, які наближаються за ценотичним комплексом пристосувань до рудерантів. Ґрунти – техногенні седиментаційно-акумулятивні. Провідний чинник техногенного впливу – седиментація пилу, забруднення шлаками.

Ділянка 4 представлена частково вирубаним штучним деревним насадженням. Залишки насаджень дають рясну паросль. У травостої домінують бур'янисті (рудеральні) види. Ґрунти – техногенні седиментаційно-акумулятивні.

Відбір безхребетних проводили за стандартними ґрунтово-зоологічними методиками з використанням ґрунтових прикопок.

Результати та їх обговорення

Ґрунтова мезофауна ділянок території ЗАТ «Криворізький Суриковий завод»

Ділянка 1. У штучних деревних насадженнях цієї ділянки, розташованої поблизу заводу, виявлено 17 видів представників ґрунтової мезофауни, які належать до 6 класів. Сумарна чисельність безхребетних тварин складає 95 екз./м^2. Чисельність представників окремих класів зазнає значних коливань. Найбільш висока чисельність характерна для представників молюсків – 45 екз./м^2 і комах – 22 екз./м^2. Чисельність представників дощових черв'яків в 2-4 рази менша відповідно до зазначених таксонів. Мінімальна чисельність (4 екз./м^2) відмічена для представників двопарноногих багатоніжок.

Висока чисельність мокриць, дощових черв'яків, молюсків зумовлена близьким розташуванням ґрунтових вод, які на фоні потужного техногенного впливу створюють сприятливі гідротермічні умови для їх існування.

Аналізуючи структуру домінування представників мезофауни на рівні класів, слід зазначити, що до супердомінантів можна віднести представників молюсків (47%), домінантів – комах (24%), рецедентів – багатоніжок (4%) і ракоподібних (6%).

У таксономічному відношенні серед представників мезофауни найбільш широко представлений клас комах (Insecta, 15 видів). До складу класу Insecta входять представники Elateridae, Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae, Formicidae, Silphidae, Pyrrhocoridae. Крім комах, у штучних деревних насадженнях поблизу Сурикового заводу високе видове багатство відзначено для класу Mollusca.

Показником, який відображає особливості стану екосистеми, у тому числі порушеної, є функціональна структура угруповань ґрунтових безхребетних. Склад їх функціональних груп у зоні дії Сурикового заводу представлений на рис. 1 А.

Наявність підстилки і сприятливий гідротермічний режим цієї ділянки створюють оптимальні умови для існування сапрофагів (72%).Частка представників фітофагів невелика (5%), що дозволяє зоофагам (23%) у цих умовах виконувати свою регулюючу функцію.

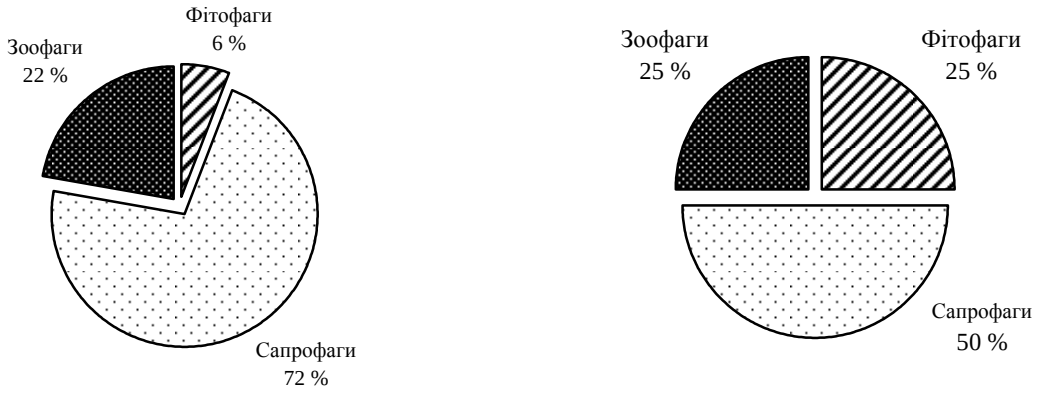
Ділянка 2 з рудеральною трав'яною рослинністю розташована на відстані 1 км від Сурикового заводу. Шар щебеню з ґрунтом потужністю лише 10-15 см на цій ділянці зумовлює несприятливі умови для розвитку штучних деревних насаджень і формування комплексів ґрунтової мезофауни. У таких умовах основним чинником, який впливає на представників мезофауни, виступає не промислове забруднення (або його відсутність), а гідротермічний фактор.

Мезофауна представлена мешканцями надґрунтового ярусу – молюсками, павуками, комахами. Їх чисельність у 2 рази менша порівняно з ділянкою 1. Водночас зі зменшенням чисельності видове багатство безхребетних тварин скорочується в 3 рази. Так, кількість видів молюсків скорочується з 4 до 1, комах – із 10 до 3.

Умови існування впливають як на таксономічний склад населення тварин, так і на структуру їх домінування. У зв'язку зі зменшенням таксонів представників безхребетних тварин цієї ділянки відсутня чітка диференціація їхньої структури домінування. До супердомінатів дослідженої території належать представники молюсків (50%), які мають

найвищу чисельність – 6 екз./м^2, комахи (34%), павуки (16% від усього населення мезофауни).

На рівні видів спостерігається найвища чисельність представників молюсків *Chondrula tridens* (6 екз./м^2), але вона в 3,2 рази нижча порівняно з чисельністю їх у штучних деревних насадженнях у зоні дії Сурикового заводу. Співвідношення представників різних функціональних груп ґрунтової мезофауни дослідженої ділянки наведено на рис. 1 Б. Незважаючи на збіднення таксономічного багатства представників сапрофагів порівняно з ділянкою 1, сапрофаги складають половину населення мезофауни. У свою чергу зоофаги і фітофаги складають відповідно по 25% ґрунтової біоти. У цих умовах зоофаги не можуть повною мірою здійснювати функцію регулятора чисельності безхребетних тварин.



А Б

Рис. 1. Співвідношення представників різних функціональних груп ґрунтової мезофауни території ЗАТ «Криворізький Суриковий завод»: А – на ділянці 1 зі штучними деревними насадженнями; Б – на ділянці 2 з рудеральною рослинністю.

Ґрунтова мезофауна ділянок території ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Ділянка 3 розташована в безпосередній близькості від джерела забруднення (територія ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»). Ґрунтова мезофауна представлена молюсками, комахами і павуками (рис. 2 А). Таксономічний склад безхребетних подібний населенню мезофауни ділянки з рудеральною трав'яною рослинністю (територія ЗАТ «Криворізький Суриковий завод», ділянка 2).

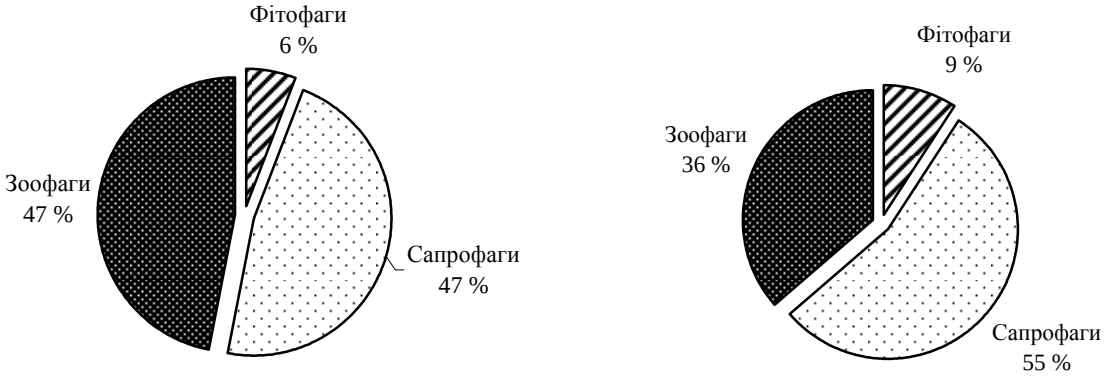
Представники мезофауни включають 6 видів тварин. Сумарна середня чисельність цих тварин на даній ділянці складає 17 екз./м^2. Зниження таксономічного різноманіття та видового багатства представників мезофауни цієї ділянки зумовлене відсутністю підстилки і наявністю великої кількості промислового пилу в ґрунті. Населення мезофауни цієї ділянки представлене власне наґрунтовими тваринами. На даній ділянці спостерігається зміна співвідношення представників різних трофічних груп (див. рис. 2 А).

Частка сапрофагів серед інших трофічних груп складає 47%. Вони представлені лише одним таксоном. На відміну від ділянки 2 з рудеральною рослинністю (територія ЗАТ «Криворізький Суриковий завод»), частка зоофагів дослідженої ділянки підвищується в 1,6 рази, а фітофагів знижується в 4,1 рази.

Ділянка 4 з частково вирубаними штучними деревними насадженнями. Мезофауна цієї ділянки представлена дощовими черв'яками, черевоногими молюсками, губоногими багатоніжками, комахами.

Середня сумарна чисельність представників мезофауни складає 22 екз./м^2. Видове багатство ділянки нараховує 9 видів ґрунтових безхребетних. Чисельність представників мезофауни варіює від 2 до 4 екз./м^2. З'являються представники Lumricidae, які були відсутні на ділянці 3 ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і на ділянці 2 Сурикового заводу.

Представники дощових черв'яків (Lumricidae) і губоногих багатоніжок (Lithobiidae) складають по 18% від населення ґрунтової мезофауни, молюсків – 36%, комах – 25%. Комахи представлені Carabidae, Formicidae, Silphidae. До домінантних груп представників ґрунтової мезофауни на всіх чотирьох ділянках можна віднести молюсків і комах, до субдомінантів – дощових черв'яків і багатоніжок. Сапрофаги складають більше половини видів безхребетних тварин (рис. 2 Б). Представники зоофагів складають 36%, фітофаги – 9% від усієї кількості видів ґрунтової біоти.



А Б

Рис. 2. Співвідношення представників різних функціональних груп ґрунтової мезофауни території ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» на ділянці зі штучними деревними насадженнями: А – ділянка 3, Б – ділянка 4.

Висновки

Унаслідок дії техногенезу на території Криворіжжя відбуваються корінні зміни природних ландшафтів. На новостворених ландшафтах місце природних ґрунтів посідають техногенно-модифіковані породні субстрати, які виконують функції ґрунту. Такі субстрати і ґрунти характеризуються малим вмістом гумусу й елементів живлення, різким зменшенням родючості, збільшеною кількістю промислових токсичних речовин тощо. Трансформація ґрунтового покриву територій з інтенсивним техногенним впливом відображається на всіх компонентах біогеоценозів.

Такі найкрупніші підприємства гірничо-металургійного комплексу, як ЗАТ «Криворізький Суриковий завод» і ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» призводять до формування різних техногенних ландшафтів, які безпосередньо впливають на специфіку розвитку біоти. З'ясовано, що незначна потужність ґрунту як середовища існування тварин зумовлює збіднення таксономічного складу, видового багатства та зменшення чисельності ґрунтових безхребетних.

Різні за складом промислові викиди металургійних підприємств призводять до змін гранулометричного складу ґрунту, що певним чином відображається на стані ґрунтової мезофауни. Чисельність комах, молюсків і павуків зменшується на ділянці 3, (провідний чинник техногенного впливу – седиментація пилу та забруднення шлаками) порівняно з ділянкою 1 (провідний чинник техногенного впливу – забруднення суриком – щільним матеріалом). В умовах Криворіжжя на досліджених ділянках сапрофаги відіграють провідну роль у формуванні функціональних угруповань представників ґрунтової мезофауни. Найбільш адаптованою групою безхребетних тварин в умовах антропотехногенного навантаження Криворізького регіону є черевоногі молюски, що знаходить своє відображення в їхній присутності та високій чисельності на всіх досліджених ділянках.

Одержані результати можуть бути використані при проведенні зооекологічних моніторингових досліджень антропотехногенно порушених територій.

Список літератури

1. *Воробейчик Е. Л.* Население дождевых червей (Lumbricidae) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильного комбината / Е. Л. Воробейчик // Экология. – 1998. – № 2. – С. 102–108.

2. *Гандзюра В. П.* Индикация экологических эффектов по структуре сообществ / В. П. Гандзюра // Вестн. Днепропетр. ун-та. Сер. Биол. Экол. – Днепропетровск: ДГУ, 1993. – Вып. 1. – С. 32–33.

3. *Добровольский В. В.* Основы биогеохимии / В. В. Добровольский. – М.: ИЦ «Академия», 2003. – 397 с.

4. *Зубов А. Р.* Применение ГИС-технологий для оценки последствий воздействия угольных шахт на окружающую среду / А. Р. Зубов, Л. Г. Зубова, С. Г. Воробьев // Географічні інформаційні системи в аграрних університетах (GISAU): Матер. II Міжнар. наук.-метод. конф. (м. Херсон, 21–22 травня 2007 р.). – Херсон, 2007. – С. 19–23.

5. *Зубова Л. Г.* Терриконы, их утилизация и рекультивация / Л. Г. Зубова. – Луганск: Вид-цтво СНУ ім. В. Даля, 2008. – 79 с.

6. *Красавин А. П.* Защита окружающей среды в угольной промышленности / А. П. Красавин. – М.: Недра, 1991. – 219 с.

7. *Криволуцкий Д. А.* Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Криволуцкий. – М.: Наука, 1994. – 240 с.

8. *Леонов П. А.* Породные отвалы угольных шахт / П. А. Леонов, Б. А. Сурначев. – М.: Недра, 1970. – 110 с.

9. *Малахов І. М.* Проблема незворотності трансформації навколишнього середовища Кривбасу / І. М. Малахов // Проблеми екології та екологічної освіти: Матер. II Міжнар. наук.-практ. конф. – Кривий Ріг, 2003. – С. 10–18.

10. *Миркина Т. Ю.* Оптимизация пространственной и возрастной структуры искусственных популяций насекомых в условиях техногенеза / Т. Ю. Миркина, Л. А. Бачинская, О. В. Калинина // Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экросистемах: II Междунар. науч. конф. – Днепропетровск: ДНУ, 2003. – С. 133.

11. *Сметана О. М.* Структура наземної мезофауни Кривбасу / О. М. Сметана, М. Г. Сметана. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 226 с.

12. *Сметана О. М.* Біогеоценотичний покрив ландшафтно-техногенних систем Кривбасу / О. М. Сметана, В. В. Перерва. – Кривий Ріг, 2007. – 247 с.

13. *Травлеев А. П.* Деструктивные экологические сети и перспективы их оптимизации / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2000. – С. 5–17.

Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Лоза И. М. **Особенности формирования фауны почвенных беспозвоночных в антропотехногенных условиях Криворожья.** – Изучались особенности формирования фауны почвенных беспозвоночных животных в антропотехногенных условиях Криворожья (Днепропетровская обл.). Изучен таксономический состав, структура доминирования, соотношение функциональных групп почвенных беспозвоночных на территории крупных промышленных предприятий. Установлено, что незначительная мощность почвы и сильное антропотехногенное влияние обусловливают обеднение таксономического состава, видового богатства и уменьшение численности почвенных беспозвоночных.

Ключевые слова: таксономический состав, структура доминирования, трансформация окружающей среды, почвенные беспозвоночные.

Kulbachko Yu. L., Didur O. A., Loza I. M. **Features of forming an invertebrate fauna in technogen environment (Kriviy Rig).** – The features of invertebrate fauna forming in conditions of technogen pressure (Kriviy Rig) were studied. The taxonomic composition, dominance structure and correlation of soil invertebrates' functional groups in the large industrial enterprises were examined. It had been found that a small thickness of the soil layer as a habitat for ground animals causes the depletion of taxonomic composition, species richness and decrease the total number of soil invertebrates.

Key words: taxonomic composition, dominance structure, environment transformation, soil invertebrates.

УДК 595. 42 (477. 62)

© Е. Н. Маслодудова[1], Е. Н. Макарова[3], Т. Л. Бурым[2], Е. В. Семенова[1]

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ *DEMODEX FOLLICULORUM* И ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЕ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ МАКЕЕВКА И ДОНЕЦК

[1]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eco99@i.ua
[2]Донецкая областная санитарно-эпидемиологическая станция; 83015, г. Донецк, ул. Любавина, 3; e-mail: donoblses@ukr.net
[3] Клинико-диагностическая лаборатория областного кожно-венерологического диспансера; г. Донецк, ул. Калинина, 107-б

Маслодудова Е. Н., Макарова Е. Н., Бурым Т. Л., Семенова Е. В. **Особенности биологии *Demodex folliculorum* и его распространение среди населения городов Макеевка и Донецк.** – Рассмотрена ситуация по распространению демодекоза среди населения городов Макеевка и Донецк. Описаны особенности морфологии и биологии возбудителя. Приведены статистические данные за 2006-2009 гг. по зараженности демодекозом за период 2006-2009 гг. У обследованных в клинико-диагностических лабораториях кожно-венерологических диспансерах выявлено в г. Макеевка – 1647 случаев заражения демодекозом и в г. Донецке – 2212. Уровень распространения заболевания обусловлен ослаблением иммунной системы организма и рядом эндогенных и экзогенных факторов. Выясняются причины распространения демодекоза и предлагается комплекс оздоровительных и профилактических мероприятий.

Ключевые слова: подкожный клещ, фолликул, роговой слой эпидермиса, угревая болезнь, диагностика.

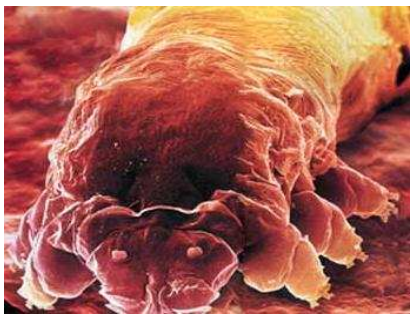
Введение

В последнее время те, кто в поисках избавления от жирной себореи, угревой болезни, дерматозов, обращается к косметологам или дерматологам, нередко получают направления на анализ соскоба кожи на предмет обнаружения *Demodex folliculorum* (Simon, 1942), или просто – «клеща» (рис. 1: 3). Почти во всех случаях анализы действительно показывают наличие в коже клеща демодекса. Соответственно, врачи бойко ставят диагноз «демодекоз» чуть ли не всем, кто приходит с какой-либо сыпью на лице, и назначают антипаразитарное лечение. Увы, как правило, проведенное лечение не приводит к улучшению состояния кожи, а в ряде случаев вызывают его ухудшение. В чем же дело? Что это за странный клещ демодекс, откуда он берется в коже, и каким образом от него избавиться?

Демодекс открыт в 1846 г. Bergtrin, впервые описан G. Simon в 1842 г. (рис. 1: 1) Существует два подвида демодекса, каждый из которых характеризуется своими морфологическими особенностями (рис. 1: 9) и местами паразитирования (рис. 1: 8): *D. folliculorum*, обитает в волосяных фолликулах, а *D. brevis* – в сальных железах, мейбомиевых железах и железах Цейха [1, 5]. Однако в основном они у человека обнаруживаются на коже носа, лба, век, подбородка, носогубных складок, щек, значительно реже – в наружном слуховом проходе, на коже груди и спины [2, 3, 4, 12]. Жизненный цикл развития клещей длится 15 дней и включает 5 последующих фаз: яйцо, личинка, нимфа и половозрелая особь – имаго, половой диморфизм появляется на стадии имаго в ларвальной стадии (рис. 1: 11).

Клещи наиболее активны в темноте. При температуре ниже +14°С клещи переходят в состояние оцепенения. При температуре +30-40°С они проявляют максимальную активность.

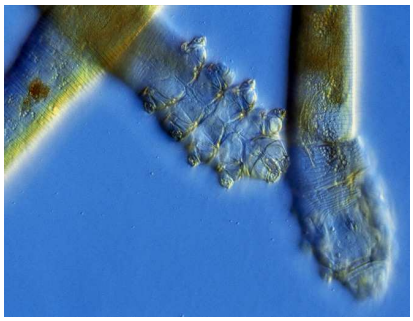
Демодекоз – это заболевание, которое вызывает клещ демодекс (железница). Обнаруживается в содержимом сальных желез, волосяных луковицах [6, 7]. Это бесцветное, покрытое щетинками существо, с телом 0,15-0,48 мм. Головой клещ обращен в сторону дна железы и питается ее содержимым (рис. 1: 7). Демодекс питается секретом сальных желез, на 60% состоящим из ненасыщенных жирных кислот, и цитоплазмой эпителиальных клеток. При его интенсивном размножении вызывается атрофия и нарушение функций кожи [8]. Кожа воспаляется, становится бугристой, приобретает грязновато-серый оттенок, также появляется сыпь, прыщики, угри, язвочки. Беспокоит ощущение ползания, зуда в очагах поражения.



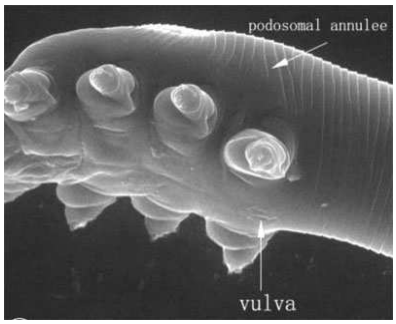
1

2

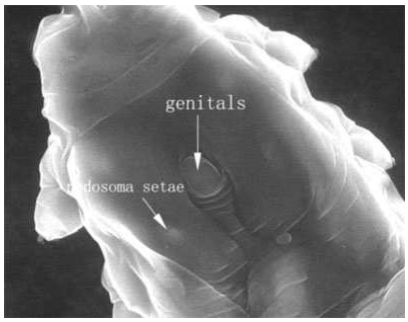
3



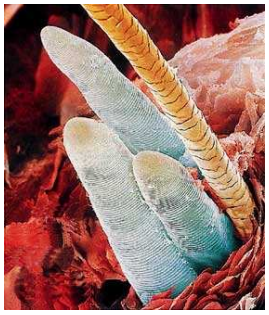
4



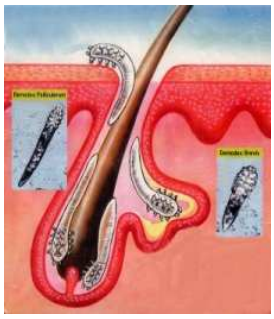
5



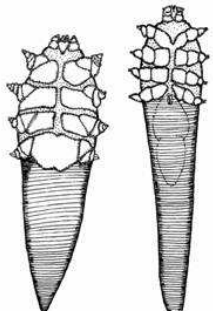
6



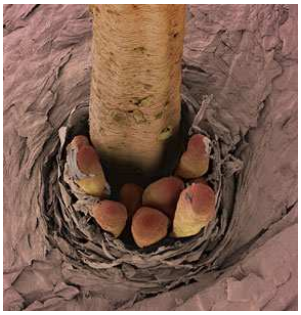
7



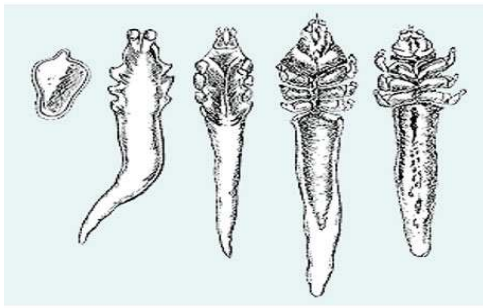
8



9



10



11

12

13

Рис. 1. Демодекс, строение, биология развития и локализация: 1. Демодекс – клещ, который живет на коже [25]; 2 – соскоб с кожи зараженной демодексом [26]; 3, 4 – *Demodex folliculorum* [27, 28]; 5, 6 – самка и самец демодекса [29]; 7 – локализация клещей в волосяной луковице [30]; 8 – место обитания клещей двух видов: *Demodex folliculorum* – в волосяном фолликуле, *Demodex brevis* – в сальной железе [31]; 9 – два основных вида подкожных клещей: *Demodex brevis* и *Demodex folliculorum* [32]; 10 – откладка яиц самкой подкожного клеща [33]; 11 – стадии развития клеща демодекса: яйцо, личинка, протонимфа, дейтонимфа, взрослые клещи [34]; 12 – клещ рода Демодекс (*Demodex canis*) [35]; 13 – Демодекс под микроскопом (×400).

Главное условие для жизнедеятельности клеща – полноценная продукция кожного сала, а еще лучше – избыточная. Наличие 2-3 экземпляров демодекса в железе обычно никак не отражается на состоянии кожи. В большом же количестве (до 10-20 штук и более) их находят только в гипертрофированных железах, часто у лиц с жирной кожей [9].

Дерматозы, поражающие кожу лица, вызывают тяжелые заболевания и невротические расстройства у больных. Обезображивая внешний вид, дерматозы вызывают снижение трудоспособности, затруднения при выборе работы, конфликты в семье, провоцируют психические стрессы, приводя к социальной дезадаптации пациентов.

К дерматозам этой локализации относится демодекоз – хроническое паразитарное заболевание кожи лица, характеризующееся рецидивирующим течением и трудно поддающееся терапии. В соскобах с пораженных участков кожи обнаруживаются клещи *Demodex folliculorum* и *Demodex brevis*, которые играют ведущую роль в развитии этого заболевания, а также других дерматозов – вульгарных угрей, розацеа, периорального дерматита [10]. Это условно-патогенные паразиты, обитающие в волосяных и сальных железах кожи человека. Пораженность ими взрослого населения составляет, по данным авторов, от 50 до 80% [1, 14].

Глазной демодекоз может протекать как изолированно, так и в сочетании с демодекозом кожи лица и других участков тела, проявляющимися в виде эритемы, телеангиоэктозий, мелких папул и пустул, крупнопластинчатого шелушения.

Клещ может находиться в равновесии с организмом хозяина до 25-40 лет. Постепенно происходит сенсибилизация организма к продуктам жизнедеятельности и распада клещей. Развитие воспаления при демодекозе относят к гиперсенсибилизации 4 типа, которая также предрасполагает к аллергическим реакциям на другие антигены, особенно бактериальные. Под влиянием экзо- и эндогенных факторов симбиоз нарушается, и возникают клинические проявления демодекоза в виде различных форм воспаления кожи и глаз [23, 24].

К экзогенным факторам относятся теплое время года, воздействие высоких температур, инсоляции, вызывающие условное салоотделение; загрязнение окружающей среды; неблагоприятные бытовые и профессиональные условия; к эндогенным – нарушения нервных, сосудистых, эндокринных и обменных процессов, имеют значения также некорригированная аметропия (особенно в детском возрасте), заболевания желудочно-кишечного тракта и печени, сахарный диабет, очаги фокальной инфекции, снижение иммунитета. В этой ситуации демодекс и продукты его жизнедеятельности представляют собой химические, механические раздражители, способствующие развитию и поддержанию патологического процесса. Кроме того, нарушается симбиоз с бактериями и микрофлорой, что также является пусковым фактором для развития заболевания.

По данным ЦНИКВИ, носительство паразита обнаружено у 89% здоровых людей. Однако они не подозревают о существовании подкожного клеща [2]. Поскольку демодекоз относится к числу паразитарных болезней, проблема профилактики, выявления заболевания и предупреждение кожных заболеваний представляет собой одну из наиболее актуальных задач здравоохранения.

Возрастающий интерес к причинам возникновения дерматитов, угревых заболеваний, вульгарных прыщей, подростковых высыпаний обуславливает актуальность для более подробного изучения демодекса.

В связи с тем, что на уровень возникновения заболеваний существенное влияние оказывают социально-экономические факторы; особенности питания; информированность населения о заболеваниях, передающихся контактным путем; состояние иммунной системы и т.д., актуальным является изучение выявления демодекоза городов Донецка и Макеевки.

Материал и методы исследования

Анализ на демодекс основан на обнаружении клещей и яиц в соскобе с пораженной кожи или в секрете сально-волосяных фолликулов, удаленных волосах и ресницах [23].

Перед анализом нельзя умываться и использовать косметику, лечебные мази и мыло в течение 10 дней, иначе вероятность отрицательного анализа при наличии заболевания резко возрастает.

Анализ представляет диагностику в лабораторных условиях. Соскоб производят металлическим скальпелем или глазной ложечкой с пораженных участков кожи. Материал для исследования можно получить также при выдавливании содержимого фолликула. Исследуемый материал наносят на предметное стекло в каплю 10%-го раствора щелочи NaOH или KOH, закрывают покровным стеклом и просматривают в течение 5-10 минут после забора материала (время обнаружения ограничено, поскольку железистый клещ очень быстро растворяется в щелочи) под микроскопом (х100). Результат лабораторного исследования считается положительным при обнаружении в препарате наличие яиц, личинок, опустевших яйцевых оболочек. В случае обнаружения только оболочек необходим повторный анализ [20].

При анализе определения демодекса обнаруживают клещей 2-х видов: «длинный» или «короткий» (рис. 1: 2, 13). «Длинный» демодекс (*Demodex folliculorum* longus) – клещ с длинным, вытянутым червеобразным телом. Размер варьирует от 0,272 до 0,480 мм. Обитает внутри волосяных фолликулов. «Короткий» демодекс (*Demodex folliculorum* brevis) – клещ с длиной тела у самцов 0,144 мм, самок – 0,160-0,176 мм. Обитает в сальных железах.

В работе использованы разработанные методы:

1) прямое микроскопирование поверхности кожи и слизистых оболочек с помощью приспособленных, увеличивающих не менее чем в 50 раз устройств;

2) втирание быстро проникающих в поры кожи антипаразитных средств, вызывающих гибель демодексов в месте их обитания и тем самым высвобождение аллергенных компонентов, на которых развивается местная аллергическая реакция в виде отека соединительно-тканной капсулы, что ведет к появлению видимой папулы – демодекозного очага. Кроме того, были применены общеизвестные методы соскоба (3) и эпиляции волос (4).

Чаще всего заболевание обнаруживается у женщин, т. к. женщины гораздо чаще, чем мужчины, обследуются по поводу демодекса и относятся с большим вниманием к своей внешности и здоровью. Тем не менее клещ-паразит выбирает себе хозяина не по полу, а лиц с определенным составом пота, тонкой чувствительной кожей и ослабленным иммунитетом.

Результаты и их обсуждение

С целью изучения особенностей эпидемиологии демодекса в городах Донецка и Макеевки проведено исследование зараженности населения клещом-железницей.

Согласно проанализированным данным санитарно-эпидемиологических служб за период 2006-2009 гг. в клинико-диагностической лаборатории областного кожно-венерологического диспансера г. Донецка было обследовано 3809 человек; наличие демодекса выявлено у 2212 человек (58%) (табл. 1, рис. 2). По данным городского кожно-венерологического диспансера г. Макеевки, было обследовано 5952 человек; наличие демодекса выявлено у 1647 человек (28%) (табл. 2, рис. 3).

Таблица 1

Заболеваемость демодекозом среди обследованного населения г. Донецка за период 2006-2009 гг. (по данным клинико-диагностической лаборатории областного кожно-венерологического диспансера)

Наименование	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Количество обследованных	803	1028	1045	933
Выявлено наличие демодекса	550	594	665	503
% соотношение выявленных больных	68	58	64	54

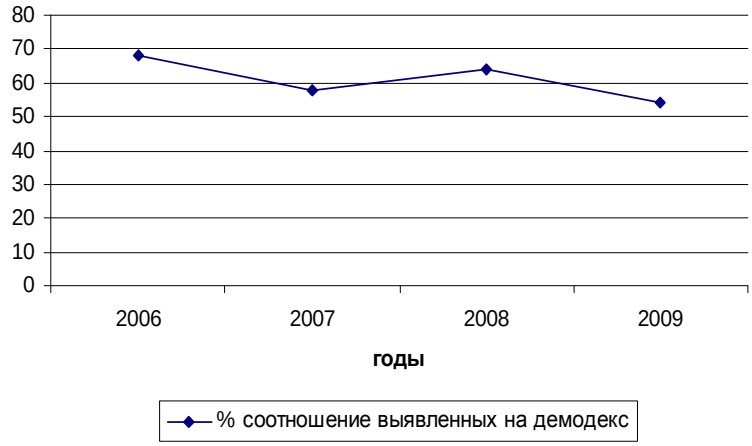


Рис. 2. Заболеваемость демодекозом среди обследованного населения в клинико-диагностической лаборатории областного кожно-венерологического диспансера г. Донецка.

Таблица 2

Распространение демодекоза среди населения г. Макеевка за период 2007-2009 гг. (по данным клинико-диагностической лаборатории городского кожно-венерологического диспансера)

Наименование	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Количество обследованных	1652	2230	2070
Выявлено наличие демодекса	426	648	573
% соотношение выявленных больных	25,8	29	27

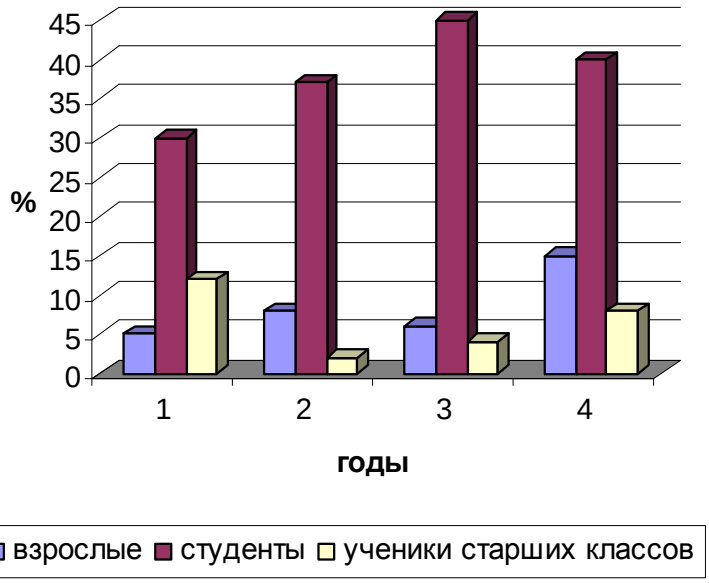


Рис. 3. Заболеваемость демодекозом населения г. Макеевка за период 2006-2009 гг. (по данным опросов косметологических кабинетов).

К настоящему времени накоплены убедительные данные о важной роли ослабленной иммунной системы в развитии демодекоза и поддержании его хронического течения. Сильные эмоциональные стрессы, нейроэндокринные, желудочно-кишечные, психические, иммунные заболевания, поражения гепатобилиарной системы и нарушения липидного обмена могут способствовать возникновению демодекоза. Очевидно, что заболевание демодекоза нередко связано с сопутствующими или ассоциативными заболеваниями, которые в свою очередь являются первопричинными в возникновении демодекоза (рис. 4).

При нарушении гормонального баланса изменяются и физико-химические свойства кожного сала, секрет сальных желез закисляется, и создается благоприятная среда для паразитирования целого ряда патогенных микроорганизмов, в том числе и клеща-железницы. В свою очередь на фоне наличия лямблий в желчевыводящих путях усиливается аутомикробная интоксикация больных, снижается барьерная функция кожи, извращается иммунный ответ организма, что также ведет к манифестации клинических проявлений дерматоза [2].

Все больные вне зависимости от клинической формы демодекса были обследованы у гастроэнтеролога, окулиста, все женщины у гинеколога и эндокринолога. При выявлении сопутствующей патологии проводилось соответствующее лечение согласно назначению специалистов (рис. 5).

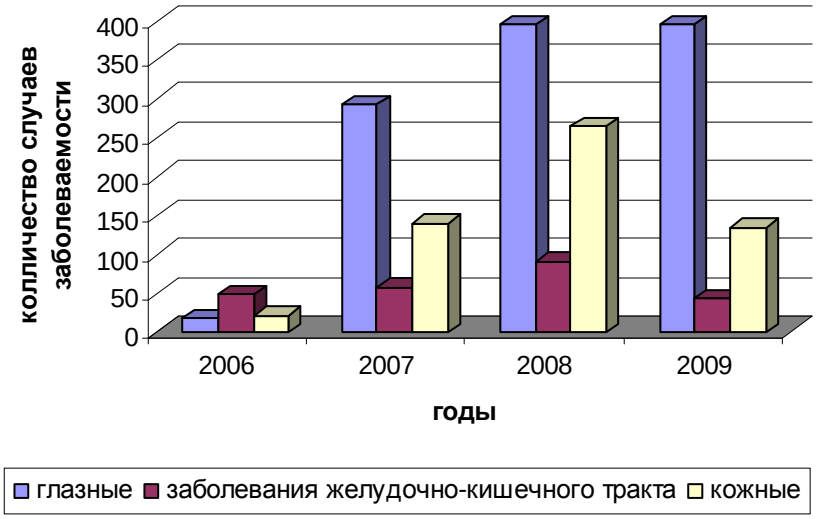


Рис. 4. Распределение заболеваемости демодекозом и сопутствующих заболеваний в городах Донецк и Макеевка за период 2006-2009 гг.

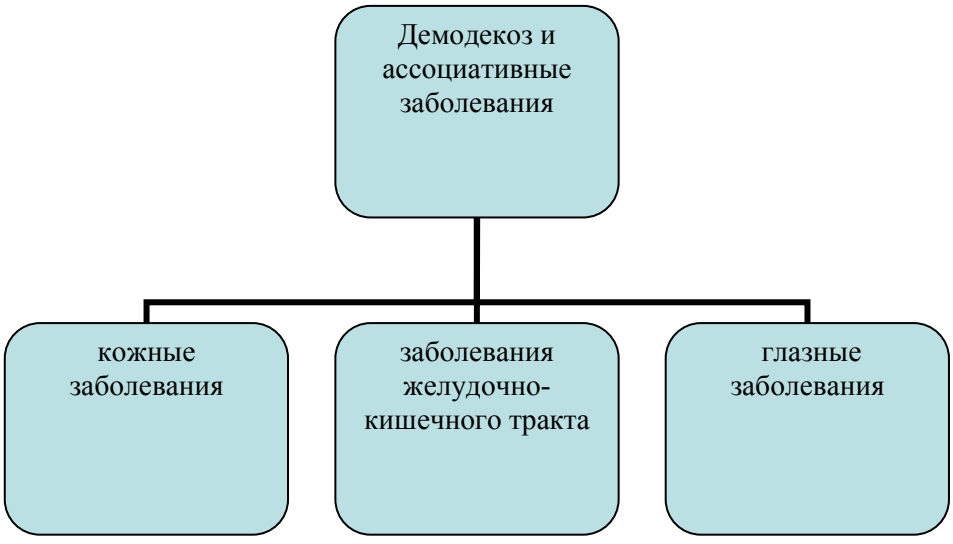


Рис. 5. Сопутствующие заболевания при обнаружении демодекса.

Выводы

В городах Донецк и Макеевка зарегистрирован высокий уровень зараженности населения демодекозом. У обследованных в кожно-венерических лабораториях за период 2006-2009 гг. выявлено 2212 случаев заражения в г. Донецке и 1647 случаев в г. Макеевка.

Демодекоз наиболее широко распространен среди населения в возрасте 18-25 лет. В 2006-2009 гг. зараженность этой группы составила 74,5%, среди учащихся старших классов – 17,8%, среди взрослого населения – 13,6%. Наибольшая зараженность населения в возрасте 18-25 лет объясняется тем, что именно на этот период приходится половое созревание, появление угреподобных элементов и угревой болезни, угнетающей естественную защиту кожи, и, как следствие, – снижение иммунитета.

Частота встречаемости заболевания демодекоза обусловлена наличием сопутствующих заболеваний, из них связаны с заболеваниями глаз – 1100, с кожными заболеваниями – 560, с нарушением желудочно-кишечного тракта – 239.

Рост зараженности демодекозом в городах Донецк и Макеевка обусловлены несоблюдением гигиенических норм и нарушением питания, связан с патологиями желудочно-кишечного тракта, снижением иммунной защиты в организме, слабой осведомленностью населения о заболеваниях, передающихся контактным путем.

Удельный вес больных с воспалениями демодекозной этиологии возрастает под действием экзо- и эндогенных факторов. К экзогенным факторам относятся теплое время года (весна – лето), воздействие высоких температур, инсоляции, вызывающие усиленное салоотделение (баня, сауна); загрязнение окружающей среды; неблагоприятные бытовые и профессиональные условия; к эндогенным – нарушения нервных, сосудистых, эндокринных и обменных процессов в организме.

Рекомендации

К мерам профилактики среди населения относятся:

- Ежедневное соблюдение гигиенических правил, а именно: удаление с поверхности кожи избытка кожного жира.
- Регулярная чистка лица в косметологических кабинетах.
- Не злоупотреблять длительным пребыванием в соляриях, банях, саунах.
- Исключить (или ограничить) из рациона острую, горячую, раздражающую пищу, спиртные напитки.
- Избегать применения косметических средств с использованием кортикостероидов.
- Повышать иммунитет.
- При длительном течении угревой болезни обязательно консультироваться у дерматолога или косметолога и обследоваться на предмет выявления демодекса.

Лечение

Лечение демодекоза длительное, эффективно только при соблюдении мер личной гигиены. Основное значение имеют акарицидные мероприятия, которые, учитывая жизненный цикл клещей, должны длиться 4-6 недель.

К топикальным акарицидным препаратам относятся: 1-2% желтая ртутная мазь, цинкихтиоловая мазь. В дерматологии применяются препараты серы, деготь, ихтиол, бензилбензоат, 1% перметрин (Никс, пипероида бутоксид), амитразол, 1% линдан, 10% кротамитон. При лечении демодекоза глаза рекомендуют антихолинэстиразные средства (холиномиметики), применяемые для лечения глаукомы.

Хорошие результаты получены при применении мази или геля 2% метронидазола (клион, метрогил).

Показано лечение себореи кожи, заболеваний желудочно-кишечного тракта и печени, коррекция иммунологических и обменных нарушений.

Список литературы

1. *Акбулатова Л. Х.* О двух формах клеща демодекс фолликулорум гоминис и о демодекозе человека / Л. Х. Акбулатова // Тр. Ленингр. Ин-та усоверш. врачей. – 1970. – Вып. 74. – С. 54–66.

2. *Коган Б. Г.* Клинико-иммунопатологические особенности, диагностика и лечение демодекоза: автореф. дис. … канд. мед. наук / Б. Г. Коган. – К., 1995 – 23 с.

3. *Жаксылыкова Р. Д.* Микроскопические клещи рода *Demodex* и их биологическое значение (сведения из литературы, гипотезы и факты) / Р. Д. Жаксылыкова. – Деп. в ВИНИТИ 5.07.90, № 4213-В90.

4. *Бакшт Б. П.* О роли фолликулярного демодекса в патологии кожи человека: автореф. дис. … канд. мед. наук / Б. П. Бакшт. – Оренбург, 1966. – 20 с.

5. *Акбулатова Л. Х.* Патогенная роль клеща *Demodex* и клинические формы демодекоза у человека / Л. Х. Акбулатова // Вестник дерматол. и венерол. – 1966. – № 12. – С. 57–61.

6. *Антоньев А. А.* Розацеа и демодекоз по данным кафедры дерматовенерологии ЦОЛИУВ за 5 лет / [А. А. Антоньев, В. Н. Шеварова, Т. Н. Иванова и др.] // Новые косметические препараты и лечение заболеваний и косметических недостатков. – 1988. – С. 41–43.

7. *Глухенький Б. Т.* Розацеа и демодекоз (обзор литературы) / Б. Т. Глухенький, С. А. Грандо // Врачеб. дело. – 1980. – № 2. – С. 94–96.

8. *Коган Б. Г.* Специфичность клещей *Demodex folliculorum* и *Demodex brevis* – возбудителей демодекоза человека / Б. Г. Коган, В. Т. Горголь // Укр. журн. дермотологии, венерологии, косметологии. – 2001. – № 1. – С. 37–41.

9. *Вайцекаускайте Р. Л.* Клещевой компонент при атопической бронхиальной астме: автореф. дис. … канд. мед. наук / Р. Л. Вайцекаускайте. – Вильнюс, 1982. – 26 с.

10. *Акимов И. А.* Биологические основы вредоносности акароидных клещей / И. А. Акимов – К.: Наук. думка, 1985. – 159 с.

11. *Канчурин А. Х.* Аллергия к клещам / А. Х. Канчурин, Р. Л. Вайцекаускайте. – Вильнюс: Мокслас, 1988. – 119 с.

12. *Пигулевский С. В.* Ядовитые животные. Токсикология беспозвоночных / С. В. Пигулевский. – Л: Медицина, 1975. – 375 с.

13. *Даниэл М.* Тайные тропы носителей смерти / М. Даниэл. – М: Прогресс, 1990. – 415 с.

14. *Коган Б. Г.* Демодекоз: раціональна класифікація клінічних форм захворювання. Вплив імунних та гормональних зрушень на перебіг дерматозу / Б. Г. Коган // Укр. журн. дерматологіі, венерологіі, косметологіі. – 2002. – № 1 (4). – С. 62–66.

15. *Балашов Ю. С.* Паразито-хозяинные отношения членистоногих с наземными позвоночными / Ю. С. Балашов. – Л: Наука, 1982. – 251 с.

16. *Орлов Б. Н.* Зоотоксинология (ядовитые животные и их яды) / Б. Н. Орлов, Д. Б. Гелашвили. – М: Высш. шк., 1985. – 280 с.

17. *Соколова Т. В.* Чесотка / Т. В. Соколова, Р. Ф. Федоровская, А. Б. Ланге. – М.: Медицина, 1989. – 375 с.

18. *Павловский Е. Н.* Работы по экспериментальной зоологии с ядовитыми животными / Е. Н. Павловский. – М; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 189 с.

19. *Горголь В. Т.* Токсическое влияние некоторых видов клещей на организм человека / В. Т. Горголь, В. Ш. Степаненко, Б. Г. Коган // Укр. журн. дерматологии, венерологии, косметологии. – 2002. – № 2. – С. 42–49.

20. *Акилов О. Е.* Особенности иммунного ответа у больных дерматозами, осложненными тяжелой инвазией антропофильных клещей рода Демодекс / О. Е. Акилов // Иммуннопатология и клиническая иммунология. – 2002. – № 1. – С. 43–47.

21. *Бутов Ю. С.* Антигены у больных демодекозом / Ю. С. Бутов, О. Е. Акилов // Рос. журн. кож. и вен. болезней. – 2003. – № 1. – С. 68–71.

22. *Коган Б. Г.* Демодекоз: рациональная классификация клиничных форм заболевания. Влияние иммунных и гормональных изменений / Б. Г. Коган // Укр. журн. дерматологии, венерологии, косметологии. – 2002. – № 1 (4). – С. 62–66.

22. *Коган Б. Г.* Роль клещей-демодецидов в этиологии и патогенезе возникновения дерматологических заболеваний у человека. Гипотезы, факты и перспективы следующих исследований / Б. Г. Коган, В. И. Степаненко // Укр. журн. дерматологии, венерологии, косметологии. – 2002. – № 3. – С. 57–60.

23. *Калантаевская В. Г.* Методические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике демодекоза. – К., 1980. – 8 с.

24. *Азнабаев М. Т.* Демодекоз глаз: уч.-метод. пос. / М. Т. Азнабаев, В. Б. Мальханов, Е. И. Гумерова. – Уфа, 2002. – 7 с.

25. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// elllene.ru/2010/06/

26. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vegavet.spv.ru/stati/stetiow/68-derm

27. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kartazoovet.net/page2.php?id=107

28. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://photography.nationalgeographic.com/photography/enlarge/magnified-mites-photography.html

29. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://z-l.com.ua/ru/article/212

30. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_dermatologia/demodekoz

31. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elllene.ru/2010/06/demodeks/

32. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ukusili.ru/?page_id=381

33. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivanov-petrov.livejournal.com/775241.html

34. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://demodekozru.narod.ru/inform.htm

35. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.zagorskiivet.ru/publ/zabolevanija/parazitarnye/demodekoz/6-1-0-27

36. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://demodexotzivi.narod.ru/aboutdemodex.html

Маслодудова К. М., Макарова О. М., Бурим Т. Л., Семенова О. В. **Особливості біології *Demodex folliculorum* та його розповсюдження серед населення міст Макіївка і Донецьк.** – Розглянуто ситуацію з розповсюдження демодекоза серед населення міст Макіївки і Донецька. Описано особливості морфології і біології збудника. Наведені статистичні данні за період 2006-2009 рр. про зараження населення демодекозом. У обстежених у клініко-діагностичних лабораторіях шкірно-венерологічних диспансерів виявлено: у м. Макіївка – 1647 випадків зараження, у м. Донецьк – 2212 випадків. Рівень розповсюдження захворювання зумовлений послабленням роботи імунної системи організму, а також рядом ендогенних та екзогенних факторів. З'ясовуються причини розповсюдження демодекозу і пропонується комплекс оздоровчих і профілактичних заходів.

Ключові слова: підшкірний кліщ, фолікул, роговий шар епідермісу, вугрова хвороба, діагностика.

Maslodudova E. N., Macarova E. N., Burim T. L., Semenova E. B. **On special biology *Demodex folliculorum* features and its distribution among the population of Makeywka and Donetsk.** – The situation of spreading demodex among the population of Makeywka and Donetsk has been examined. Morphology and biology of pathogen have been discnibed. The statistical data for 2006-2009 about demodex infection have been given. 1647 cases of demodex in Makeywka and Donetsk have been revealed in investigated people in the clinical diagnostic laboratories. The sick rate has been explained by weakening of the immune body system as well as the action of endogenous and exogenous factors. The reasons of parasites spreading have been found and the complex of preventive measures have been proposed.

Key words: subcutaneous mite, follicle, the horny layer of the epidermis, acne, diagnostics.

УДК 591.52+591.555.33

© А. В. Михеев

ИНФОРМАЦИОННО-ЗНАЧИМОЕ ПРОСТРАНСТВО: ОЦЕНКА ДИАПАЗОНА ВОСПРИЯТИЯ ЖИВОТНЫМИ СРЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ)

НИИ биологии Днепропетровского национального университета им. О. Гончара, 49010, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72; e-mail: zestforest@ua.fm

Михеев А. В. **Информационно-значимое пространство: оценка диапазона восприятия животными средовой информации (на примере млекопитающих).** – Оценка эффективности информационных процессов у живых организмов требует установления шкалы масштаба и протяженности пространства в границах местообитаний. Для характеристики различий в степени его дискретизации животными предложено понятие «информационно-значимое пространство» (ИЗП). На примере териофауны степных лесов юго-востока Украины обосновано выделение 4-х градаций масштаба ИЗП (α-, β-, γ- и δ-уровни), а также дифференциация потенциального и актуального (реализованного) ИЗП.

Ключевые слова: информационные процессы, масштаб пространства, территориальное поведение, дистанция восприятия, оценка информации, местообитание, популяция, биоценоз.

Введение

Вне зависимости от комплекса окружающих экологических условий пространство всегда неоднородно и уже по этой причине не может иметь одинаковое для различных животных значение. И для уровня индивида, и для популяционного и биоценотического уровней столь общая категория нуждается в конкретизации. В частности, оценка эффективности осуществления как информационных, так и любых других процессов в рамках реальных экосистем требует установления определенной шкалы масштаба и протяженности. Рассмотрение информации в единстве с материальными свойствами природных систем не может сопровождаться ее безразмерным восприятием в качестве «разлитой» в природе самостоятельной субстанции. Необходимо понимать, что физические пределы ее эффективной передачи вполне конечны, в том числе – и для живых организмов в границах местообитаний. Ведь точно так же конечно (хотя и в другой координатной системе) даже действие самого глобального космического фактора – солнечной радиации, которое заканчивается на определенных глубинах гидро- и литосферы. Не вызывает сомнений, что передача и получение информации живыми организмами в локальных границах местообитаний в еще большей степени зависят от соответствующих физических параметров.

«Пространство с информацией» и «информация о пространстве»

Формирование приобретенных взаимоотношений со средой развития животного происходит в связи с особенностями каждого из воздействующих факторов среды – адекватностью раздражителей [21]. В этом контексте правомочно говорить о том, что экологические факторы способны оказывать сигнальное действие [25]; особи своего и других видов также входят в состав окружающей среды данного организма: все это создает для животных специфическое окружающее пространство, насыщенное разнообразной информацией.

С одной стороны, отсутствие четкой пространственной определенности является характерной структурной особенностью надорганизменных систем; однако вместе с тем представляется очевидным, что для элементов таких систем – живых организмов – феномен пространства может приобретать достаточно четкие очертания. У нас пока нет исчерпывающего образа этих очертаний, но исследования в этом направлении продолжают приносить данные о способности животных к оценке расстояний, к формированию представлений о протяженности и структуре пространства [2, 8, 9, 13, 15, 27, 28, 30, 37, 40, 47, 48, 50, 51, 53].

В освоении среды обитания животные проявляют известную «целенаправленность», обусловленную как инстинктом, так и жизненным опытом отдельных особей и поколений [14]. Экологические причины активного исследования животными окружающего

пространства понятны: ведь знание своей территории и расположенных в ее границах ресурсов является важнейшим фактором приспособленности [13, 15, 28, 30, 44, 50, 51]. В частности, для млекопитающих отмечено существование популяционных территориальных дистанций, хорошо коррелирующих с обилием и распределением пищи [2].

Способность млекопитающих к оценке используемого пространства доказывается развитием у них территориальности и соответствующих средств ее поддержания, прежде всего – посредством разнообразной маркировки [1, 2, 20, 28, 35, 39, 42, 44].

Логика и сущность «информационно-значимого пространства»

Очевидно, что степень дискретизации пространства (отражающая широту информационных связей животных с окружающей средой, а также их способность адаптироваться к изменениям существующих условий) является различной для представителей разных видов. Для характеристики этих различий мы предлагаем понятие «информационно-значимое пространство» (ИЗП). Таковым для живого организма является диапазон пространства, в котором могут быть восприняты и идентифицированы элементы и события окружающей среды (экологические события), потенциально способные вызвать ответную реакцию особи в любые периоды жизненного цикла.

Как известно, под экологическим фактором понимается любой элемент среды, способный оказывать прямое влияние на живые организмы хотя бы на одной из фаз их индивидуального развития [5, 10]. Однако в рассматриваемой плоскости не всегда можно считать одну из градаций фактора элементом среды или событием – например, степень освещенности, скорость ветра или влажность почвы. Но, например, древесный или кустарниковый ярус, холм, водоем, шоссе уже представляют собой отдельные элементы, составные части среды, и в этом качестве могут быть восприняты сенсорными системами животных. *События* же в данном контексте – это, скорее, отдельные проявления факторов, т. е. не часть непрерывного потока, а объект или явление дискретной природы. Таким образом, под экологическим событием мы понимаем любое дискретное изменение состояния окружающей среды, которое может восприниматься непосредственно либо опосредованно – когда животное сталкивается с его характерными последствиями. Примерами экологических событий можно считать ветровал, образование временных водоемов, пожар, появление другого животного (либо следов его активности) или человека (либо следов его деятельности), вырубку леса, движение транспорта и проч.

Смысл категориального показателя ИЗП заключается как раз в том, чтобы обозначить определенный порог удаления, за которым элементы среды либо происходящие на ее фоне события уже не имеют информационной значимости для животных, т. е. не способны повлиять на их поведение и, соответственно – на их экологические особенности. В этой связи можно привести следующие примеры.

Для мелких лесных млекопитающих упавшее в пределах 50-и м дерево становится хорошо опознаваемым изменением существующего средового фона и вызывает ответную реакцию зверьков. По нашим данным, в условиях пойменной липо-ясеневой дубравы на локальном участке вокруг упавшего 90-летнего дуба численность грызунов уже в течение 2 сут. возрастала в 2,5-3 раза. Принципиально то же, хотя и с соответствующим запозданием, можно наблюдать и в пределах 100 м. Но расстояние, например, в 5 км оказывается своего рода «пространственной пропастью», т. к. делает указанное событие совершенно «незамеченным» для микромаммалий данного биотопа на протяжении практически всего их жизненного цикла. Более того, «несуществующим» для зверьков при такой дистанции окажется не только ствол дерева, но и целый дубравный массив.

Другой пример: начало рубки леса в непосредственной близости от пространственного центра активности косуль вызовет у них немедленную реакцию бегства. Рубка, проводимая на расстоянии 1 км, также может оказать непосредственное влияние на животных (за счет шума машин и проч.), что выразится если не в бегстве, то в повышении их настороженности и уровня беспокойства. Аналогичное экологическое событие на расстоянии 5 км по-

прежнему остается потенциально значимым для косуль: животные спустя некоторое время могут попасть в этот район в процессе перемещений; даже в отсутствие непосредственных работ с участием человека следы его деятельности (измененный ландшафт, нарушенный почвенный покров, чужеродный запаховый фон и проч.) могут вызвать соответствующие изменения поведения, выражаемые, в частности, и в уровне беспокойства, и в продолжительности пребывания на данном участке. Но вырубка леса, дистанцированная на 200 км, у косуль всех существующих на текущий момент поколений данной популяции не вызовет ни этих, ни других поведенческих реакций, т. к. на протяжении всей их жизни вероятность обнаружения даже отголосков подобного рода изменения среды ничтожно мала. Это может стать возможным лишь для их потомков – при условии, что процесс их расселения захватит указанный район.

Несомненно, что воздействия, связанные с климатическими факторами, оскудением кормовой базы или токсичными промышленными выбросами оказывают влияние на всех животных независимо от порога восприятия их органов чувств. Даже «незамеченное», отравление среды пестицидами и тяжелыми металлами продолжает воздействовать на все биотические блоки экосистемы. Но мы еще раз подчеркиваем, что информационные процессы животных базируются, в первую очередь, на работе соответствующих органов чувств, и предлагаемый параметр ИЗП призван охватывать именно этот диапазон событий. В данном случае речь идет о воспринимаемых животными элементах, событиях, изменениях среды, действующих как информационные сигналы экологического характера. Таким образом, различия между реакциями *живого организма* на непрерывное действие экологических факторов и реакциями *особей* на экологическую информацию в среде обитания выявляются именно с позиций поведенческой экологии животных.

Существенным моментом является то, что предлагаемый показатель по определению акцентирован на взаимосвязи информационных процессов животных с масштабом пространства. В силу этого он не подменяет собой существующие представления о пространственной нише либо об экологическом пространстве, хотя может вполне гармонично стыковаться с ними в едином ключе исследований экологических ниш и пространственно-этологической структуры популяций животных.

Подчеркнем, что предлагаемые нами градации диапазона ИЗП млекопитающих (см. ниже) характерны для отдельных особей. Но необходимо учитывать, что масштаб ИЗП для семейной или иной группировки может оказаться несколько больше, т. к. информация, «не замеченная» в среде одной особью, может быть в некоторых случаях косвенно воспринята ею от другой. Тем не менее базовым элементом анализа ИЗП должна быть именно особь – как непосредственно «воспринимающая» единица даже в составе группы стадных животных.

Несомненно, что при обосновании конкретных градаций ИЗП, отражающих размерность пространства, необходима определенная привязка к некоторым параметрам индивидуальной территории (линейное расстояние перемещений, площадь). Однако индивидуальный участок у млекопитающих (в большинстве случаев маркируемый по границам и активно защищаемый от вторжения чужаков), как правило, не совпадает полностью с пространственной плоскостью, в которой могут происходить значимые для животных изменения среды. Согласно теории Брауна (цит. по [2]), животные защищают территорию, когда она «экономически» защитима, т. е. когда чистый «доход» выше у территориальных особей. В этом смысле участок обитания представляет собой достаточно ограниченное пространство. В частности, он не может превышать свойственной данному виду дистанции устойчивого общения, т. к. утрата информационных связей между особями ведет к распаду популяции [28]. Также известно, что у млекопитающих не редки регулярные дальние выходы за границы собственных участков; в пределах смежных территорий выделяются малопосещаемые буферные зоны и, кроме того, участки оседлых животных могут совмещаться либо частично налегать друг на друга [2, 15, 16, 22, 29, 30, 35, 47]. Даже для мелких лесных грызунов показано, что они, как правило, знакомы с территорией значительно большего радиуса, чем участок обитания [8, 16, 30, 45].

Таким образом, размер ИЗП, с одной стороны, определенным образом коррелирует с площадью индивидуального участка, а с другой – всегда оказывается больше за счет дополнительного территориального резерва, который потенциально может быть охвачен перемещениями животных (миграционными, разведочными и проч.).

Градации масштаба информационно-значимого пространства

Основываясь на литературных данных, а также на собственных материалах, характеризующих размеры индивидуальных участков и длительность перемещений млекопитающих в условиях лесных экосистем юго-востока Украины, можно предложить следующую схему (табл. 1). По аналогии (впрочем, достаточно условной) с известным масштабом измерения биоразнообразия мы выделяем 4 градации (отметим, что соответствующие им параметры расстояний и площади характеризуют *потенциальный* уровень ИЗП (см. ниже)). Данная схема является иерархичной, т. е. каждый очередной уровень включает в себя диапазон предшествующего (по принципу «матрешки»).

Таблица 1

Градации масштаба информационно-значимого пространства лесных млекопитающих

Уровень ИЗП	Критерий расстояния, км	Критерий площади, га
α-уровень	до 1	до 1
β-уровень	до 10	до 500
γ-уровень	до 50	до 5000
δ-уровень	до 100 и более	> 5000

***α*-уровень.** Данный уровень ИЗП характерен, прежде всего, для мелких млекопитающих – насекомоядных и грызунов (которых в данном контексте можно именовать α-видами).

Даже для наиболее крупных представителей Insectivora – таких, как еж – потребности в пище обеспечиваются путем медленного обследования лесной подстилки, богатой основным кормом – беспозвоночными. Передвижения зверьков отличаются небольшой протяженностью; формирования устойчивой территориальности в целом не отмечено [23]. Для крота установлено, что индивидуальные участки неразмножающихся самцов и самок по размерам отличаются незначительно, составляя в среднем 2324 м^2 при слабой (12,80 %) степени их перекрывания [47]. Протяженность перемещений землероек и грызунов (направленных, как правило, от убежища к убежищу) исчисляется сотнями метров, размеры индивидуальных участков в максимуме достигают 1200 м^2 [8, 9, 12, 27, 30, 45].

***β*-уровень.** Пространство, информационно значимое на этом уровне размерности, соответствует экологическим потребностям таких млекопитающих, как, например, заяц-русак, ласка, горностай, белка. Еще раз отметим, что указанные виды не ограничены лишь этой градацией ИЗП – ими, несомненно, осваивается и предыдущий, α-уровень, в диапазоне которого они могут активно воспринимать соответствующие события и изменения среды; другое дело, что для землероек и мышевидных грызунов (α-виды) события в характерном для β-уровня масштабе расстояний и площади (см. табл. 1) не являются доступными для оценки их информационной значимости.

Правомочность отнесения указанных видов к β-уровню ИЗП подтверждается, прежде всего, оценками их территориальности в различных условиях обитания. Установлено, что размер индивидуального участка ласки может достигать 11 га, горностая – 256±38 га, зайца-русака – 28-100 га [11, 46, 49]. Из грызунов лишь для белки отмечено, что в период гона индивидуальный участок самцов может составлять до 4 га [6]. В оценке диапазона потенциально преодолеваемых расстояний можно отталкиваться от длины охотничьего хода,

которая для двух видов мелких куньих составляет до 1,1 и 4 км (ласка и горностай соответственно) [11].

***γ*-уровень.** В данном диапазоне ИЗП потенциально могут осуществляться информационные процессы и жизненные отправления большинства хищных млекопитающих (енотовидная собака, барсук, куницы каменная и лесная, хорек лесной, выдра), а также некоторых копытных (кабан, косуля) [2, 7, 18, 32, 34, 37, 39, 43, 48, 52, 53]. Например, для суточных перемещений лесной куницы (особенно при дефиците грызунов) установлен диапазон до 13,5-14 км [7, 11]. Участок обитания этого небольшого, но активного зверька может достигать 5000 га. Длина охотничьего хода выдры – полуводного хищника – по суше может составлять 3-10 км [11].

***δ*-уровень.** Информация об экосистемных процессах этого масштаба доступна лишь животным, отличающимся высокой степенью подвижности (в том числе и миграционной) и значительными по размеру индивидуальными территориями, что, в свою очередь, обусловлено видовыми морфологическими и экологическими особенностями. К *δ*-видам можно отнести волка, лисицу, оленя пятнистого [2, 19, 33, 36, 38, 40, 41]. Площадь участка лисицы может варьировать от нескольких гектаров до 20-30 км^2 [38]. О высокой подвижности хищника и его активной исследовательской деятельности в пространстве говорит такой пример: зарегистрирован случай, когда молодая самка лисицы, помеченная в августе, была добыта в мае следующего года (через 9 месяцев) на расстоянии (по прямой) в 395 км [31]. Протяженность ежедневных перемещений волка может составлять до 25-50 км [19, 26, 41], а для пятнистого оленя вполне осуществимы миграции до 100 и более километров [40].

Потенциальное и актуальное информационно-значимое пространство

От чего же зависит размер видового информационно-значимого пространства? Очевидно, что данный параметр определяется экологическими потребностями, для реализации которых необходимо получение информации как от других животных, так и от экосистемы в целом. Охват и восприятие спектра пространственно дистанцированных событий возможны при соответствующем диапазоне эффективной работы сенсорных систем и зависят как от подвижности, так и от уровня исследовательской активности животных.

Масштаб ИЗП выражает функциональную сторону отношений животных к пространству и является, таким образом, динамичным параметром. Несомненно, что он постепенно увеличивается в процессе индивидуального развития особи, приобретения самостоятельности и расселения. Следует предположить, что видовой стереотип ИЗП формируется в процессе воспитания потомства и передачи опыта от родителей и сородичей. В этой связи уместно привести высказанное А. А. Ляпуновым [17] положение о том, что процесс накопления живым организмом индивидуальной информации должен протекать параллельно с процессом материального развития.

Однако в реальных экологических условиях освоение возможного для данного вида уровня ИЗП ограничивается, прежде всего, внешними факторами: структурой пространства, степенью трансформированности среды, уровнем антропогенной нагрузки и проч. В зависимости от комплекса этих условий животные могут осваивать далеко не все уровни, которые, например, характерны для экологических условий обитания в других частях ареала. В связи с этим мы предлагаем дифференцировать *потенциальное* ИЗП, которое в принципе может быть освоено представителем данного вида на протяжении жизненного цикла, и *актуальное* – реализованное в данных условиях обитания.

Действительно, актуальный масштаб ИЗП не всегда может совпадать с потенциальным. Именно это непосредственно прослеживается в условиях степных лесов юго-востока Украины, которые на фоне своего географического несоответствия приобретают «островные» черты [3, 4].

Основываясь на материалах собственных учетов и оценках расстояний между точками встреч отдельных особей, а также на результатах опросов сотрудников охотхозяйств и местного населения, можно отметить следующее.

В степных лесах неизменной по составу остается лишь группа видов, актуальное ИЗП которых ограничивается α-уровнем. Напротив, до β-уровня распространяется ИЗП не 4-х, а 8-и видов (добавляются такие γ-виды, как собака енотовидная, куница каменная, хорек лесной и выдра); до γ-уровня – 6-и вместо 8-и видов (в том числе δ-виды – лисица и олень пятнистый); δ-уровню соответствует ИЗП лишь одного из трех потенциальных видов – волка. Наиболее характерно, что в существующих экологических условиях у большинства хищных млекопитающих актуальное ИЗП не достигает потенциального и ограничено более «узким» β-уровнем.

По нашему мнению, основной причиной указанных явлений выступает не экстразональность и не расчлененность лесных экосистем степной зоны; роль доминирующего фактора, несомненно, принадлежит комплексной антропогенной трансформации ландшафта, результатом которой, в частности, является формирование сети деструктивных территорий [24]. Все это, в свою очередь, ограничивает жизненное пространство животных, снижает масштаб их миграционной и исследовательской активности и, в итоге, сужает доступное информационно-значимое пространство. На фоне дальнейшего развертывания трансформационных процессов сохранение пока еще существующего пространственного масштаба информационных процессов для ряда видов может стать проблематичным уже в ближайшем будущем.

Выводы

На примере териофауны степных лесов юго-востока Украины нами предлагается и рассматривается концептуальная схема, которая – с соответствующими дополнениями и корректировками – может быть применима также для других видов млекопитающих и групп животных с различным уровнем активности в пространстве. Не подменяя другие понятия и показатели, параметр ИЗП тем не менее учитывает (и дополняет) особенности пространственного размещения животных, масштабы их индивидуальных территорий, характер и протяженность перемещений, уровень информационных контактов со средой, аспекты пространственно-этологической структуры популяций, параметры пространственных (экологических) ниш. Здесь уместно провести аналогию с факторным анализом или с процедурой выделения «главных компонент» – когда для оценки изменчивости большого количества показателей выбирается анализ нескольких группирующих категорий.

Анализ структуры ИЗП и аспектов ее динамики в различных экологических условиях позволяет рекомендовать учет этого параметра информационных процессов при решении широкого спектра прикладных задач, в частности в русле таких природоохранных направлений, как: 1) обоснование выделения территорий для заповедания или установления регулируемого режима пользования; 2) разработка оценок степени уязвимости отдельных видов под влиянием разномасштабных антропогенных воздействий; 3) определение адекватных координатно-пространственных рамок при восстановлении трансформированных экологических сообществ и проектировании экосетей различного уровня; 4) создание условий, благоприятствующих освоению териофауной пространства и экологических ресурсов во вновь создаваемых лесных насаждениях; 5) разработка мер оптимизации состояния фаунистических комплексов, восстановления и охраны популяций и сообществ животных.

Список литературы

1. *Антонов А. Л.* Маркировочные деревья кабана (*Sus scrofa*) и изюбря (*Cervus elaphus*) в Приамурье / А. Л. Антонов // Поведение и поведенческая экология млекопитающих: Мат. науч. конф. (Москва, 04–08.10.2005). – М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. – С. 174–176.

2. *Баскин Л. А.* Зоосоциология млекопитающих с преимущественно групповой структурой популяций / Л. А. Баскин // Структура популяций у млекопитающих. – М.: Наука, 1991. – С. 21–64.

3. *Белова Н. А.* Естественные леса и степные почвы / Н. А. Белова, А. П. Травлеев. – Д.: ДГУ, 1999. – 348 с.

4. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.

5. *Бигон М.* Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х тт. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с.; Т. 2. – 477 с.

6. *Богодяж О. М.* Организация участка обитания обыкновенной белки / О. М. Богодяж // Грызуны: Мат. V Всесоюз. совещ. (Саратов, 03–05.12.1980). – М.: Наука, 1980. – С. 160–161.

7. *Волков В. А.* Зависимость достоверности учета численности лесной куницы по следам от ее активности / В. А. Волков // Экологические основы охраны и рационального использования хищных млекопитающих. – М.: Наука, 1979. – С. 308–310.

8. *Герман А. Л.* Территориальное поведение европейской рыжей лесной полевки / А. Л. Герман // Вопросы зоопсихологии, этологии и сравнительной психологии. – М.: МГУ, 1975. – С. 57–58.

9. *Громов В. С.* Типы пространственно-этологической структуры популяций грызунов / В. С. Громов // Зоологический журнал. – 2005. – Т. 84, № 8. – С. 1003–1014.

10. *Дажо Р.* Основы экологии / Р. Дажо. – М.: Прогресс, 1975. – 416 с.

11. *Данилов Н. И.* Охотничьи территории некоторых видов куньих и кошачьих / Н. И. Данилов // Тр. II Всесоюз. совещ. по млекопитающим. – М.: МГУ, 1975. – С. 112–116.

12. *Жигарев И. А.* Локальная плотность и индивидуальные участки рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) в условиях южного Подмосковья / И. А. Жигарев // Зоол. журн. – 2005. – Т. 84, № 6. – С. 719–727.

13. *Зорина З.А.* Элементарное мышление животных / З. А. Зорина, И. И. Полетаева. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 320 с.

14. *Исаков Ю. А.* Освоение животными среды их обитания и приспособление её к биологическим потребностям вида / Ю. А. Исаков // Средообразующая деятельность животных. – М.: МГУ, 1970. – С. 87–92.

15. *Кравченко Л. Б.* Поведенческие и физиологические особенности трех видов лесных полевок (*Clethrionomys*, Rodentia, Cricetidae) в связи с пространственной структурой их популяций / Л. Б. Кравченко, Н. С. Москвитина // Зоол. журн. – 2008. – Т. 87, № 12. – С. 1509–1517.

16. *Лукьянов О. А.* Феноменология и анализ миграций в популяциях мелких млекопитающих / О. А. Лукьянов, Л. Е. Лукьянова // Зоол. журн. – 2002. – Т. 81, № 9. – С. 1107–1134.

17. *Ляпунов А. А.* Проблемы теоретической и прикладной кибернетики / А. А. Ляпунов. – М.: Наука, 1980. – 336 с.

18. *Насимович А. А.* Енотовидная собака / А. А. Насимович // Песец, лисица, енотовидная собака. – М.: Наука, 1985. – С. 116–145.

19. *Павлов М. П.* Волк / М. П. Павлов. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 208 с.

20. *Рожнов В. В.* Опосредованная коммуникация млекопитающих: о смене парадигмы и новом концептуальном подходе в исследовании маркировочного поведения / В. В. Рожнов // Зоол. журн. – 2004. – Т. 83, № 2. – С. 132–158.

21. *Слоним А. Д.* Среда и поведение. Формирование адаптивного поведения / А. Д. Слоним. – Л.: Наука, 1976. – 211 с.

22. *Смирин Ю. М.* Роль популяционных структур в биоценотических отношениях / Ю. М. Смирин // Структура популяций у млекопитающих. – М.: Наука, 1991. – С. 116–150.

23. *Соколов В. Е.* Сравнение поведения ежей рр. *Erinaceus*, *Hemiechinus* / В. Е. Соколов, И. В. Лукьянова // Тез. докл. IV съезда Всесоюз. териол. общ-ва (Москва, 27–31.01.1986). – М., 1986. – Т. 2. – С. 164–165.

24. *Травлеев А. П.* Деструктивные экологические сети и перспективы их оптимизации / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – 2000. – Вип. 4. – С. 5–17.

25. *Тыщенко В. П.* Сигнальное действие экологических факторов / В. П. Тыщенко // Журнал общей биологии. – 1980. – Т. 4, № 5. – С. 655–667.

26. *Формозов А. Н.* Спутник следопыта / А. Н. Формозов. – М.: МГУ, 1989. – 320 с.

27. *Хляп Л. А.* Фактор расстояния в жизни мелких грызунов / Л. А. Хляп // Грызуны: Мат. VI Всесоюз. совещ. (25–28.01.1984). – Л.: Наука, 1983. – С. 465–466.

28. *Шилов И. А.* Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных / И. А. Шилов. – М.: МГУ, 1977. – 262 с.

29. *Шилов И. А.* Механизмы формирования и поддержания пространственно-этологической структуры популяций / И. А. Шилов // Структура популяций у млекопитающих. – М.: Наука, 1991. – С. 65–85.

30. *Щипанов Н. А.* Участок и проявления нерезидентности рыжими полевками (*Clethrionomys glareolus*), интерпретация данных мечения на линиях живоловок / Н. А. Щипанов, М. Г. Ляпина // Экология. – 2008. – № 5. – С. 379–384.

31. *Ables E. D.* An exceptional fox movement / E. D. Ables // Journal of Mammalogy. – 1965. – Vol. 46, № 1. – P. 102.

32. *Baghli A.* Home ranges and movement patterns in a vulnerable polecat *Mustela putorius* population / A. Baghli, R. Verhagen // Acta Theriologica. – 2004. – Vol. 49, № 2. – P. 247–258.

33. *Blanco J. C.* On the diet, size and use of home range and activity patterns of a red fox in central Spain / J. C. Blanco // Acta Theriologica. – 1986. – Vol. 31, № 27–41. – P. 547–552.

34. *Cederlund G.* Home range dynamics and habitat selection by roe deer in a boreal area in central Sweden / G. Cederlund // Acta Theriologica. – 1983. – Vol. 28, № 21–31. – P. 443–460.

35. *Darden S. K.* Information transfer among widely spaced individuals: latrines as a basis for communication networks in the swift fox? / S. K. Darden, L. K. Steffensen, T. Dabelsteen // Animal Behaviour. – 2008. – Vol. 75, № 2. – P. 425–432.

36. *Dekker J. J. A.* A spatial analysis of a population of red fox (*Vulpes vulpes*) in the Dutch coastal dune area / J. J. A. Dekker, A. Stein, I. M. A. Heitkonig // Journal of Zoology. – 2001. – Vol. 255, № 4. – P. 505–510.

37. *Drygala F.* Erste Ergebnisse zur Nahrungsoekologie, Home-Range and Habitat nutzung des Marderhundes (*Nyctereutes procyonoides*) – eines invasiven Caniden in Ostdeutschland / F. Drygala, N. Stier, M. Roth // Artenschutzreport. – 2002. – № 12. – P. 48–54.

38. *Goszczyński J.* Home ranges in red fox: territoriality diminishes with increasing area / J. Goszczyński // Acta Theriologica. – 2002. – Vol. 47, Suppl. № 1. – P. 103–114.

39. *Goszczyński J.* Activity of badgers (*Meles meles*) in Central Poland / J. Goszczyński, S. Juszko, A. Pacia et al. // Mammalian Biology. – 2005. – Vol. 70, № 1. – P. 1–11.

40. *Igota H.* Seasonal migration patterns of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan / H. Igota, M. Sakuragi, H. Uno et al. // Ecological Research. – 2004. – Vol. 19, № 2. – P. 169–178.

41. *Jędrzejewski W.* Daily movements and territory use by radio-collared wolves (*Canis lupus*) in Bialowieza Primeval Forest in Poland / W. Jędrzejewski, K. Schmidt, J. Theuerkauf et al. // Canadian Journal of Zoology. – 2001. – Vol. 79, № 11. – P. 1993–2004.

42. *Johnston R. P.* Scent marking in mammals / R. P. Johnston // Animal Behaviour. – 1973. – Vol. 21. – P. 521–535.

43. *Kauhala K.* Home ranges and densities of medium-sized carnivores in south-east Finland, with special reference to rabies spread / K. Kauhala, K. Holmala, W. Lammers et al. // Acta Theriologica. – 2006. – Vol. 51, № 1. – P. 1–13.

44. *Kilshaw K.* Coordinated latrine use by European badgers, *Meles meles*: potential consequences for territory defense / K. Kilshaw, C. Newman, C. Buesching et al. // Journal of Mammalogy. – 2009. – Vol. 90, № 5. – P. 1188–1198.

45. *Kozakiewicz M.* Long-distance movements of individuals in a free-living bank vole population: an important element of male breeding strategy / M. Kozakiewicz, A. Chołuj, A. Kozakiewicz // Acta Theriologica. – 2007. – Vol. 52, № 4. – P. 339–348.

46. *Kunst P. J. G.* Home ranges of brown hares in a natural salt marsh: comparisons with agricultural systems / P. J. G. Kunst , R. Van Der Wal, S. Van Wieren // Acta Theriologica. – 2001. – Vol. 46, № 3. – P. 287–294.

47. *Macdonald D. E.* Spatial and temporal patterns in the activity of European moles / D. E. Macdonald, R. P. D. Atkinson, G. Blanchard // Oecologia. – 1997. – Vol. 109, № 1. – P. 88–97.

48. *Mellgren R .L.* Spatial learning and discrimination of food patches in the European badger (*Meles meles* L.) / R. L. Mellgren, T. J. Roper // Animal Behaviour. – 1986. – Vol. 34, № 4. – P. 1129–1134.

49. *Miller C.* Home range of stoats (*Mustela erminea*) in podocarp forest, south Westland, New Zealand: implications for a control strategy / C. Miller, M. Elliot, N. Alterio // Wildlife Research. – 2001. – Vol. 28, № 2. – P. 165–172.

50. *Mortelliti A.* Testing for the relative contribution of patch neighborhood, patch internal structure, and presence of predators and competitor species in determining distribution patterns of rodents in a fragmented landscape / A. Mortelliti, G. Amori, F. Annesi et al. // Canadian Journal of Zoology. – 2009. – Vol. 87, № 8. – P. 662–670.

51. *Pereboom V.* Movement patterns, habitat selection, and corridor use of a typical woodland-dweller species, the European pine marten (*Martes martes*), in fragmented landscape / V. Pereboom, M. Mergey, N. Villerette et al. // Canadian Journal of Zoology. – 2008. – Vol. 86, № 9. – P. 983–991.

52. *Rondinini C.* Habitat use by beech martens in a fragmented landscape // C. Rondinini, L. Boitani / Ecography. – 2002. – Vol. 25, № 3. – P. 257–264.

53. *Spitz F.* Spatial strategies: an attempt to classify daily movements of wild boar / F. Spitz, G. Janeau // Acta Theriologica. – 1990. – Vol. 35, № 1–2. – P. 129–149.

Міхєєв О. В. **Інформаційно-значущий простір: оцінка діапазону сприйняття тваринами середовищної інформації (на прикладі ссавців).** – Оцінка ефективності інформаційних процесів у живих організмів вимагає встановлення шкали масштабу і протяжності простору в межах місцеперебувань. Для характеристики розбіжностей у ступені його дискретизації тваринами запропоновано поняття «інформаційно-значущий простір» (ІЗП). На прикладі теріофауни степових лісів південного сходу України обгрунтовано виділення 4-х градацій масштабу ІЗП (*α*-, *β*-, *γ*- та *δ*-рівні), а також диференціацію потенційного та актуального (реалізованого) ІЗП.

Ключові слова: інформаційні процеси, масштаб простору, територіальна поведінка, дистанція сприйняття, оцінка інформації, місцеперебування, популяція, біоценоз.

Mikheyev A. V. **Information-Meaningful Space: evaluation of animals' perception range of environmental information (on the mammals' example).** – Evaluating of the effectiveness of information processes in living organisms requires the establishment of scale and extent of space within the habitats. To characterize the differences in the animals' sampling degree the concept of «Information-Meaningful Space» (IMS) were suggested. On the example of mammals' fauna of the steppe forests of southeast of Ukraine the 4 IMS gradations (*α*-, *β*-, *γ*- and *δ*-levels), as well as the differentiation of potential and actual (realized) IMS were defined.

Key words: information processes, scale of space, territorial behavior, perception distance, information assessment, habitat, population, biocenosis.

УДК 595.4

© Е. В. Прокопенко, А. В. Жуков

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПАУКОВ (ARANEI) СТЕПНОЙ ЦЕЛИНЫ В УРОЧИЩЕ ЯЦЕВ ЯР (ДНЕПРОПЕТРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

[1]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: helen_procop@mail.ru
[2] Днепропетровский государственный аграрный университет;
49600, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Прокопенко Е. В., Жуков А. В. **Структура населения пауков (Aranei) степной целины в урочище Яцев Яр (Днепропетровская область).** – Исследован степной участок в урочище Яцев Яр. Найдено 44 вида пауков из 14 семейств, в том числе ранее на Левобережной Украине не отмечавшийся *Pardosa alacris*. Наибольшим количеством видов характеризуются три семейства: Gnaphosidae, Lycosidae и Salticidae. По количеству собранных экземпляров наиболее обильными были Philodromidae, Lycosidae и Gnaphosidae. Доминировали степные виды: *Asianellus festivus*, *Haplodrassus bohemicus*, *Drassyllus vinealis*, *Xysticus cristatus*, *X. kochi*, *Thanatus arenarius*. Динамическая плотность пауков довольно низкая – 26,6 экз. на 100 ловушко-суток.

Ключевые слова: пауки, структура населения, степная целина.

Введение

Первые сведения о пауках разнотравно-типчаково-ковыльных степей Левобережной Украины содержатся в работах Н. С. Грезе [1], С. А. Спасского [20], Д. Е. Харитонова [17] (последним из упомянутых авторов имевшиеся на тот период материалы обобщены), В. Е. Скляра и Е. Б. Попова [15]. Систематическое изучение видового состава и структуры населения пауков целинных степных участков было начато Н. Ю. Полчаниновой. На настоящее время детально исследована аранеофауна большинства охраняемых степных территорий: заповедников «Каменные Могилы» [9, 10, 13, 16], «Хомутовская степь» [6, 11], «Провальская степь» [1-5, 14, 17, 20], «Стрельцовская степь» [2-4, 7, 14]. Обобщающие работы касались сравнения аранеофаун исследованных степных ценозов и выявления групп видов, характерных для каждого типа степей [2-4, 8, 12]. Таким образом, видовой состав и структура населения пауков охраняемых степных участков изучены довольно полно, что нельзя сказать о степных целинках, расположенных вне заповедников и национальных парков. Эти локалитеты в основном незначительны по занимаемой площади и окружены агроценозами, селитебными зонами и искусственными древесными посадками (что, в принципе, относится и к заповедникам) и подвергаются воздействию выпаса, сенокошения и других антропогенных факторов. Целью настоящей работы было изучение фауны и характерных черт населения пауков степной целинки в урочище Яцев Яр и сравнения этих параметров с характеристиками заповедных степей.

Материал и методика исследования

Материал был собран на участке степной целины байрака Яцев Яр (48°19' С.Ш., 35°11' В.Д.) (окрестности с. Первое Мая, Днепропетровский р-н) (рис. 1). Участок был разделен на 100 соприкасающихся ячеек размером 1×1 м, стороны образовавшегося квадрата были ориентированы по направлениям восток-запад и север-юг. По углам ячеек были установлены почвенные ловушки Барбера (стеклянные банки емкостью 1 л, в качестве фиксатора – формалин). Всего экспонировалось 110 ловушек в период с 4 по 24 мая 2010 г. Общая экспозиция составила 2200 ловушко-суток. Поскольку был использован только один метод сбора, дальнейший анализ будет касаться исключительно населения пауков герпетобия. Всего было собрано 585 экз. пауков (503 из них – половозрелые).

В ходе анализа структуры доминирования была использована шкала Тишлера [18], где E – эудоминант (≥10%), D – доминант (≥5%), SD – субдоминант (≥2%), R – рецедент (≥1%), SR – субрецедент (<1%).

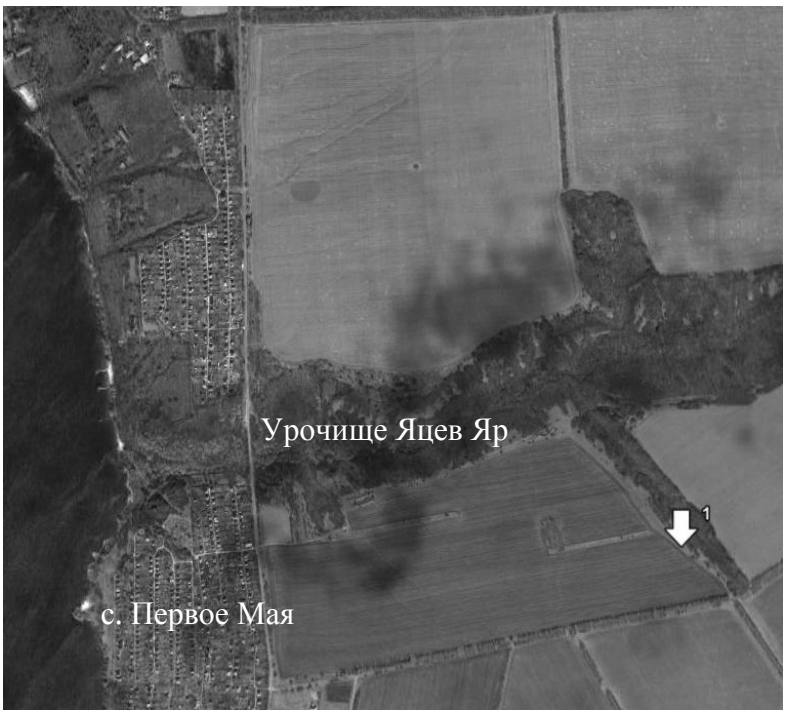


Рис. 1. Расположение экспериментального полигона (стрелка).

Результаты и обсуждение

В общей сложности было найдено 44 вида пауков из 14 семейств (табл. 1). Это довольно высокий результат, если учесть, что сбор материала проводился на протяжении неполного месяца на небольшом участке. В герпетобии зональных степных ценозов заповедника «Хомутовская степь» (многолетние сборы, участки абсолютно заповедной, косимой и выпасаемой степи), наиболее близких по структуре растительности к исследованной целине, собрано только вдвое больше видов пауков [11].

Основу аранеофауны составляют представители семейств Gnaphosidae (почти 32% видов), Lycosidae (более 18%) и Salticidae (почти 14%) (табл. 2). Большая часть видов Gnaphosidae являются ночными охотниками, распространенными в герпетобии ксерофитных ценозов. Возрастание роли гнафозид в составе аранеофаун характерно для южных вариантов степей Левобережья. Они преобладают и в видовом списке «Хомутовской степи» [6]. Пауки-скакунчики Salticidae охотятся в основном в травяном ярусе открытых, хорошо освещенных местообитаний, перемещаясь также в напочвенном ярусе. Пауки-волки Lycosidae – активные, быстро передвигающиеся охотники герпетобия – включают виды с разнообразными биотопическими преференциями, в том числе мезо- и ксерофилов. Наиболее разнообразное в видовом отношении в аранеофауне региона семейство Linyphiidae (не менее 130 видов отмечено в подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей) на исследуемом участке было представлено всего 2 видами. Представители линифиид характеризуются омбро- и мезофильными предпочтениями и наибольшей численности и разнообразия в регионе достигают в подстилке лиственных древесных ценозов.

По количеству собранных экземпляров наиболее обильными были Philodromidae (более 28% особей), представленные единственным видом – *Thanatus arenarius*. Семейства Lycosidae (22%) и Gnaphosidae (25%) характеризуются несколько меньшей численностью. Пауки-скакунчики составляли почти 9% собранных экземпляров, пауки-крабы Thomisidae – 12%. Остальные семейства представлены единичными экземплярами и характеризуются низким видовым богатством.

Таблица 1

Видовой состав и численность пауков степной целины в урочище Яцев Яр

Вид	Численность	
	экз.	%
Harpactea rubicunda (C. L. Koch, 1838)	5	1,0
Harpactea azowensis Charitonov, 1956	1	0,2
Meioneta rurestris (C. L. Koch, 1836)	1	0,2
Microlinyphia pusilla (Sundevall, 1830)	1	0,2
Alopecosa cursor (Hahn, 1831)	20	4,0
Alopecosa pulverulenta (Clerck, 1757)	4	0,8
Alopecosa taeniopus Kulczynski, 1895	3	0,6
Pardosa alacris (C. L. Koch, 1833)	8	1,6
Pardosa agrestis (Westring, 1861)	14	2,8
Trochosa ruricola (De Geer, 1778)	1	0,2
Trochosa terricola Thorell, 1856	2	0,4
Xerolycosa miniata (C. L. Koch, 1834)	18	3,6
Pisaura mirabilis (Clerck, 1757)	5	1,0
Tegenaria lapicidinarum Spassky, 1934	3	0,6
Lathys stigmatisata (Menge, 1869)	1	0,2
Agroeca cuprea Menge, 1873	1	0,2
Phrurolithus festivus (C. L. Koch, 1835)	1	0,2
Cheiracanthium erraticum (Walckenaer, 1802)	5	1,0
Drassodes pubescens (Thorell, 1856)	5	1,0
Drassylus praeficus (L. Koch, 1866)	2	0,4
Drassyllus pumilus (C.L. Koch, 1839)	3	0,6
Drassyllus pusillus (C. L. Koch, 1833)	2	0,4
Drassyllus vinealis (Kulczyn'ski, 1897)	60	11,9
Gnaphosa dolosa Herman, 1879	1	0,2
Gnaphosa lucifuga (Walckenaer, 1802)	1	0,2
Gnaphosa licenti Shenkel, 1953	1	0,2
Haplodrassus bohemicus Miller & Buchar, 1977	39	7,8
Haplodrassus kulczynskii Lohmander, 1942	17	3,4
Haplodrassus signifer (C. L. Koch, 1839)	1	0,2
Poecilochroa variana (C. L. Koch, 1839)	1	0,2
Zelotes electus (C. L. Koch, 1839)	3	0,6
Zelotes gracilis (Canestrini, 1868)	1	0,2
Micrommata virescens (Clerck, 1757)	1	0,2
Thanatus arenarius L. Koch, 1872	160	31,8
Ozyptila scabricula (Westring, 1851)	3	0,6
Xysticus cristatus (Clerck, 1757)	23	4,6
Xysticus kochi Thorell, 1872	36	7,2
Xysticus striatipes L. Koch, 1870	4	0,8
Asianellus festivus (C.L. Koch, 1834)	21	4,2
Heliophanus flavipes (Hahn, 1832)	2	0,4
Pellenes seriatus (Thorell, 1975)	8	1,6
Philaeus chrysops (Poda, 1761)	1	0,2
Phlegra bicognata Azarkina, 2004	1	0,2
Sitticus penicillatus (Simon, 1875)	12	2,4

Примечание. Экз. – число экземпляров, % – относительная численность.

Таблица 2

Численность и видовое богатство семейств пауков степной целины урочища Яцев Яр

Семейство	Численность		Видовое богатство	
	число экз.	%	число видов	%
Dysderidae	7	1,2	2	4,6
Linyphiidae	3	0,5	2	4,6
Lycosidae	126	21,5	8	18,2
Pisauridae	5	0,9	1	2,3
Agelenidae	3	0,5	1	2,3
Dictynidae	2	0,3	1	2,3
Liocranidae	1	0,2	1	2,3
Corinnidae	1	0,2	1	2,3
Miturgidae	6	1,0	1	2,3
Gnaphosidae	144	24,6	14	31,8
Sparassidae	1	0,2	1	2,3
Philodromidae	165	28,2	1	2,3
Thomisidae	70	12,0	4	9,1
Salticidae	51	8,7	6	13,6

Статус эудоминанта имели два вида: *Thanatus arenarius* и *Drassyllus vinealis* (см. табл. 1). Доминантами выступали *Xysticus kochi* и *Haplodrassus bohemicus*. Причем только *Th. arenarius* и *X. kochi* доминировали также в герпетобии «Хомутовской степи», остальные доминанты этого заповедника либо не представлены в наших сборах, либо единичны. *Th. arenarius* отмечен в качестве майского доминанта в «Провальской степи» [5] и «Каменных Могилах» [10]. В группу субдоминантов исследованного локалитета входили *Asianellus festivus, Xysticus cristatus, Pardosa agrestis, Xerolycosa miniata*. Все доминирующие виды характерны для открытых ценозов. Часть из них – ксерофильные виды (например, *Pardosa agrestis, Xerolycosa miniata*). Другие приурочены к более мезофитным луговым и степным местообитаниям. Паук-волк *Alopecosa cursor* встречается в большинстве степных заповедников региона. Ряд доминантов характерен также для агроценозов (например, *Haplodrassus kulczynskii, P. agrestis, X. miniata*). *Sitticus penicillatus* в степной зоне Левобережья регистрировался ранее только в «Хомутовской степи» [11].

В целом группа доминирующих видов исследованного участка значительно отличается от доминантов заповедных степей (рис. 2).

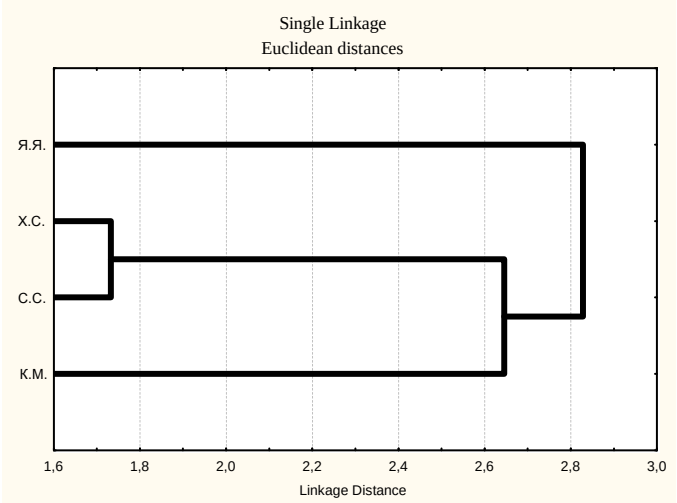
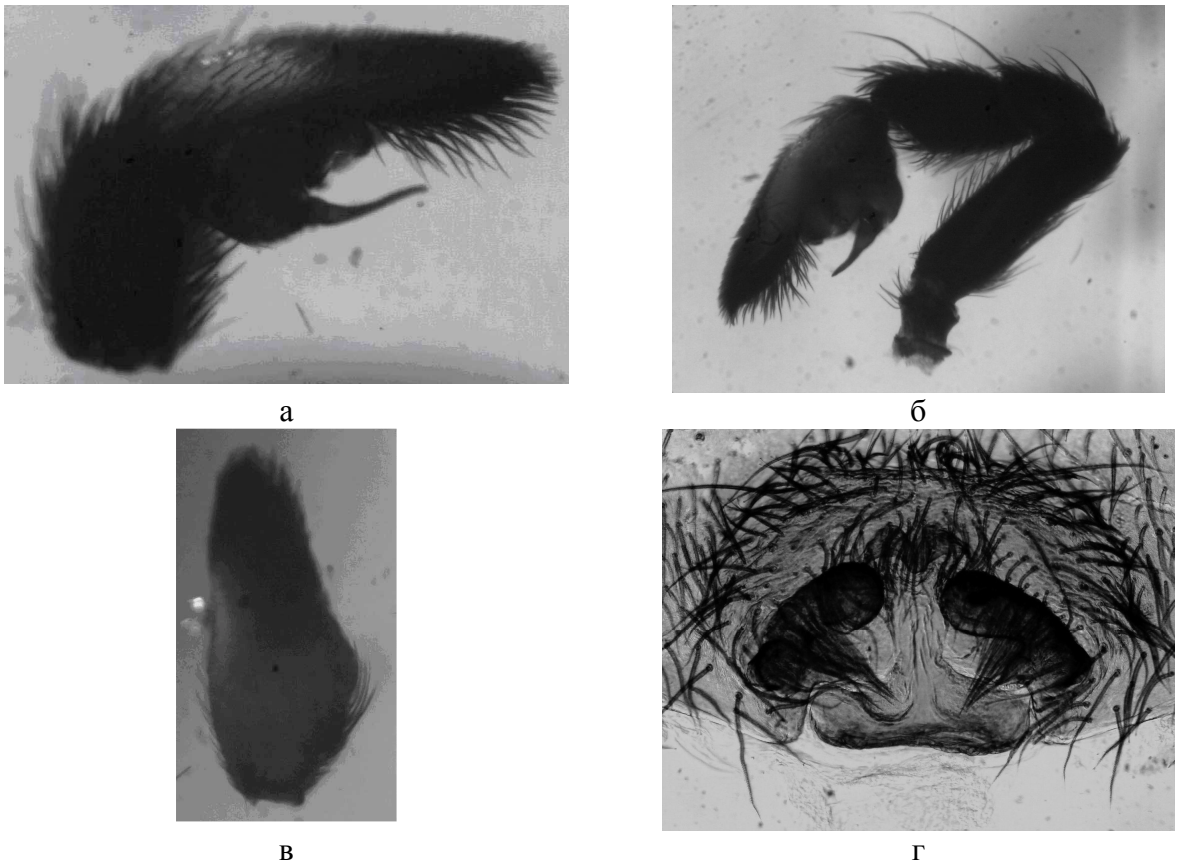


Рис. 2. Сходство видового состава доминантов исследованного степного участка и степных заповедников (Я.Я. – Яцев Яр, Х.С. – «Хомутовская степь», С.С. – «Стрельцовская степь», К.М. – «Каменные Могилы», мера сходства – эвклидово расстояние, метод одиночного присоединения).

Отличительной чертой структуры доминирования населения пауков исследованного степного участка является низкая совокупная доля видов с относительной численностью, превышающей 5% собранных экземпляров – эудоминантов и доминантов. Этот показатель составляет почти 47% (в антропогенно трансформированных и ряде естественных ценозов региона он часто превышает 70-80%).

Интересна находка паука-волка *Pardosa alacris*, ранее на Левобережье Украины не отмеченного. Этот вид близок по морфологическим характеристикам к широко распространенному палеарктическому мезофильному виду *P. lugubris* (Walckenaer, 1802) (рис. 3) [19].



а б в г

Рис. 3. *Pardosa alacris*: а, б – пальпус латерально, в – цимбиум сзади, г – эндогина.

Характерной особенностью структуры жизненных форм населения пауков исследованного ценоза является как значительная доля засадников (пауки-крабы Thomisidae и Philodromidae), так и снижение доли бродячих охотников (семейства Lycosidae, Gnaphosidae, Dysderidae и др.) (рис. 4). По-видимому, в густом травостое степного участка более выигрышной оказывается засадная стратегия «сижу и жду», чем активный поиск и преследование добычи, практикуемое бродячими охотниками. Знаменательно, что в байрачном лесу, граничащем с исследованным степным участком, преобладают именно бродячие охотники. Причем относительная численность тенетных форм в ценозах обоих типов сходно низкая, что связано со спецификой почвенных ловушек как метода сбора.

Динамическая плотность пауков составила 26,6 экз. на 100 ловушко-суток. Это значение сравнимо с показателями, отмеченными в степных заповедниках региона (варьируют от 13 до 46 экз. на 100 ловушко-суток). Довольно невысокая динамическая плотность связана, по-видимому, с ксерофитностью исследованного ценоза – в соседнем байрачном лесу этот показатель в 3 раза выше. Характерно, что при зарастании степи караганой (как это происходит на абсолютно заповедных участках «Стрельцовской степи») динамическая плотность пауков возрастала с 46 до 116 экз. на 100 ловушко-суток.

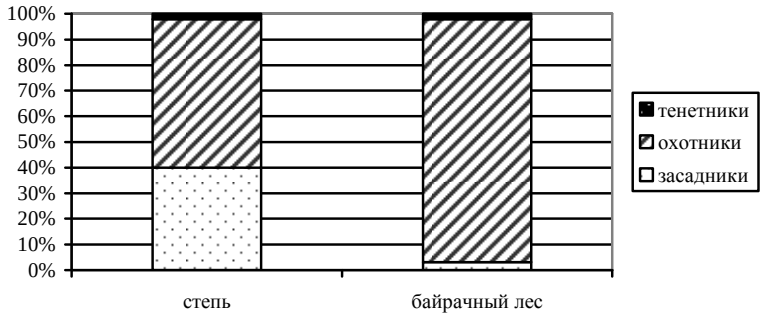


Рис. 4. Соотношение относительной численности пауков разных жизненных форм на степном участке и в байрачном лесу (Яцев Яр).

Выводы

Исследованный степной участок характеризуется значительным видовым богатством аранеофауны – найдено 44 вида герпетобионтных пауков из 14 семейств, в том числе ранее не отмечавшийся на Левобережье *Pardosa alacris*. Наибольшим количеством видов характеризуются три семейства: Gnaphosidae, Lycosidae и Salticidae. По количеству собранных экземпляров наиболее обильными были Philodromidae, Lycosidae и Gnaphosidae. В группу доминирующих видов входят *Asianellus festivus, Haplodrassus bohemicus, Drassyllus vinealis, Xysticus cristatus, X. kochi, Thanatus arenarius*. Состав доминантов значительно отличается от такового в заповедных степях. Характерной чертой структуры доминирования населения пауков степного участка в урочище Яцев Яр является низкая совокупная доля эудоминантов и доминантов (почти 47%). Структура жизненных форм отличается значительной долей засадников и снижением доли бродячих охотников. Динамическая плотность пауков довольно низкая – 26,6 экз. на 100 ловушко-суток.

Список литературы

1. *Грезе Н. С.* Пауки Донской области / Н. С. Грезе // Тр. студ. кружка по изуч. родной природы при Московском ун-те. – 1909. – Т. 4. – С. 99–11.

2. *Полчанинова Н. Ю.* Состояние изученности аранеофауны степных заповедников Украины / Н. Ю. Полчанинова // Тез. докл. Всес. конф. «Заповедники СССР – их настоящее и будущее». – Новгород: Комиссия АН СССР по координации науч. исслед. в гос. заповедниках СССР и др, 1990 а. – Ч. 3. – С. 120–121.

3. *Полчанинова Н. Ю.* Сравнительная характеристика фауны пауков степей Левобережной Украины / Н. Ю. Полчанинова // Новости фаунистики и систематики. – К.: Ин-т зоол. АН УССР, 1990 б. – С. 163–167.

4. *Полчанинова Н. Ю.* Пауки степной зоны Левобережной Украины: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 «Энтомология» / Н. Ю. Полчанинова. – СПб: СпбГУ, 1992 а. – 16 с.

5. *Полчанинова Н. Ю.* Пауки Провальской степи / Н. Ю. Полчанинова // Фауна и экол. пауков, скорпионов и ложноскорпионов СССР: Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1992 б. – Т. 226. – С. 98–104.

6. *Полчанинова Н. Ю.* Пауки заповедника «Хомутовская степь» / Н. Ю. Полчанинова // Тез. докл. Междунар. симп. «Энтомологические исследования в заповедниках степной зоны». – Харьков: Харьковск. энтомол. общ-во, 1993. – С. 54–55.

7. *Полчанинова Н. Ю.* Аранеофауна «Стрельцовской степи» (Луганская область) и её место в фауне заповедных территорий / Н. Ю. Полчанинова // Матер. Российско-Украинской науч. конф. «Проблемы сохранения разнообразия природы степных и лесостепных регионов». – М.: КМК Sci Press Ltd, 1995. – С. 185–186.

8. *Полчанинова Н. Ю.* Особенности биотопической приуроченности пауков-герпетобионтов в степной зоне Украины / Н. Ю. Полчанинова // Матер. докл. I Всерос. совещ. «Проблемы почвенной зоологии». – Ростов-на-Дону: Изд-во обл. ИУУ, 1996. – С. 119–121.

9. *Полчанинова Н. Ю.* Эколого-фаунистический обзор пауков (Araneae) заповедника «Каменные Могилы» / Н. Ю. Полчанинова // Матер. Міжн. наук. конф. «Актуальні питання збереження та відновлення степових екосистем». – Асканія-Нова, 1998 а. – С. 299–300.

10. *Полчанинова Н. Ю.* К изучению фауны пауков (Aranei) заповедника «Каменные Могилы» / Н. Ю. Полчанинова // Тр. филиала Украинского степного природного заповедника «Каменные Могилы». – К.: Фитосоциоцентр, 1998 б. – Вып. 1. – С. 114–118.

11. *Полчанинова Н.Ю.* Материалы к инвентаризации фауны пауков (Araneae) заповедника «Хомутовская степь» (Донецкая обл.) / Н. Ю. Полчанинова // Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. Каразіна. Сер.: біол. – 2006. – С. 1–9.

12. *Полчанинова Н. Ю.* К изучению фауны пауков (Aranei) меловых степей Восточной Украины / Н. Ю. Полчанинова // Тез. докл. ентомол. наук. конф., присв. 60-й річниці Укр. ентомол. тов-ва «Сучасні проблеми ентомології» (м. Умань, 12–15 жовтня 2010 р.). – К.: Колобіг, 2010. – С. 19–20.

13. *Прокопенко Е. В.* Структура комплексов пауков биотопов поймы реки Берда, перспективных для заповедания / Е. В. Прокопенко // Тез. докл. конф. «Биологические исследования на природоохранных территориях и биологических стационарах» (Харьковская обл., с. Гайдары, сентябрь 1999 г.). – Харьков: ХГУ, 1999. – С.106-107.

14. *Прокопенко Е. В.* Фауна пауков Луганского природного заповедника / Е. В. Прокопенко // Тез. докл. Всеукр. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Биоразнообразие природных и техногенных биотопов Украины». – Донецк, 2001. – Ч. 2. – С. 160–164.

15. *Скляр В. Е.* Пауки (Aranei) из гнезд грызунов Донецкого Приазовья / В. Е. Скляр, Е. Б. Попов // Зоол. журн. – 1972. – Т. 51, вып. 4. – С. 602–604.

16. *Собка Е. А.* Материалы к изучению фауны пауков (Araneae) заповедника «Каменные Могилы» / Е. А. Собка, Е. Ю. Савченко, Е. В. Прокопенко // Тез. докл. VII Межд. научн. конф. аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Донецк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – С. 24–25.

17. *Харитонов Д. Е.* Каталог русских пауков / Д. Е. Харитонов. – Л.: Изд-во АН СССР, 1932. – 206 с.

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

19. *Kronestedt T.* The identity of *Pardosa alacris* (C. L. Koch 1833) (Arachnida: Araneae: Lycosida) / T. Kronestedt // Senckenbergiana boil. – 1992. – V. 72, 1/3. – P. 179–182.

20. *Spassky S.* Die Spinnen des Don-Gebietes / S. Spassky // Zool. Anz. – 1912. – Bd. 40, Hf. 6–7. – S. 179–188.

Прокопенко О. В., Жуков О. В. **Структура населення павуків (Aranei) степової цілини в урочище Яцев Яр (Дніпропетровська область).** – Досліджено степову ділянку в урочище Яцев Яр. Знайдено 44 види павуків з 14 родин, у тому числі раніше не зареєстрований на Лівобережжі *Pardosa alacris*. Найбільшою кількістю видів характеризуються три родини: Gnaphosidae, Lycosidae і Salticidae. За кількістю зібраних екземплярів найбільш багаточисельними були Philodromidae, Lycosidae і Gnaphosidae. Домінували степові види: *Asianellus festivus*, *Haplodrassus bohemicus*, *Drassyllus vinealis*, *Xysticus cristatus*, *X. kochi*, *Thanatus arenarius*. Динамічна щільність населення павуків досить низька – 26,6 екземплярів на 100 пастко-діб.

Ключові слова: павуки, структура населення, степова цілина.

Prokopenko E. V., Zhukov A. V. **The structure of the spider (Aranei) community of the steppe virgin land in Yatsev Yar (Dnepropetrovsk region).** – The steppe area in Yatsev Yar has been studied. 44 spider species from 14 families have been found, including *Pardosa alacris* earlier not noted on Left Bank of the river Dniper of the Ukraine. Three families: Gnaphosidae, Lycosidae and Salticidae have been found as having the most diverse species composition. It has been investigated that Philodromidae, Lycosidae and Gnaphosidae families to be most abounded. The species such as *Asianellus festivus*, *Haplodrassus bohemicus*, *Drassyllus vinealis*, *Xysticus cristatus*, *X kochi*, *Thanatus arenarius* have been stated as dominant in steppe biotopes. The dynamic density of spider population has been found as rather low – 26,6 specimens per 100 traps-day.

Key words: spiders, structure of the population, steppe virgin land.

УДК 595. 771

© З. В. Усова, М. В. Рева, Р. Д. Семушин

К СИСТЕМАТИКЕ МОШЕК РОДА *CNETHA* ENDERLEIN, 1921 (DIPTERA, SIMULIIDAE) ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail:zoology.dep@donnu.edu.ua

Усова З. В., Рева М. В., Семушин Р. Д. **К систематике мошек рода *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) юго-востока Украины. –** Дано описание рода *Cnetha* Enderlein, 1921 и его отдельных видов, составлены определительные таблицы, приведены систематические замечания по каждому виду и сведения по биологии.

Ключевые слова: систематика, Diptera, Simuliidae, *Cnetha* Enderlein, 1921, юго-восток Украины.

Введение

На территории юго-востока Украины мошки рода *Cnetha* End., 1921 имеют важное практическое значение. Самки ряда видов являются злостными кровососами человека и домашних животных. Личинки же принимают участие в процессах биологического самоочищения водоемов и являются пищей для различных гидробионтов.

Цель работы – установление видового состава и изучение систематики мошек рода *Cnetha* End., 1921 на территории юго-востока Украины.

Материал и методы исследования

Материалом для написания работы послужили сборы по преимагинальным фазам и взрослым мошкам рода *Cnetha* End., 1921 на юго-востоке Украины за период с 1965 г. по настоящее время, а также коллекции кафедры зоологии Донецкого национального университета.

Сбор мошек, камеральную обработку материала проводили по общепринятым методикам И. А. Рубцова [4], З. В. Усовой [7] с некоторыми изменениями [8].

Результаты исследований

Ниже приводим диагноз рода *Cnetha* Enderlein, 1921, определительные таблицы и описание его отдельных видов.

Род *Cnetha* Enderlein, 1921

Enderlein, 1921: 199; Рубцов, Янковский, 1984: 100; 1988: 140. – *Friesia* Enderlein, 1922: 69 (типовой вид *Nevermannia tristrigata* Enderlein, 1921, Франция, по первоначальному обозначению). – *Pseudonevermannia* Baranov, 1926: 164 (*Nevermannia* subg.) (типовой вид *Atractocera latipes* Meigen, 1804, Германия, по первоначальному обозначению). – *Cryptectemnia* Enderlein, 1936: 114 (типовой вид *Cryptectemnia laticalx* Enderlein, 1936, Румыния, по первоначальному обозначению). – *Miodasia* Enderlein, 1936: 39 (типовой вид *Miodasia opalinipennis* Enderlein, 1936, Центр. Европа, по первоначальному обозначению); Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 26; Янковский, 2002: 304.

Типовой вид *Atractocera latipes* Meigen, 1804, Германия, по первоначальному обозначению (= *Simulium vernum* Macquart, 1826, Франция, по решению МКЗН).

Имаго: Ноги коричневато-черные или со светлыми участками, не резко отграниченными от темных; 1-й членик задних лапок с хорошо развитой кальципалой и педисулькусом; жилка R_1 в волосках на всем протяжении.

Самка: спинка темная, редко с продольными сероватыми полосками; коготок с крупным базальным шипом; генитальные пластинки простые; ветви вилочки, как правило, с широкими арковидными лопастями.

Самец: спинка обычно однотонно темная; гоностили сапожковидные, несут по 1 (очень редко 2) апикальному шипу; гоностерн пластинчатый; парамеры, как правило, с 1 очень крупным шипом; гонофурка глубоко расщеплена в дистальной части.

Личинка: антенна 4-х члениковая; рисунок на лбу крестообразный; вершинный зубец мандибул примерно в 2-3 раза длиннее предвершинных, 3-й предвершинный зубец длиннее 2-го; передний край субментума относительно ровный, зубцы субментума мелкие четкие; вентральный вырез головной капсулы, как правило, неглубокий, занимает менее половины длины щечных склеритов; ректальные придатки обычно ветвистые, у некоторых видов простые.

Куколка: кокон с 1 или 2 роговидными выростами на переднем крае, плотного плетения, полностью прикрывает тело куколки. В дыхательном органе 4 или (очень редко) 8 нитей, у большинства видов дыхательные нити попарно сближены; в передней части тергитов брюшка, начиная с V-го, развиты ряды мелких треугольных шипиков.

Преимагинальные фазы населяют различные водотоки, от ручейков до малых рек. Самки многих видов – кровососы человека и животных, но, как правило, не являются массовыми кровососущими видами.

Распространение: Голарктика, Афротропическая и Индомалайская области.

Определительные таблицы видов рода *Cnetha* End., 1921 юго-востока Украины

Самки

1(4). Лоб трапециевидной формы, расширенный в вершинной части. 3-й членик щупиков немного короче 4-го членика.

2 (3). Кальципала занимает менее половины ширины на дистальном конце 1-го членика задней ноги. Глоточный склерит с короткими боковыми выростами (0,02 мм). Вилочка с относительно коротким стебельком (0,16 мм) и высокими (0,07 мм) и широкими ветвями со слабо склеротизированными латеральными утолщениями. Генитальные пластинки по внутреннему краю слегка вогнуты. Анальные пластинки прямоугольно-овальные. Церки квадратные, скошены по внутреннему краю …… *C. mariae* sp.n. (рис. 4).

3 (2). Кальципала занимает более половины ширины на дистальном конце 1-го членика задней ноги. Глоточный склерит с длинными боковыми выростами (0,05 мм). Вилочка с длинным стебельком (0,20 мм), вогнутыми по внутреннему и заднему краям ветвями, со склеротизированными шиповидными утолщениями. Генитальные пластинки по внутреннему краю ровные. Анальные пластинки округлые. Церки прямоугольные, с ровными краями ……. *C. lidiae* Semush. et Uss. (рис. 6).

4 (1). Лоб прямоугольной формы, слегка расширен к вершине. 3-й членик щупиков вдвое короче 4-го членика ……..... *C. verna* (Macq.) (рис. 2).

Самцы

1 (4). Лицевой киль опушен только по бокам, с умеренно развитыми боковыми выростами по бокам нижнего края.

2 (3). Кальципала занимает менее половины ширины дистального конца 1-го членика задней лапки. Гоностерн с мощными длинными выростами по переднему краю, направленными вперед, тело сильно скошено к основанию, медиальный валик треугольной формы, доходит почти до середины тела гоностерна. Ширина сапожковидного гоностиля почти равна его длине……..... *C. mariae* sp.n. (рис. 4).

3 (2). Кальципала занимает более половины ширины дистального конца 1-го членика задней ноги. Гоностерн с крупными длинными выростами, загнутыми во внутреннюю сторону, тело почти квадратное (слабо скошено к основанию), его медиальный киль шаровидной формы и расположен у самого основания тела гоностерна. Ширина сапожковидного гоностиля превышает его длину ……..……..... *C. lidiae* Semush. et Uss. (рис. 6).

4 (1). Лицевой киль равномерно опушен волосками ……..... *C. verna* (Macq.) (рис. 2).

Личинки

1 (4). Лобный склерит однотонной окраски. Темные пятна крестообразного рисунка на лбу отчетливо выражены. Вентральный вырез головной капсулы прямоугольно-овальный.
2 (3). Краевые зубцы субментума выше уровня срединного. Промежуточные зубцы расположены на разных уровнях. В большом веере 48-50 лучей. В заднем прикрепительном органе (присоске) 74-76 рядов крючьев по 13-14 крючков в каждом ряду. Ветви хитиновой рамы доходят до 13-го ряда крючьев ……..…….... *C. lidiae* Semush. et Uss. (рис. 5).
3 (2). Краевые зубцы субментума расположены на одном уровне со срединным зубцом; из промежуточных зубцов наружный выше уровня среднего и внутреннего. В большом веере 42-43 луча. В заднем прикрепительном органе (присоске) 70-72 ряда крючьев по 11-12 крючьев в ряду. Ветви хитиновой рамы доходят до 11-го ряда крючьев …..... *C. verna* (Macq.) (рис. 1).
4 (1). Лобный склерит более интенсивно затемнен у основания. Заднезатылочные пятна крестообразного рисунка отсутствуют или крайне слабо выражены .....……..... *C. mariae* sp.n. (рис. 3).

Куколки

1 (4). Тергиты V-VI-х сегментов брюшка вооружены 3-4-мя шипиками.
2 (3). Стебелек пары верхних дыхательных нитей по длине равен половине длины стебелька нижней пары нитей ……..... *C. mariae* sp.n. (рис. 3).
3 (2). Стебелек верхней пары дыхательных нитей в 3 раза короче стебелька нижней пары нитей ……..…….……..... *C. verna* (Macq.) (рис. 1).
4 (1). Тергиты V-VI-го сегментов брюшка вооружены многочисленными шипиками ……..... *C. lidiae* Simush. et Uss. (рис. 5).

Cnetha verna (Macq.) (рис. 1, 2)

Macquart, 1826; Meigen, 1804, Syst. Beschr., 1: 96 (*Atractocera*) sensu Rubzov, 1956 (nec Meigen, 1804); Friederichs, 1919: 61; Edwards, 1920, Bull. Ent. Res., 11: 239-240; Seguy, 1925, Faune de France, 12: 40-41; Petersen, 1924, Bidr. Dansk. Simul.: 280-282; Дорогостайский, Рубцов и Власенко, 1935: 176; Рубцов, 1940: 333-335 (*Simulium*); Grenier, 1953: 105-106 (*Simulium*); Рубцов, 1956: 426-429; Усова, 1961: 94-105; Каплич, Сухомлин, Усова, 1992: 26-34, Янковский, 2002: 13, 82, 317, 330, 340, 350.

Самка. Длина тела – 3,5-4,3 мм.

Голова. Лоб узкий (наименьшая ширина – 0,09 мм, наибольшая – 0,15 мм) и высокий (0,22 мм), по бокам густо опушен длинными волосками. Лицо округлое, его ширина (0,23 мм) чуть больше длины (0,20 мм), голое в верхней и центральной части. Усик темно-коричневый, длинный (0,58 мм), длина 2-го членика (0,04 мм) чуть меньше, чем 3-го (0,06 мм). Щупик длинный (0,58 мм), 2-й членик округлый, крупный (длина – 0,14 мм, ширина – 0,10 мм) темно-коричневого цвета, 2-й и 3-й членики светло-коричневые, 4-й членик (0,26 мм) равен длине 2-го и 3-го члеников вместе взятых. Лаутерборнов орган крупный (длина – 0,07 мм, ширина – 0,04 мм), болем или менее равномерно покрыт чувствительными сосочками, занимает ½ ширины и длины членика. Мандибула скошена с обеих сторон, имеет 29 внутренних и 13 наружных зубцов. Максилла несет по 14 зубцов с каждой стороны. Глоточный склерит (длина – 0,24 мм, ширина – 0,13 мм) с неровным верхним краем и небольшими (0,02 мм) боковыми выростами.

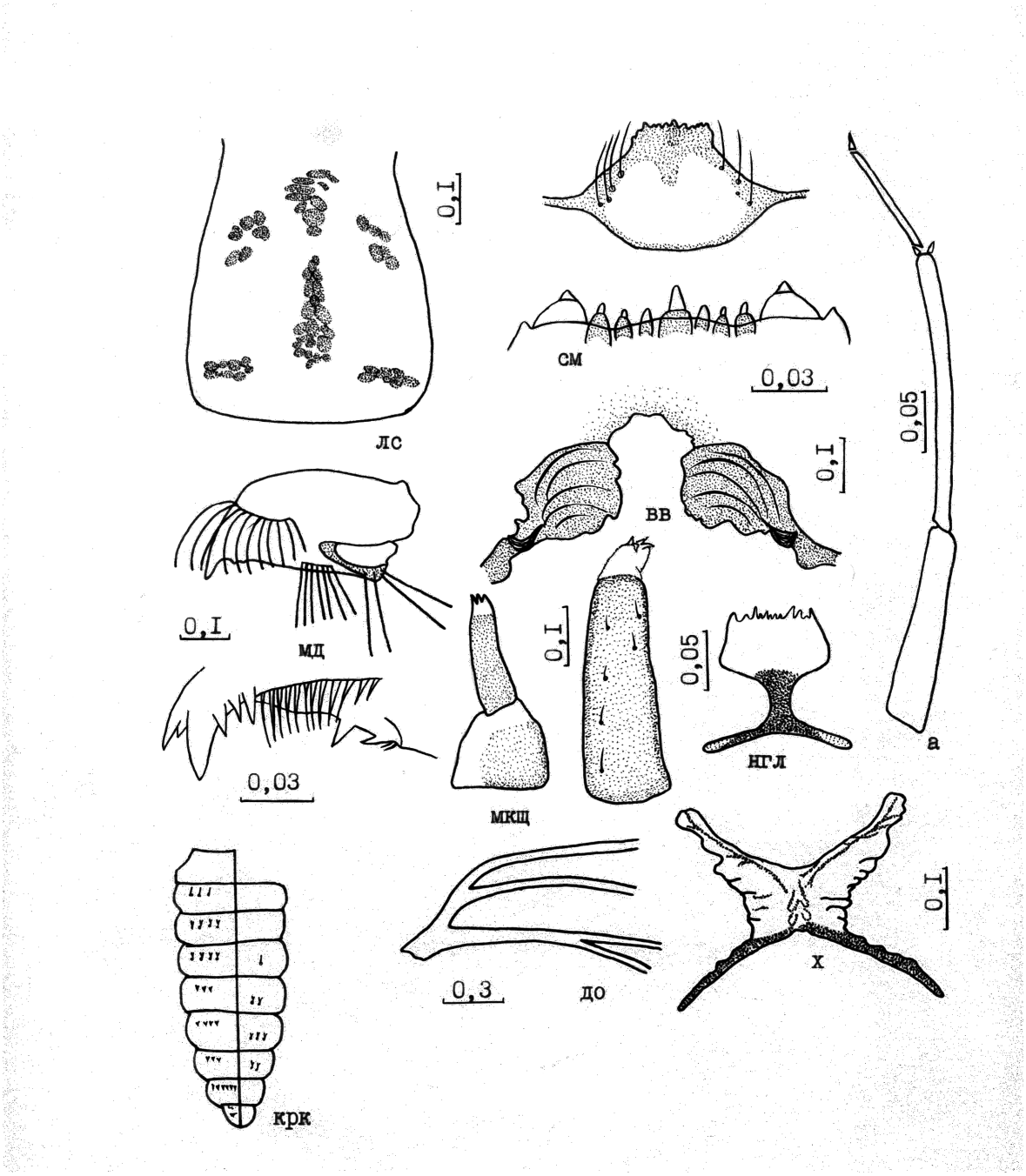


Рис. 1. *Cnetha verna* (Macq.):
а – антенна личинки; **ап** – анальные пластинки самки; **бс** – базистернум самки; **в** – вилочка самки; **вв** – вентральный вырез личинки; **глс** – глоточный склерит; **гк** – гонококсит; **го** – голень; **гп** – генитальные пластинки самки; **гс** – гоностиль; **гт** – гоностерн; **гф** – гонофурка; **до** – дыхательный орган; **зм** – зубцы мандибулы; **ка** – кальципала; **кг** – коготок; **крк** – крючки на брюшке куколки; **лб** – лоб самки; **ли** – лицо самки; **ло** – лаутерборнов орган; **лс** – лобный склерит личинки; **мд** – мандибула; **мк** – максилла; **мкщ** – максиллярный щупик; **н** – нога; **нгл** – надглоточник; **п** – парамеры; **см** – субментум; **у** – усик; **ц** – церки; **щ** – щупики.

Грудь. Спинка серовато-черная, покрыта мелкими прилегающими зеленовато-золотистыми волосками. Щиток черный, с длинными светло-золотистыми волосками. Жужжальца желтые.

Ноги коричневые, с более темной окраской вершин бедер, оснований и вершин голеней. 1-й членик передних лапок цилиндрический. Кальципала треугольная, хорошо развита, ее длина (0,04 мм) приблизительно равна ширине, занимает ½ ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, занимающей ⅔ ширины членика.

Брюшко. Вилочка с коротким (0,16 мм) стебельком и высокими (0,08 мм) ветвями. Ветви вилочки имеют «плечи» и лопасти, расходятся под углом 90°. Базистернум приблизительно прямоугольной формы, равномерно затемнен. Генитальные пластинки со слабо выпуклыми внутренними краями, опушены редкими волосками в центральной части. Анальные пластинки небольшие (длина – 0,10 мм, ширина – 0,16 мм), с вытянутым и более интенсивно окрашенным внутренним краем, опушены на дистальном конце длинными волосками. Церки прямоугольные (длина – 0,05 мм, ширина – 0,10 мм).

Самец. Длина тела – 3,0-4,0 мм.

Голова. Лицевой киль широкий (длина – 0,09 мм, ширина – 0,17 мм), низко-колбовидный, равномерно опушен длинными волосками. Усик коричневый (0,50 мм), длина 2-го членика (0,05 мм) равна длине 3-го и в 1,5 раза больше длины 4-го. Щупик короткий (0,45 мм), 4-й членик (0,20 мм) короче двух предыдущих вместе взятых; 2-й членик темнее остальных.

Грудь. Спинка бархатисто-черная, равномерно покрыта короткими прилегающими темно-золотистыми волосками. Щиток темно-коричневый, с торчащими медно-золотистыми волосками. Жужжальца буровато-желтые.

Ноги коричневые, вершины бедер, вершины и основания голеней более темные. 1-й членик задней лапки крупный (0,50 мм), широкий (0,15 мм). Кальципала хорошо развита (длина – 0,04 мм, ширина – 0,05 мм), занимает меньше половины ширины членика на дистальном конце. Педисулькус отчетливо выражен.

Брюшко. Гоностерн пластинчатый (длина – 0,09 мм, ширина – 0,15 мм), с крупными крючьями (0,10 мм), киль слабо выражен, доходит почти до середины тела гоностерна. Гонококсит трапециевидный (длина – 0,28 мм, наибольшая ширина – 0,23 мм), сужен к вершине, латеральный вырост небольшой (0,07 мм). Гоностили короткие (длина – 0,12 мм, ширина – 0,13 мм), сапожковидные. Гонофурка на дистальном конце рассечена примерно на ⅓ длины. Парамеры состоят из 1 крупного шипа. Гоноплевриты крупные, их длина (0,09 мм) равна ширине.

Личинка. Длина тела – 6,5-7,5 мм. Окраска желтая или сероватая.

Голова. Рисунок на лбу крестообразный, широкий. Антенна умеренно развита (0,51 мм), ее членики имеют разную длину, 2-й членик (0,25 мм) больше 1-го (0,16 мм) и в 3 раза длиннее 3-го (0,10 мм). В большом веере 42 – 43 луча. Мандибула (длина – 0,45 мм, ширина – 0,26 мм) закруглена по верхнему краю, вершинный зубец крупный; средний предвершинный зубец короче переднего и заднего; внутренних зубцов – 12, они в 2 раза длиннее предвершинных; краевых зубцов – 2, четко выражены; кроме того, имеются мелкие краевые зубчики. Максиллярный щупик тонкий, его длина (0,21 мм) в 3 раза больше ширины (0,07 мм). Субментум с вытянутым передним краем, несет по бокам по 4 щетинки. Зубцы субментума мелкие, срединный находится на одном уровне с боковыми; средний промежуточный ниже уровня наружного и внутреннего. Вентральный вырез маленький (длина – 0,21 мм, ширина – 0,14 мм), прямоугольный, хитинизированные утолщения доходят почти до его вершины. Надглоточник бокаловидной формы.

Брюшко. Ветви хитиновой рамы имеют разную длину (верхние – 0,19, нижние – 0,28), доходят до 11-12-го ряда крючьев. В заднем прикрепительном органе 70-72 ряда по 11-12 крючьев в каждом.

Куколка. Длина тела – 4,0-5,0 мм.

Кокон с роговидным выростом по переднему краю. Дыхательных нитей – 4, они расположены в одной плоскости. Верхняя нить отходит вверх под углом 60°, изгибается и далее направлена вперед. Нижняя пара нитей имеет длинный (0,60 мм) стебелек, который в 3 раза длиннее стебелька верхней пары нитей. На V-VII-х тергитах брюшка неполные (по 3-4 шипика) ряды мелких шипиков. Каудальные шипы мелкие.

Систематические замечания. От описаний *E. latipes latipes* (Mg.), представленных И. А. Рубцовым [4], наши формы отличаются окраской ног, усиков и щупиков у имаго, у самок – формой анальных пластинок; у личинок – деталями рисунка на лбу головной капсулы.

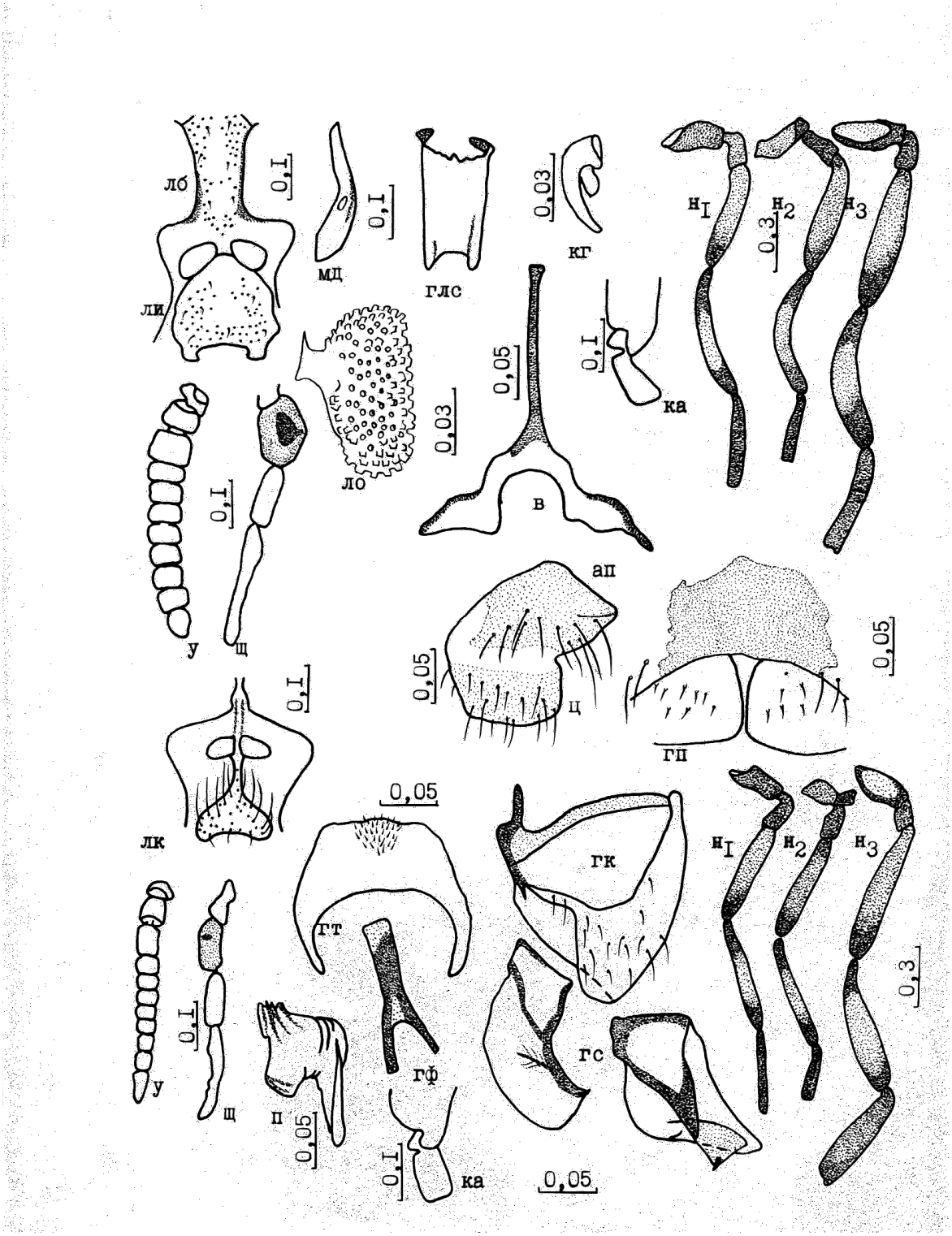


Рис. 2. *Cnetha verna* (Macq.) (условные обозначения – см. рис. 1).

Б и о л о г и я. Часто встречающийся вид. Личинки и куколки развиваются в больших и малых ручьях, разнообразных родниковых ручейках, шириной 1,5-3,0 м, глубиной 20-70 см, со скоростью течения 0,2-0,5 м/сек с чистой водой, песчаным и каменистым дном. Они также встречаются в небольших речках в местах впадения в них ручьев.

Личинки и куколки заселяют водную растительность, ветви и листья опада деревьев. В году развивается 3 генерации.

Зимующие личинки отрождаются с октября по март при температуре воды 2-5^{0}С. Отмечены также подъемы отрождения личинок из яиц в период ледостава и сразу после

ледохода. Зачатки дыхательных нитей появляются у личинок уже в феврале–марте при температуре воды 9-14^{0}С.

В конце мая – первой половине июня отрождаются личинки первой летней генерации. Их развитие продолжается до июля. Температура воды в это время – 14-16^{0}С. Окукление и вылет наблюдаются при температуре воды 17-19^{0}С. Развитие второй летней генерации продолжается в августе–сентябре при температуре воды 15-17^{0}С. Наибольшая плотность водных фаз (120-160 шт./дм^2) характерна для зимующей генерации. Кровосос.

Места обнаружения: ручьи и притоки рек Северский Донец, Красная, Айдар.

Общее распространение: Западная Европа, европейская часть СНГ, Восточная и Западная Сибирь.

Cnetha mariae sp.n. (рис. 3, 4)

Самка. Длина тела – 3,5-4,5 мм.

Голова. Лоб трапециевидной формы (наименьшая ширина – 0,07 мм, наибольшая – 0,15 мм), высокий (0,18 мм), по бокам густо опушен длинными волосками. Лицо прямоугольное, почти квадратное, с вогнутостью по бокам; его ширина (0,22 мм) чуть больше длины (0,20 мм), более редко опушено в верхней и центральной части. Усик темно-коричневый, длинный (0,48 мм), длина 2-го членика (0,05 мм) равна длине 3-го. Щупик короткий (0,36 мм), 2-й членик округлый, крупный (длина – 0,016 мм, ширина – 0,09 мм), темно-коричневый, 3-й и 4-й членики светло-коричневые, 4-й членик (0,20 мм) меньше суммы длин 2-го и 3-го члеников вместе взятых (0,28 мм). Лаутерборнов орган крупный (длина – 0,08 мм, ширина – 0,04 мм), равномерно покрыт чувствительными сосочками, занимает ½ ширины и ⅓ длины членика. Мандибула одинаково скошена с двух сторон, имеет 29 внутренних и 13 наружных зубцов. Максилла несет по 14 зубцов с обеих сторон. Глоточный склерит (длина – 0,23 мм, ширина – 0,13 мм) с ровным передним краем и короткими (0,02 мм) толстыми боковыми выростами.

Грудь. Спинка серовато-черная, покрыта мелкими прилегающими зеленовато-золотистыми волосками. Щиток черный, с длинными светло-золотистыми волосками. Жужжальца сплошь желтые.

Ноги коричневые, с более интенсивной окраской вершин бедер, основания и вершин голеней. 1-й членик передних лапок цилиндрический. Кальципала хорошо развита, ее длина (0,04 мм) равна ширине, занимает менее ½ ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с глубокой выемкой, занимающей ½ ширины членика.

Брюшко. Вилочка с коротким (0,16 мм) стержнем и высокими и широкими (0,07 мм) ветвями. Ветви вилочки имеют покатые и широкие лопасти, расходятся под углом 90°. Базистернум приблизительно прямоугольный, равномерно затемнен. Генитальные пластинки со слабо вогнутыми внутренними краями, опушены редкими волосками в центральной части. Анальные пластинки небольшие (длина – 0,09 мм, ширина – 0,16 мм), с вытянутым и более интенсивно окрашенным внутренним краем, опушены по внешнему краю длинными волосками. Церки прямоугольные (длина – 0,05 мм, ширина – 0,10 мм).

Самец. Длина тела – 3,0-4,0 мм.

Голова. Лицевой киль широкий, колбообразный, по бокам опушен длинными волосками. Усик коричневый длинный (0,50 мм), длина 2-го членика (0,06 мм) равна длине 3-го и в 1,5 раза больше длины 4-го (0,04 мм). Щупик короткий (0,45 мм), 4-й членик (0,20 мм) чуть короче двух предыдущих вместе взятых; 2-й членик темнее остальных.

Грудь. Бархатисто-черная спинка равномерно покрыта короткими прилегающими темно-золотистыми волосками. Щиток темно-коричневый, с торчащими медно-золотистыми волосками. Жужжальца буровато-желтые.

Ноги коричневые, вершины бедер, вершины и основания голеней более интенсивно окрашены. 1-й членик задней лапки крупный (0,60 мм), широкий (0,15 мм). Кальципала хорошо развита (длина – 0,03 мм, ширина – 0,04 мм), занимает меньше половины ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с небольшой выемкой.

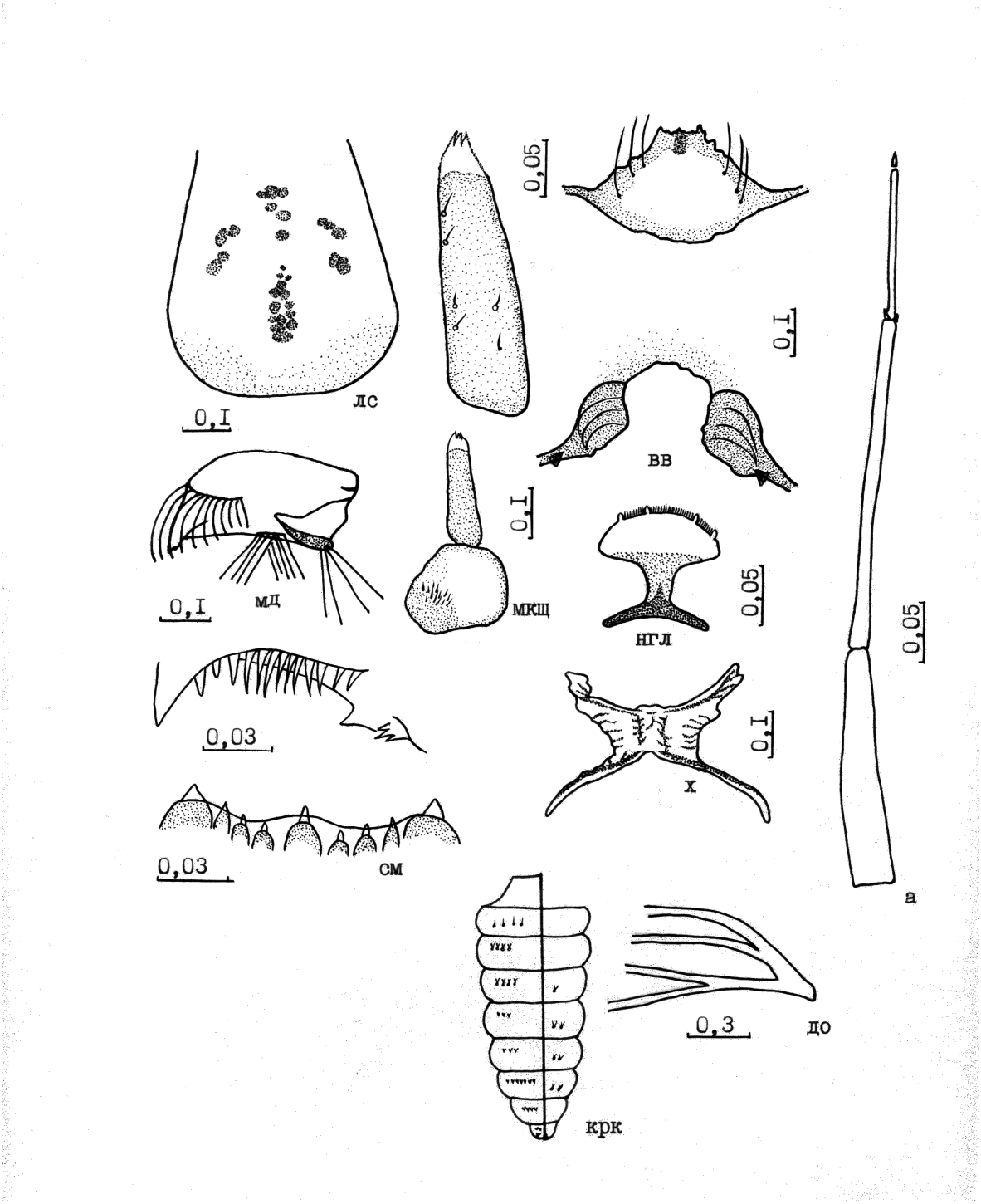


Рис. 3. *Cnetha mariae* sp. n. (условные обозначения – см. рис. 1).

Брюшко. Гоностерн пластинчатый (длина – 0,08 мм, ширина – 0,15 мм), с длинными толстыми крючьями (0,10 мм), слегка загнутыми вовнутрь, киль пирамидальной формы, слабо выражен, доходит почти до середины тела гоностерна. Гонококсит трапециевидный (длина – 0,26 мм, наибольшая ширина – 0,24 мм), сужен к основанию, латеральный вырост небольшой (0,08 мм). Гоностили сапожковидные короткие (длина – 0,12 мм, наибольшая ширина – 0,12 мм). Гонофурка на дистальном конце расширена и рассечена на ⅓. Парамеры состоят из 1 крупного шипа. Гоноплевриты крупные, расширены в срединной части, их длина (0,09 мм) равна ширине.

Личинка. Длина тела – 6,5-8,2 мм. Окраска желтая или сероватая.

Голова. Лобный склерит более затемнен у основания. Рисунок на лбу крестообразный, широкий, затылочные пятна отсутствуют или слабо выражены. Антенна длинная (0,54 мм), ее

членики имеют разную длину, 2-й членик (0,24 мм) длиннее 1-го (0,19 мм) и 3-го (0,12 мм). В большом веере 45-47 лучей. Мандибула (длина – 0,32 мм, ширина – 0,18 мм) слегка закруглена по верхнему краю, вершинный зубец крупный, широкий; предвершинный средний короче, чем передний и задний; внутренних зубцов – 10, краевых зубцов более 2-х, четко выражены. Максиллярный щупик тонкий, его длина (0,22 мм) в 3,5 раза больше ширины (0,06 мм). Субментум с вытянутым передним краем, несет по бокам по 3 щетинки. Зубцы субментума мелкие, почти полностью прикрыты чешуйками, срединный находится ниже уровня боковых; длина промежуточных зубцов убывает от наружного зубца к внутреннему зубцу. Вентральный вырез неглубокий (длина – 0,16 мм – равна ширине), округло-прямоугольный, занимает менее половины длины щечных склеритов, хитинизированные утолщения доходят почти до его вершины. Надглоточник грибовидной формы

Брюшко. Ветви хитиновой рамы имеют разную длину (верхние – 0,18, нижние – 0,23), нижние ветви доходят до 13-го ряда крючьев. В заднем прикрепительном органе 70-73 ряда по 11-13 крючьев в каждом.

Куколка. Длина тела – 5,0-7,0 мм.

Кокон с роговидным выростом по переднему краю. Дыхательных нитей – 4, расположены в одной плоскости. Верхняя нить отходит вверх под углом 45°, изгибается и идет вперед. Стебелек верхней пары нитей в 2 раза короче стебелька нижней пары нитей. На V-VI-х тергитах брюшка неполные (по 3-5 шипиков) ряды мелких шипиков, на VII-м сегменте полный ряд шипиков (6-7). Каудальные шипы мелкие.

Систематические замечания. По некоторым признакам наши формы похожи на *C. verna*, однако имеются значительные различия в морфологии взрослых особей, личинок и куколок. От описаний *C. verna*, приведенных И. А. Рубцовым [4] и З. В. Усовой [7], новый вид отличается: в фазе самки – строением лба, лица, щупиков, глоточного склерита, половых придатков (вилочки, генитальных и анальных пластинок); в фазе самца – строением лицевого киля, щупиков, половых придатков (гоностерна, гонококсита, гоностиля, гонофурки); в фазе личинки – морфологией лобного рисунка, строением субментума, мандибулы, надглоточника; премандибул, заднего прикрепительного органа (присоски); в фазе куколки – строением дыхательных нитей, хетотаксией тергитов брюшка.

Б и о л о г и я. Встречается редко. Найден вблизи с. Яровая (Донецкая область) в родниковом ручье хвойного леса. Ширина ручья – 0,5-0,8 м, глубина – 30-50 см, скорость течения воды 0,3-0,7 м/сек. Дно песчано-илистое. Вода прозрачная. В русле имеется водная растительность. Температура воды в мае составляла 9-10^{0}С, в июне – 11-14^{0}С, в августе – 15-16^{0}С. Личинки и куколки встречаются на перекатах и заселяют любой доступный субстрат, но наибольшая их плотность (20-60 шт./дм^2) наблюдается на водной растительности, находящейся у поверхности воды. Зимуют яйца. Имеет две генерации в году. В годы с теплой и ранней весной первые личинки отрождаются в феврале–марте при температуре воды около 8^{0}С. В годы с холодной и поздней весной – в апреле. Массовое отрождение личинок наблюдается при температуре воды 9-10^{0}С. В 1979 г. окукление личинок и вылет взрослых мошек наблюдались в июне при температуре воды 12-14^{0}С. С июля до начала сентября при температуре воды 15-17^{0}С развивается второе поколение. Нападение самок *C. mariae sp. n.* на человека и животных нами не отмечено.

Места обнаружения: родниковый ручей хвойного леса вблизи с. Яровая (Краснолиманский район Донецкой области).

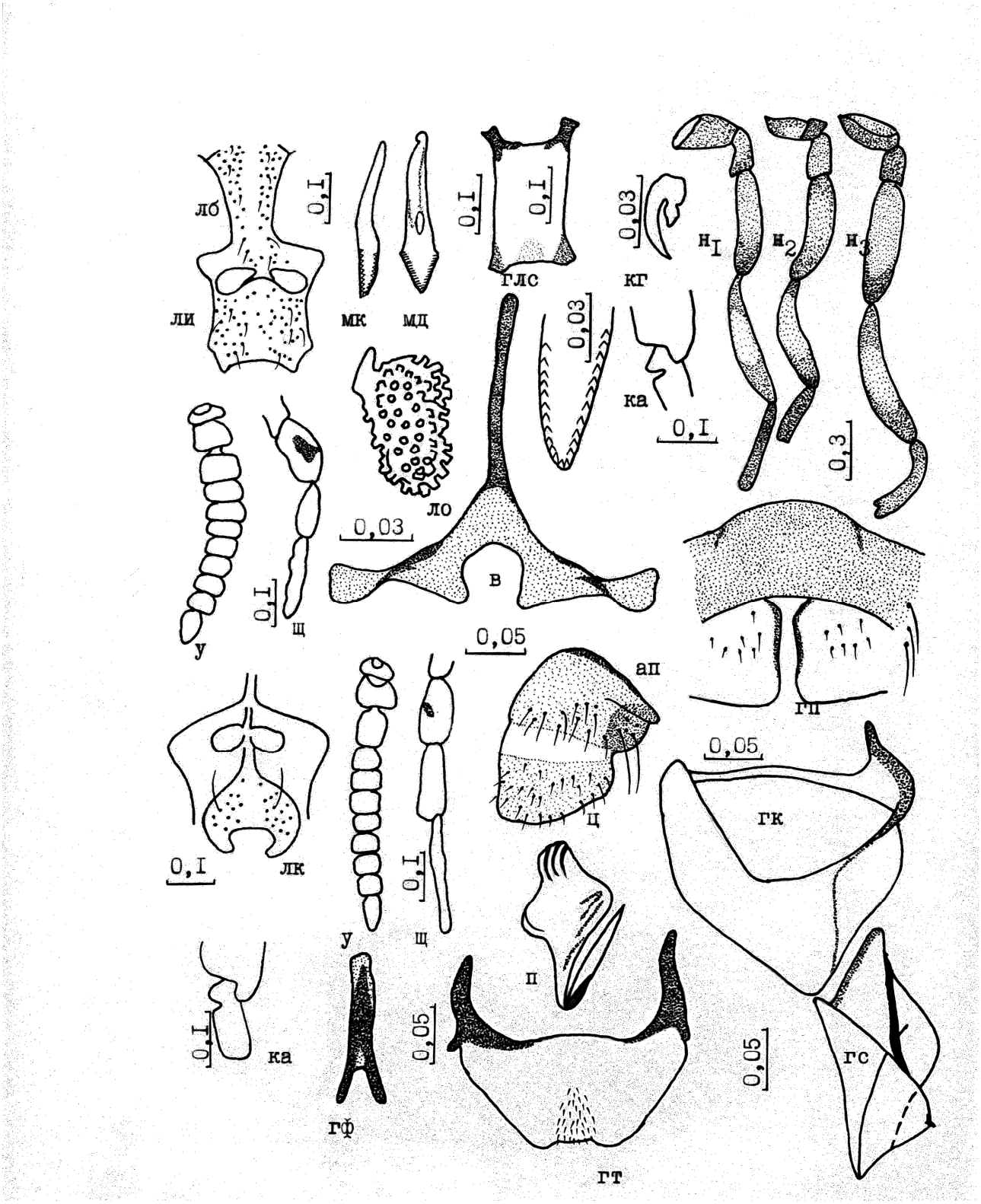


Рис. 4. *Cnetha mariae* sp. n. (условные обозначения – см. рис. 1).

Cnetha lidiae Semush. et Uss. (рис. 5, 6).

Семушин, Усова, 1983: 120-123; Янковский, 2002: 13, 318, 342, 350.

Самка. Длина тела – 2,0-2,5 мм.

Голова. Лоб высокий, трапециевидный, значительно расширен в вершинной части, не опушен в центральной части и имеет вид узкой голой продольной полоски. Лоб, лицо и темя светло-серебристые. Лицо квадратно-овальное, густо опушено, за исключением вершинной части. Усики черные, в мелких серебристых волосках; 3-й членик самый крупный, вдвое длиннее 4-го. Щупики темно-коричневые, 2-й членик вздутый, с крупным чувствительным органом; 4-й членик нитевидный, его длина почти равна 2-му и 3-му членикам вместе взятым. Чувствительный орган продолговато-овальный, равномерно покрыт чувствительными сосочками, занимает половину длины и ширины членика. Мандибула в вершинной части треугольной формы, неодинаково скошена с двух сторон, с наружной стороны с 12-ю зубцами, с внутренней – с 21-м. В максилле до 25 зубцов, расположенных на одном уровне с обеих сторон. Глоточный склерит продолговатый, узкий (длина – 0,25 мм, ширина – 0,11 мм), с относительно длинными (0,05 мм) загнутыми внутрь крючьями и на боковых выступах имеет шипики.

Грудь. Спинка в густых коротких серебристых волосках. Щиток темно-коричневый. Жужжальца: булава светло-желтая, стебелек – темный. Боковые склериты серебристые, мембрана сероватая, опушена короткими волосками.

Ноги коричневые, 1-й членик передних лапок цилиндрический, его длина в 9 раз больше ширины и на ⅓ короче голени. Более интенсивно затемнены: тазики, вертлуги, вершины бедер, основание и вершины голеней и 1-й членик всех ног. Коготки с крупным шипом у основания. Кальципала крупная, занимает более половины ширины членика. Педисулькус с неглубокой бороздкой.

Брюшко сверху темно-коричневое, снизу – сероватое. Вилочка крупная, с длинным (0,20 мм) толстым черным стебельком, с пологими широкими ветвями, внутренние края которых слегка сближены, на ветвях крупные склеротизированные бугры. Базистернум овально-четырехугольный. Генитальные пластинки прямоугольные, слегка выпуклые по внутреннему краю и как бы расходятся в стороны вблизи базистернума; опушены редкими волосками. Анальные пластинки имеют острый носик с внутренней стороны, который опушен длинными волосками; опушение всей остальной анальной пластинки редкое, с короткими волосками. Церки небольшие, почти квадратные и равномерно, за исключением переднего края, опушены волосками. Семяприемник крупный, его стенки имеют ячеистое строение.

Самец. Длина тела – 1,5-2,0 мм.

Голова. Лицевой киль широкий, низко-колбовидной формы; в срединной части неопушенная продольная полоса. Усики черные, с серебристым отливом, их членики постепенно сужаются к вершине; из них 2-й темнее и округлой формы, 3-й прямоугольный, в 2 раза длиннее 4-го. Щупики темно-коричневые, с редким серебристым опушением. Длина 4-го членика почти равна 2-му и 3-му членикам вместе взятым.

Грудь. Спинка бархатисто-черная, сплошь покрыта короткими светло-золотистыми волосками. Боковые склериты темно-коричневые, с серебристым отливом. Мембрана опушена. Щиток коричневый с серебристыми длинными волосками. Жужжальца светлые лишь на вершине булавы.

Ноги сплошь темные. На тазиках передних ног в вершинной части имеется пучок длинных волосков. 1-й членик передних ног по длине в 9 раз превышает ширину. 1-й членик задних лапок веретеновидно расширен, в 2,5 раза превышает свою ширину и чуть меньше длины бедра. Кальципала невысокая и занимает ⅓ ширины членика на дистальном конце. Педисулькус хорошо выражен, занимает чуть меньше половины ширины членика.

Брюшко сверху черное с короткими светлыми волосками, снизу – серовато-черное, с серебристым опушением; особенно длинные волоски расположены по бокам 1-го сегмента.

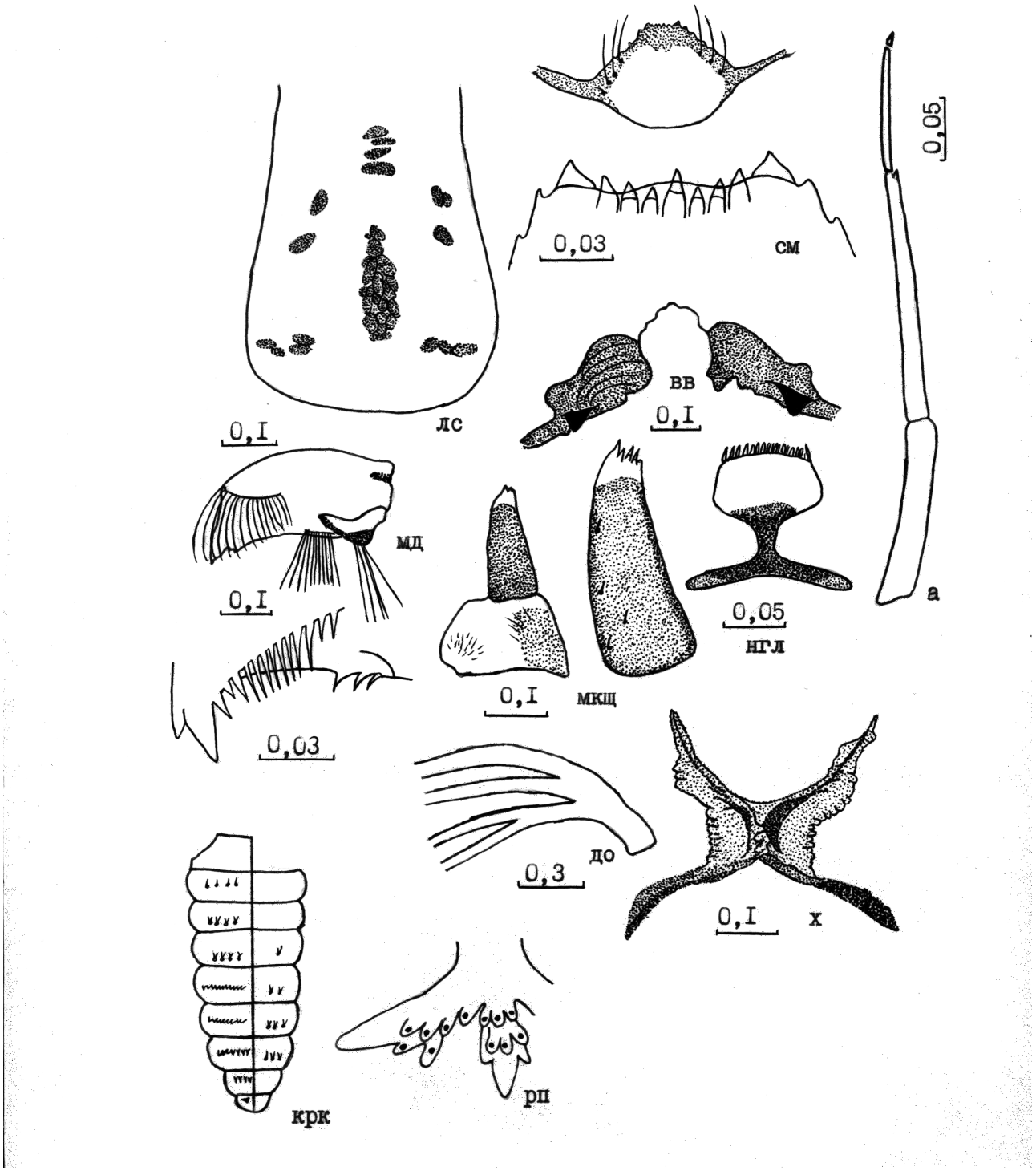


Рис. 5. *Cnetha lidiae* Semush. et Uss. (условные обозначения – см. рис. 1).

Гоностерн пластинчатый, почти квадратный, слегка сужен к заднему краю, посередине тела гоностерна. Гонококситы крупные, длина их внутреннего края намного превышает ширину гонококсита, базикоксальный шов прямой, расположен близко к переднему краю гонококсита. Боковые выросты гонококсита широкие. Гоностили сапожковидные, их ширина превышает длину гоностиля, на их вершине имеется один шипик. Парамеры с одним крупным зубцом, гоноплеврит треугольно-овальный. Гонофурка вилочковидная, X-й стернит с боковыми выростами.

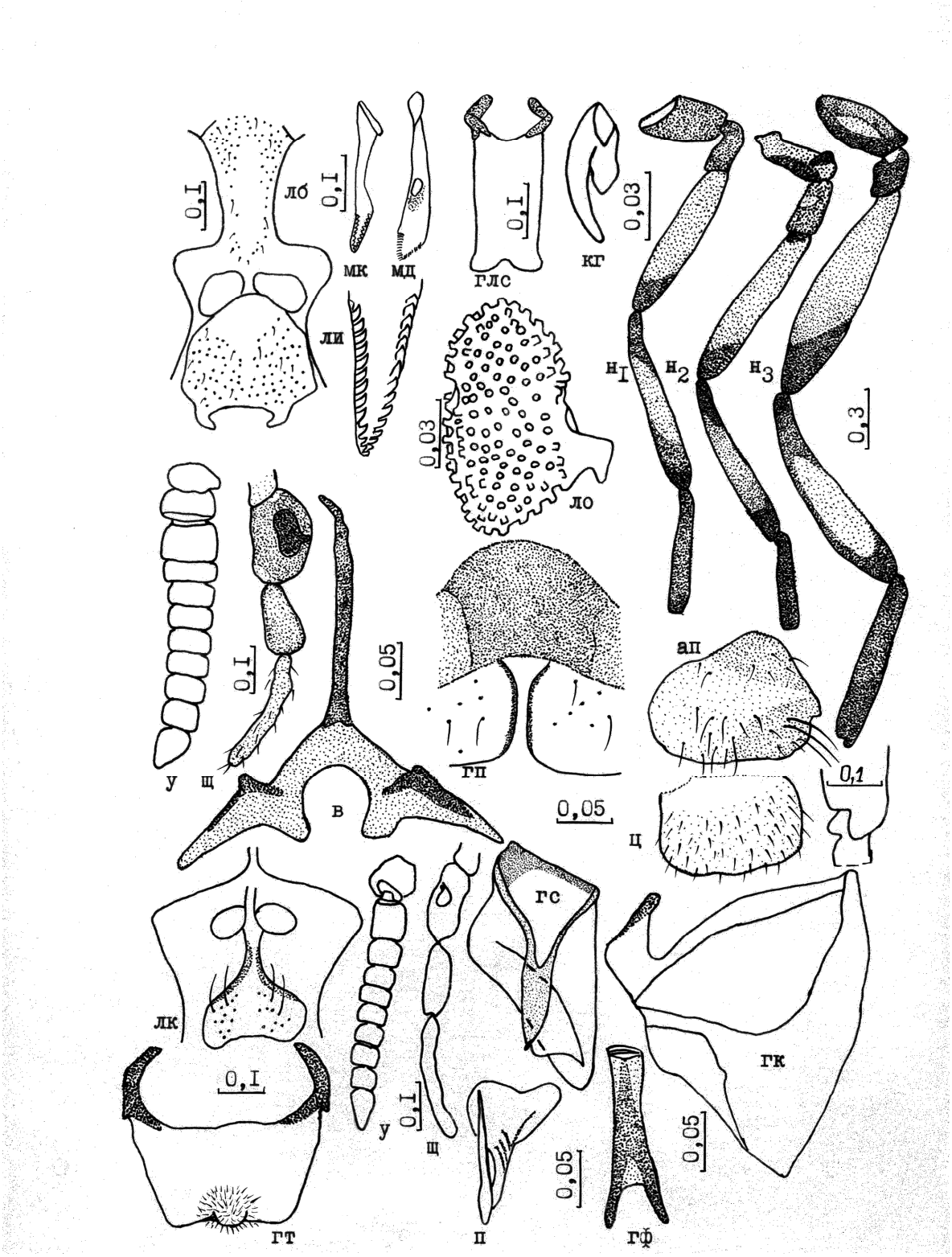


Рис. 6. *Cnetha lidiae* Semush. et Uss. (условные обозначения – см. рис. 1).

Личинка. Длина тела – 6,0-6,5 мм. Окраска желтовато-серая.

Голова коричневая, по бокам имеется округлое светлое пятно, к которому прилегают продолговатые пятна. Крестообразный рисунок на лбу нечеткий, не все боковые пятна выражены. Имеются цервикальные склериты. Антенна длинная, резко суживается к вершине.

1-й членик антенны толстый. В большом веере 48-50 лучей, стебелек очень длинный, равен ⅔ длины 1-го луча. Мандибула заметно вытянутая, ее длина в 2 раза больше ширины. Вершинный зубец длинный и широкий. Из предвершинных зубцов передний и задний крупнее среднего; внутренних зубцов 14-15, краевых зубцов – более 2, из них передний самый крупный. Субментум сужен в передней части. Боковые зубцы субментума выше уровня срединного; промежуточные зубцы субментума уменьшаются от наружного к внутреннему. Вентральный вырез неглубокий, в виде овального окна; хитинизированные утолщения по бокам выреза занимают ⅔ длины выреза от его основания.

Брюшко. По бокам брюшка имеются боковые выросты. Задний прикрепительный орган (присоска) состоит из 74-76 рядов крючьев по 13-14 крючков в каждом ряду. Верхние ветви хитиновой рамы широкие, нижние – узкие и достигают 13-го ряда крючьев. Ректальные придатки ветвистые.

Куколка. Длина тела – 2,5-3,0 мм.

Кокон желтый, иногда прозрачный с тупым длинным рогом посередине переднего края. Часто встречаются куколки с едва заметным рогом, который, возможно, обламывается вследствие массивности в период развития куколки. Дыхательных нитей – 4, они тонкие, очень длинные (превышают длину куколки), расположены попарно на разной длины стебельках. Нижний стебелек дыхательных нитей почти в 2 раза длиннее верхнего. Плечевые поля куколки несут овальные бляшки средней густоты, а также волоски. На V-VII-х тергитах брюшка полные ряды (6-8) треугольных шипиков.

Систематические замечания. Вид сходен с *C. verna*, но отличается от него на всех фазах развития: самки – формой лба, строением щупика, формой вилочки и анальных пластинок; самцы – строением гениталий; личинки – деталями строения рисунка на лбу головной капсулы, строением зубцов субментума и мандибулы, формой вентрального выреза; куколки – вооружением брюшка куколки различными крючками и шипиками, строением дыхательного органа.

Б и о л о г и я. Развивается в лесных родниковых ручьях. Их ширина – 0,5-1,0 м, глубина – 0,5 м, скорость течения 0,3-0,5 м/сек. Дно песчано-илистое, основным субстратом служит свисающая в воду растительность, реже – подводные предметы (палки, черепки). Температура воды летом колеблется от 10 до 17ºС (в мае – 9-10ºС, в июле – 15-17ºС). Имеет две генерации в году. Зимуют яйца. Отрождение личинок первой генерации начинается в конце февраля и продолжается до апреля, вылет отмечается в июне. Личинки и куколки второй генерации встречаются с июля по сентябрь.

Места обнаружения: Донецкая область, Краснолиманский район, с. Яровая, родниковый ручей в лесу; Луганская область, Кременской район, с. Краснопоповка, родниковые ручьи.

Общее распространение: Европа, Западная Сибирь.

Список литературы

1. *Дорогостайский В. Ч.* Материалы для изучения систематики, географического распространения и биологии мошек (Simuliidae) Восточной Сибири / В. Ч. Дорогостайский, И. А. Рубцов, Н. М. Власенко // Паразитол. сб. ЗИН АН СССР. – М.-Л., 1935. – Т. 5. – С. 107–204.

2. *Каплич В. М.* Фауна и экология мошек Полесья / В. М. Каплич, Е. Б. Сухомлин, З. В.Усова, М. В. Скуловец / Под ред. М. Н. Трухан. – Минск: «Ураджай», 1992. – 264 с.

3. *Рубцов И. А*. Мошки (сем. Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М.-Л., 1940. – 533 с. (Фауна СССР. Т. 6, вып.6).

4. *Рубцов И. А*. Мошки (сем. Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М.-Л., 1956. – 860 с. (Фауна СССР. Т. 6, вып. 6, 2-е изд.).

5. *Рубцов И. А*. Определитель родов мошек Палеарктики / И. А. Рубцов, А. В. Янковский. – Л., 1984. – 100 с.

6. *Семушин Р. Д.* К систематике и экологии мошек рода *Cnetha* группы «latipes» (Diptera, Simuliidae) / Р. Д. Семушин, З. В. Усова // Двукрылые насекомые, их систематика, географическое распространение и экология. – Л., 1983. – С. 120–123.

7. *Усова З. В.* Фауна мошек Карелии и Мурманской области (Diptera, Simuliidae) / З. В. Усова. – М.- Л., 1961. – 286 с.

8. *Янковский А. В.* Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) / А. В. Янковский. – СПб, 2002. – 568 с.

9. *Baranov N.* Eine neue Simuliiden-Art und einige Bemerkungen uber das System der Simuliiden / N. Baranov // Zeitschr. wiss. Insectenbiol. – 1926. – Bd. 3, № 15–16. – S. 164.

10. *Edwards F. W.* On the British spesies of Simulium. II. The early stages with correction and additions to Part I / F. W. Edwards // Bull. Ent. Res. – 1920. – Vol. 11, pt. 3. – P. 239–240.

11. *Enderlein G.* Das System der Kribelmucken (Simuliidae) / G. Enderlein // Deutsche tierarz. Wochensch. – 1921. – Bd. 29, Hf. 16. – S. 197–200.

12. *Enderlein G.* Weitere Beitrage zur Kenntnis der Simuliiden / G. Enderlein // Konowia. – 1922. – Bd. 1, Hf. 1–2. – S. 69.

13. *Enderlein G.* Zweifflugler Diptera / G. Enderlein // Tierwelt Mitteleurop. – 1936. – Bd. 6, H. 3. – S. 36–42.

14. *Friederichs K.* Untersuchungen uber Simuliiden / K. Friederichs. – Ztsch. anqew. Entomol. – 1921. – Bd. 8, H. 1. – S. 31–92.

15. *Grenier P.* Simuliidae de Franse et d`Afriqe du Nord / P. Grenier. – Paris, 1953. – 170 p.

16. *Macquart J.* Insectes Dipteres du Nord de la France / J. Macquart. – Rec. Trav. Soc. sci. agric. Aetes Lille, 1826. – P. 223.

17. *Meigen J. W.* Klassification und Beschreibung der europaischen zweiv flugligen Insecten (Diptera) / J. W. Meigen // Braunschw. – 1804. – Bd. 1. – S. 94–97.

18. *Rubzov I. A.* Fam. Simuliidae / I. A. Rubzov, A. V. Yankovsky // Catalogue of Palaearctic Diptera. – Budapest, 1988. – Vol. 3. – 140 p.

19. *Seguy E.* Sur un nouveau Simulium et synopsis des females des especes du 2-e group / E. Seguy // Bull. Soc. Entomol. Fr. – 1925. – № 6. – P. 107–109.

Усова З. В., Рева М. В., Семушин Р. Д. **До систематики мошок роду *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) південного сходу України.** – Дано опис роду *Cnetha* Enderlein, 1921 та його окремих видів, складено визначальні таблиці, наведено систематичні зауваження до кожного виду та відомості з біології.

Ключові слова: систематика, Diptera, Simuliidae, *Cnetha* Enderlein, 1921, південний схід України.

Usova Z. V., Reva M. V., Semushin R. D. **On systematics of blackflies genus of *Cnetha* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) of the South-East of Ukraine.** – The description of *Cnetha* Enderlein genus, 1921 and its separate species has been given, definite tables have been composed, systematic comments on each species and information on biology have been developed.

Key words: systematics, Diptera, Simuliidae, *Cnetha* Enderlein, 1921, South-East of Ukraine.

УДК 569.554.4 : 639.321.97

© О. В. Федоненко, Т. С. Шарамок

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОСИСТЕМУ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара
49000, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72; e-mail: hydro-dnu@mail.ru

Федоненко О. В., Шарамок Т. С. **Антропогенний вплив важких металів на екосистему Запорізького (Дніпровського) водосховища.** – Здійснений аналіз сучасної еколого-токсикологічної ситуації в Запорізькому водосховищі на підставі визначення забруднення важкими металами складових компонентів екосистеми – води, донних відкладень та промислових видів риб (*Clupeonella cultriventris, Hypophtalmichtys molitrix, Carassius auratus gibelio, Sander lucioperca*). Вода нижньої ділянки Запорізького водосховища віднесена до IV-го класу 6 категорії (брудна). Вміст важких металів в організмі різних видів риб залежить від характеру їх харчування та біотопу. Найвищий вміст важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого.

Ключові слова: важкі метали, карась, судак, тюлька, білий товстолобик, оцінка якості води, коефіцієнти накопичення важких металів.

Вступ

Пріоритетними токсичними забруднювачами є важкі метали, які можуть бути перенесені разом з повітряними та водними масами на великі відстані. Важкі метали становлять надзвичайну небезпеку як забруднювачі природних вод, які навіть у порівняно малих концентраціях можуть негативно впливати на водні організми, у тому числі й на риб. Біологічні наслідки забруднення важкими металами навколишнього середовища виявляються насамперед у прямій токсичній дії на гідробіонтів, що призводить до ураження їх фізіологічних систем та масової загибелі організмів. Окрім того, відзначається порушення первинної продукції і трофічних зв'язків, а також рівноваги між авто- і гетеротрофними організмами, що призводить до порушення біотичного кругообігу і дестабілізації водних екосистем [1].

У воді Запорізького водосховища та його приток постійно спостерігається порушення вимог СанПіН-88 за вмістом Cd, Mn, Cu і на деяких ділянках – за вмістом Zn, Ni і Fe. Зазначені важкі метали здатні знижувати чисельність, пригнічувати розвиток та викликати загибель планктонних груп, у першу чергу – фільтраторів, чутливих до дії токсикантів. Забруднюючі речовини, потрапляючи до водойм, активно накопичуються завислими частками, донними відкладеннями, гідробіонтами: бактеріопланктоном, фітопланктоном, зоопланктоном, зообентосом, вищою водною рослинністю, рибами [2-4]. Значно впливають на якість води забруднені донні відкладення, які за певних умов можуть стати джерелом вторинного забруднення водних мас важкими металами. Негативно позначається на якості води низька ефективність наявних очисних споруд деяких промислових підприємств [5].

Формування якості природних вод має першорядне значення для комунального та рибного господарства. Необхідним є раціональне використання водних ресурсів, їх перерозподіл у сфері використання, збереження достатнього для самоочищення об'єму, поліпшення якості води [2].

За таких умов необхідно поглиблювати теоретичний аналіз процесів, які відбуваються у водних екосистемах. Науково-практичну актуальність становить вивчення сучасної еколого-токсикологічної ситуації у Запорізькому водосховищі на підставі результатів дослідження вмісту і шляхів міграції важких металів у складових компонентах екосистеми, в тому числі забрудненість промислових видів риб [6].

Пропонована робота присвячена визначенню вмісту важких металів у воді та донних відкладеннях Запорізького водосховища, проведений порівняльний аналіз накопичення важких металів рибами з різним типом живлення.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводились у нижній ділянці Запорізького водосховища (район с. Військове), де постійно ведеться рибний промисел та зосереджено нагул

промисловоцінних видів риб. Об'єктами дослідження були цьогорічки та дворічки тюльки звичайної (*Clupeonella cultriventris*) та чотирьохрічки білого товстолобика (*Hypophtalmichtys molitrix*), карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio*) і судака (*Sander lucioperca*).

Для визначення забрудненості середовища існування риб проводився синхронний відбір проб води. Підготовка проб води проводилася згідно загальноприйнятих методик [7, 8] і полягала в наступному: воду фільтрували через мембранний фільтр 0,45 мк для відділення зважених речовин, підкисляли особливо чистою соляною кислотою до pH 2,5 і зберігали до лабораторної обробки. Надалі 1 л проби води випаровували насухо, після чого залишок розчиняли в 1н азотній і 1н соляній кислотах.

Проби донних відкладень відбирали дночерпальником Петерсена з горизонту 0-5 см.

При підготовці до аналізу біологічних проб тканин риб і донних відкладень їх гомогенізували, висушували при температурі 105°С до постійної маси, а потім спопеляли при температурі 450°С до отримання білої золи, яку обробляли 1н азотною і 1н соляною кислотою. Отриманий розчин фільтрували через фільтр «синя стрічка» і переносили в ємность, доводячи об'єм до 10 мл.

Концентрацію кадмію, свинцю, міді, цинку, заліза та ртуті в пробах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-М1. Вміст важких металів в донних відкладеннях та тушках риб виражали в мг/кг маси сухої та сирої речовини відповідно, концентрацію у воді – у мг/л [8].

Статистичне опрацювання здійснювали з використанням програмного пакету для персональних комп'ютерів Microsoft Excel.

Результати та обговорення

У воді Запорізького водосховища за період дослідження виявлено високий вміст цинку та міді порівняно з існуючими рибогосподарськими ГДК у 2 та 5 разів відповідно (табл. 1). Концентрація міді у воді водосховища в останні роки досить висока і в середньому по акваторії складає 0,01 мг/л [6].

Таблиця 1

Вміст важких металів у воді (M±m мг/л, n=5)

	M±m	ГДК рибогосподарські
Кадмій	0,00004±0,00001	0,005
Свинець	0,006±0,0007	0,1
Цинк	0,02±0,008	0,01
Мідь	0,005±0,0005	0,001
Ртуть	0,0001±0,00006	0,0005
Залізо	0,03±0,002	0,1

Цей факт можна пояснити тим, що основним джерелом надходження міді у водні об'єкти є стічні води хімічних і металургійних підприємств, а також сільськогосподарських угідь, на яких використовують різні препарати з вмістом міді для боротьби з шкідливими рослинами. Вміст цинку порівняно з попередніми дослідженнями збільшився майже у 2 рази, що свідчить про його техногеннне походження.

На думку А. І. Корабльової [9], Запорізьке водосховище у відношенні забруднення донних відкладень важкими металами можна порівняти з величезним відстійником, де вміст їх постійно зростає.

Спостерігалось зростання концентрації кадмію, свинцю, цинку та заліза порівняно з результатами попередніх досліджень. При цьому вміст цинку в донних відкладеннях Запорізького водосховища перевищував кларкові значення на 22% (рис. 1). У розподілі цинку в донних відкладеннях Запорізького водосховища значну роль відіграє антропогенний фактор. За даними багаторічних досліджень, простежується певне збільшення концентрації цинку в опадах водосховища. Це є результатом подальшого його залучення до промислового виробництва та хімізації сільського господарства [2].

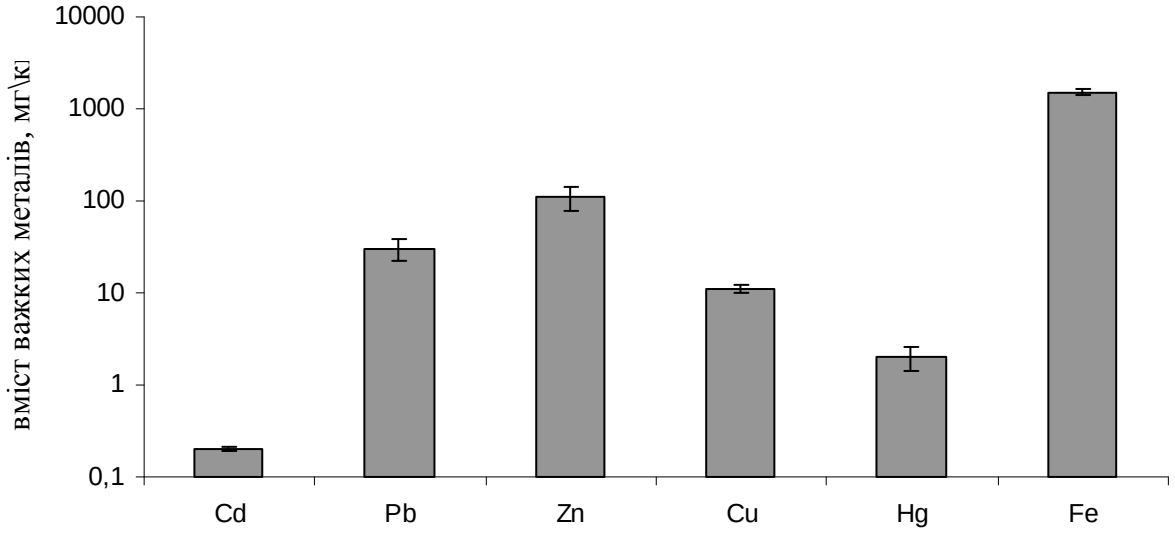


Рис. 1. Вміст важких металів у донних відкладеннях Запорізького водосховища (M±m мг/кг, n=5).

За даними наших досліджень, рівень вмісту важких металів в організмі риб Запорізького водосховища не перевищували ГДК для риб як харчового продукту (табл. 2). Результати досліджень показали, що вміст кадмію в тушках карася та судака значно не відрізнявся і складав в середньому 0,0023±0,0005 мг/кг. В організмі білого товстолобика вміст цього елементу був нижчим на 65%, а тюльки – на 60% ($p<0,05$).

Як відомо, мідь потрапляє в організм риб, головним чином, з їжею, а не з водою, тому рівні її вмісту не можуть реально відображати ступінь забруднення води, що і підтверджується нашими дослідженнями. У тушках білого товстолобика концентрація міді була найвищою (0,54±0,09 мг/кг), що пов'язано з типом живлення білого товстолобика. Мікроводорості, які вживає товстолобик у великій кількості, є макроконцентраторами міді. В організмі тюльки та карася концентрація міді була майже на одному рівні (0,43±0,07 мг/кг), а у судака цей показник був меншим на 26% ($p<0,05$).

Найвищий вміст цинку спостерігався в тушках карася сріблястого (6,1±1,2 мг/кг) та був більшим порівняно з рівнем вмісту в організмі інших досліджуваних риб на 38% ($p<0,05$). Це пов'язано з типом живлення та біотопом карася, який постійно контактує з донними відкладеннями. Простежується позитивна кореляція між вмістом цинку у тушках карася та донних відкладень ($r=0,81$).

Таблиця 2

Вміст важких металів в організмі риб (M±m мг/кг сирої маси, n=5)

Види риб	Важкі метали					
	Кадмій	Мідь	Цинк	Залізо	Свинець	Ртуть
Тюлька	0,0008 ± 0,00007	0,4±0,06	4,5±0,42	6,1±0,64	0,07±0,009	-
Білий товстолобик	0,0007 ±0,00009	0,46±0,08	4,4±0,47	7,6±1,1	0,02±0,004	0,0075 ±0,0005
Карась сріблястий	0,0026 ±0,0005	0,54±0,09	6,1±1,2	9,4±1,5	0,02±0,007	0,01 ±0,006
Судак	0,002 ±0,0006	0,32±0,07	4,3±0,9	7,9±1,8	0,05±0,02	0,012 ±0,008
ГДК	0,2	10	40	30	1,0	0,3

Така ж тенденція відмічається і в накопиченні заліза рибами нижньої ділянки Запорізького водосховища. Вміст його в організмі карася вище, ніж у судака і білого товстолобика на 22-23% та ніж у тюльки на 54% ($p<0,05$). Коефіцієнт кореляції між вмістом у тушках карася та донних відкладеннях дорівнює 0,75.

Вміст свинцю в рибах Запорізького водосховища був незначним, а також не простежувалось чіткої залежності між рівнем вмісту цього елементу та особливостями харчування риб. Найвищий вміст свинцю зафіксовано в організмі тюльки (0,07±0,009 мг/кг) та трохи менший – в організмі судака (на 29%). У тушках білого товстолобика та карася сріблястого середня концентрація свинцю складала (0,02±0,005 мг/кг) та відрізнялась від максимального значення (тюлька) на 71% ($p<0,05$).

Найменший вміст ртуті виявлено в тушках білого товстолобика, який на 25% нижчий, чим у тушках карася сріблястого та судака.

За сумарним вмістом важких металів в організмі досліджуваних риб можна побудувати такі ряди: карась сріблястий > судак > білий товстолобик > тюлька.

Високий вміст важких металів в організмі риб-бентофагів пояснюється їх типом харчування. Детрит, який є їх основною їжею, як правило, концентрує в собі найбільшу кількість важких металів серед інших компонентів екосистеми [10]. Найбільш високий рівень вмісту важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого.

Порівняльний аналіз коефіцієнтів накопичення важких металів у тушках різних видів риб Запорізького водосховища показав коливання його значень у широких межах, що в першу чергу пов’язано з особливостями харчування риб та їх біотопу (табл. 3).

В усіх видах риб відмічались досить високі коефіцієнти накопичення цинку та заліза. Відомо, що в першу чергу в організмі інтенсивно накопичуються ті елементи, які необхідні для його життєдіяльності, що беруть активну участь у фізіологічних процесах [10]. Звертають увагу досить високі значення коефіцієнту накопичення ртуті у риб Запорізького водосховища. Оскільки доведена позитивна залежність між вмістом ртуті в тушках риб та їх віком, розміром і масою [11], можна прогнозувати підвищення її концентрації у риб старших вікових генерацій.

Таблиця 3

Коефіцієнти накопичення важких металів у рибах Запорізького водосховища

Види риб	Важкі метали					
	Кадмій	Мідь	Цинк	Залізо	Свинець	Ртуть
Тюлька	20	80	225	203	12	-
Білий товстолобик	18	92	220	253	3	75
Карась сріблястий	65	108	305	313	3	100
Судак	50	64	215	263	8	120

Висновки

У воді Запорізького водосховища вміст цинку та міді був вищим порівняно з рибогосподарськими ГДК у 2 та 5 разів відповідно.

За специфічними показниками якість води нижньої ділянки Запорізького водосховища відноситься до 6 категорії і характеризується як брудна.

Встановлено перевищення кларкових значень цинку у донних відкладеннях нижньої ділянки Запорізького водосховища на 22%.

Вміст важких металів в організмі різних видів риб залежить від характеру їх харчування та біотопу. Найбільш високий рівень вмісту важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого. Вміст цинку та заліза в тушках карася залежить від вмісту їх у донних відкладеннях.

Список літератури

1. *Дмитриева А. Г.* Физиология растительных организмов и роль металлов / А. Г. Дмитриева, О. Н. Кожанова, Н. Л. Дронина. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 159 с.

2. Запорожское водохранилище / А. И. Дворецкий, Ф. П. Рябов, Г. П. Емец [и др.] / Под ред. А. И. Дворецкого, Ф. П. Рябова. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та, 2000. – 170 с.

3. Оценка загрязнения воды и донных отложений реки Самары тяжелыми металлами / Тарасенко С. Н., Кочет В. Н, Загубиженко Н. И., Мисюра А. Н. // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. – 1997. – Вып. 3. – С. 87–94.

4. *Есипова Н. Б.* Эколого-физиологическая характеристика рыб, обитающих в зоне антропогенного загрязнения / Н. Б. Есипова, Т. С. Шарамок, Е. В. Федоненко // Наук. зап. Тернопільського нац. ун-та. Серія біологія. – 2005. – № 3 (26). – С. 150–152.

5. Звіт про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 1999 рік. – Дніпропетровськ: Державне управління екологічної безпеки в Дніпропетровській області, 2000. – 104 с.

6. *Федоненко О. В.* Вплив антропогенних факторів на стан промислової іхтіофауни Запорізького водосховища: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук / О. В. Федоненко. – Одеса, 2010. – 38 с.

7. *Рожкова И. М.* Методика определения минеральных веществ в воде, корме, органах, тканях и экскрементах рыб // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб. – М., 1987. – С. 176–182.

8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [Під ред. В. Д. Романенко]. – К.: ЛОГОС, 2006. – 628 с.

9. *Кораблева А. И.* Оценка уровня загрязнения Запорожского водохранилища тяжелыми металлами и предложения по разработке природоохранных мероприятий / А. И. Кораблева. – Днепропетровск, 1991. – 51 с.

10. *Евтушенко Н. Ю.* Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища / Н. Ю. Евтушенко, О. В. Данилко // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 58–66.

11. *Немова Н. Н.* Биохимические эффекты накопления ртути у рыб / Н. Н. Немова. – М.: Наука, 2005. – 152 с.

Федоненко Е. В., Шарамок Т. С. **Антропогенное влияние тяжелых металлов на экосистему Запорожского (Днепровского) водохранилища. –** Проведен анализ современной эколого-токсикологической ситуации в Запорожском водохранилище на основании определения загрязнения тяжелыми металлами составляющих компонентов экосистемы – воды, донных отложений и промысловых видов рыб (*Clupeonella cultriventris*, *Hypophtalmichtys molitrix*, *Carassius auratus gibelio, Sander lucioperca*). Вода нижней части Запорожского водохранилища отнесена к IV-му классу 6 категории (грязная). Содержание тяжелых металлов в организме разных видов рыб зависит от характера их питания и биотопа. Максимальное содержание тяжелых металлов наблюдается у 4-летних особей серебряного карася.

Ключевые слова: тяжелые металлы, карась, судак, тюлька, белый толстолобик, оценка качества воды, коэффициенты накопления тяжелых металлов.

Fedonenko O. V., Sharamok T. S. **Anthropogenic influence of heavy metals on ecosystem of Zaporozhian Reservoir.** – Done analysis of modern ecologic-toxicology situation in Zaporozhian Reservoir on the base determination of pollution by heavy metals components of the ecosystem – water, ground deposits and fishes of industrial (*Clupeonella cultriventris*, *Hypophtalmichtys molitrix*, *Carassius auratus gibelio, Sander lucioperca*). The water quality in lower area of the Zaporozhian Reservoir was qualified as IV class and 6 category (dirty). The table of heavy metals contents in the organism of various types of fishes depends on character of their feed, biotop and their physiology state. The highest levels of the heavy metals contents were indicated at the 4-years-old individuals of the *Carassius auratus gibelio*.

Key words: heavy metals, *Clupeonella cultriventris*, *Hypophtalmichtys molitrix*, *Carassius auratus gibelio*, *Sander lucioperca*, estimate of quality of water, coefficients of accumulation of heavy metals.

УДК 592 : 595.423

© Н. Н. Ярошенко

СТАЦИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ В ЛИПОВОЙ БАЛКЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА «ЗУЕВСКИЙ» (ДОНЕЦКАЯ ОБЛАСТЬ)

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: eco99@i.ua

Ярошенко Н. Н. **Стациальное распределение панцирных клещей в Липовой балке регионального ландшафтного парка «Зуевский» (Донецкая область).** – В мае и июне 2009 г. в 5 стациях байрачного леса Липовой балки РЛП «Зуевский» (кленовая роща, лесополоса, балка, опушка, поляна) проведены кадастрово-мониторинговые исследования по фауне, численности и обилию обитающих в почве панцирных клещей. Из 60 почвенных проб учтено 1753 экз. клещей со средней плотностью населения 11686 экз./м^2. Максимальная плотность отмечена в лесополосе (19520 экз./м^2), минимальная – в кленовой роще (13120 экз./м^2). Видовое богатство в исследуемых стациях варьировало от 32 (кленовая роща) до 19 видов (опушка, поляна). В целом фауна панцирных клещей представлена 58 видами, относящимися к 42 родам и 27 семействам. Доминировали 4 вида: *Multioppia glabra* Mih., *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Microppia minus* (Paoli), *Punctoribates zachvatkini* Schald. Обнаружено 8 экз. редко встречаемого вида *Parchypochthonius aphidinus* Berlese, 1904 (1 экз. этого вида на Украине был обнаружен в 1970 г. в целинной степи заповедника «Хомутовская степь»).

Ключевые слова: панцирные клещи, фауна, доминирование, плотность населения, стация.

Введение

Донецкая область по своему географическому положению относится к Центральной степи. Область занимает главное место в экономическом потенциале Украины. В связи с этим она относится к наиболее экологически напряженным регионам страны. Учитывая это, на территории области создан ряд заповедников, заказников и региональных ландшафтных парков (РЛП) с целью сохранения природных комплексов, в том числе фауны и флоры. Рельеф Донецкой области разнообразный с целинными заповедными степными участками и байрачными лесами, расположенными в степных балках. Одним из уникальных природных комплексов является РЛП «Зуевский», где почвенная фауна беспозвоночных животных ранее никем не изучалась. В связи с этим кафедрой зоологии ДонНУ согласно договору о творческом сотрудничестве впервые в 2009 г. проведены исследования в байрачном лесу Липовой балки РЛП «Зуевский» по стациальному распределению почвообитающих панцирных клещей.

Материал и методика исследования

Материал собран в мае и июне 2009 г. в 5 стациях (кленовая роща, лесополоса, балка, опушка, поляна) байрачного леса Липовая балка РЛП «Зуевский». В каждой стации пробы брали объемом 250 см^3 (5х5х10 см) «шахматным порядком» в 10-кратной повторности. В момент взятия проб измеряли температуру воздуха, в лаборатории определяли влажность почвы по общепринятой методике И. С. Кауричева [4]. Камеральную обработку почвенных проб проводили в лаборатории кафедры зоологии ДонНУ по общепринятым методикам Е. М. Булановой-Захваткиной [2], М. С. Гилярова [3] и Н. Н. Ярошенко [7]. Пересчет численности панцирных клещей проводили на одну повторность. Среднюю плотность населения клещей расчитывали по методике К. К. Фасулати [5], индексы доминирования – по В. Н. Беклемишеву [1]: > 5% – доминирующий вид, от 2 до 5% – часто встречаемый вид, < 2% – редкий вид.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

В кленовой роще Липовой балки с преобладанием клена остролистного в мае и июне 2009 г. собрано по 10 проб. Учтено по 328 экз. панцирных клещей, составивших 26,60 (май) и 35,38% (июнь) от всего почвенного населения (соответственно 1233 – 927 экз.). Видовой спектр орибатид в мае (27) в 1,1 раза меньше, чем в июне (32).

Таблица 1

Стациальное распределение панцирных клещей в условиях байрачного леса РЛП «Зуевский»

Вид	Кленовая роща		Стации				Всего
	май	июнь	лесо-полоса	балка (дуб)	опушка	поляна	
Parchypochthonius aphidinus Berl.	-	8/2,87	-	-	-	-	8/0,54
Hypochthonius luteus luteus Oudms.	4/1,28	15/5,38	1/0,23	9/5,84	-	3/1,99	32/2,14
Hypochthonniella minutissima (Berl.)	9/2,89	18/6,45	-	-	2/1,20	3/1,99	32/2,14
Eobrachychthonius latior Berl.	-	-	-	1/0,65	-	-	1/0,07
Brachychthonius immaculatus Forssl.	-	3/1,07	9/2,08	4/2,60	5/2,99	2/1,33	23/1,54
Liochthonius lapponicus (Trag.)	-	-	10/2,32	-	-	-	10/0,67
L. alpestris (Forsl.)	-	-	13/3,01	-	7/4,19	-	20/1,34
Perlohmannia coiffaiti Gr.	-	-	-	7/4,55	1/0,60	-	8/0,54
Epilohmannia styriaca Schuster	-	-	2/0,46	-	-	-	2/0,13
E. inexpectata Schuster	-	-	2/0,46	-	5/2,99	-	7/0,47
Camisia segnis (Herm.)	-	1/0,36	-	-	-	-	1/0,07
Hermanniella punctulata Berl.	2/0,64	17/6,09	-	-	-	-	19/1,27
H. dolosa Gr.	-	2/0,72	-	-	-	-	2/0,13
Allodamaeus starki B.-Z.	-	-	-	-	-	1/066	1/0,07
Licnodamaeus undulatus (Paoli)	1/0,32	10/3,58	-	-	3/1,80	-	14/0,94
Metabelba papillipes (Nic.)	-	4/1,43	2/0,46	-	-	-	6/0,40
M. pulverulenta (Koch)	3/0,96	1/0,36	1/0,23	1/0,65	-	-	6/0,40
Fosseremaeus laciniatus (Berl.)	-	-	-	-	3/1,80	13/8,60	16/1,07
Ctenobelba pilosella Jeleva	-	-	-	-	-	1/0,66	1/0,07
Zetorchestes flambriatus Gr.	-	1/0,36	-	-	-	-	1/0,07
Xenillus tegeocranus (Herm.)*	-	-	-	-	-	1/0,66	1/0,07
Dorycranosus moraviacus (Will.)	1/0,32	1/0,36	1/0,23	-	-	-	3/0,20
D. acutus (Psch.-Walch)	2/0,64	-	-	-	-	-	2/0,13
Tectocepheus velatus Mich.*	-	-	1/0,23	-	5/2,99	2/1,33	8/0,54
Suctobelbella alloenasuta Moritz	4/1,28	5/1,79	1/0,23	-	-	-	10/0,67
S. latirostris (Forssl.)	-	-	-	1/0,65	-	-	1/0,07
S. subtrigona (Oudms.)	1/0,32	-	-	-	-	-	1/0,07
Multioppia glabra Mih.	22/7,05	13/4,66	31/7,19	-	24/14,37	28/18,54	118/7,89
Oppiella nova (Oudms.)	2/0,64	1/0,36	8/1,85	9/5,84	5/2,99	-	25/1,67
Ramusella clavipectinata (Mih.)	26/8,33	33/11,83	29/6,71	9/5,84	21/12,58	12/7,95	130/8,69
R. mihelcici (Perez-Inigo)	5/1,60	5/1,79	1/0,23	-	-	-	11/0,73
Microppia minus (Paoli)	170/54,49	75/26,88	255/59,03	55/35,71	15/8,98	1/0,66	571/38,19
Oppia krivolutskyi Kul.	-	1/0,36	-	8/5,20	-	-	9/0,60
Medioppia obsoleta (Paoli)	2/0,64	2/0,72	3/0,70	5/3,25	-	-	12/0,80
Epimerella smirnovi Kul.	-	-	-	1/0,65	-	-	1/0,07
E. smirnovi var longisetosa Kul.	-	1/0,36	1/0,23	-	-	-	2/0,13
Oribatula tibialis Mich.	-	1/0,36	-	-	-	-	1/0,07
O. pallida Banks	1/0,32	-	-	-	-	-	1/0,07
Zygoribatula frisiae (Oudms.)*	-	-	-	7/4,55	-	-	7/0,47
Liebstadia similis (Mich.)*	-	1/0,36	-	-	-	-	1/0,07
Scheloribates latipes (Koch)*	3/0,96	-	-	-	-	-	3/0,20
S. laevigatus (Koch)	1/0,32	2/0,72	3/0,70	1/0,65	-	2/1,33	9/0,60
S. longus Kul.	-	-	1/0,23	-	-	-	1/0,07
Peloribates europaeus Will.	1/0,32	-	-	4/2,60	-	-	5/0,33
Protoribates monodactylus (Haller)	12/3,85	1/0,36	-	10/6,49	6/3,59	7/4,63	36/2,41
P. capucinus Berl.	11/3,53	16/5,73	2/0,46	9/5,84	17//10,18	18/11,92	73/4,88
Ceratozetes mediocris Berl.*	-	3/1,07	-	-	4/2,40	16/10,59	23/1,54
C. minutissimus Will.	-	-	9/2,08	-	-	-	9/0,60
Ceratozetella sellniski (Rajski)*	10/3,21	8/2,87	-	-	-	-	18/1,20
Punctoribates zachvankini Schald.	10/3,21	14/5,02	30/6,95	1/0,65	39/23,35	36/23,84	130/8,69
Peloptulus phaenotus (Koch)	-	-	-	-	2/1,20	2/1,33	4/0,27
Galumna lanceata Oudms.	-	-	1/0,23	1/0,65	-	1/0,66	3/0,20
Pilogalumna allifera (Oudms.)	2/0,64	-	-	1/0,65	-	-	3/0,20

Вид	Кленовая роща		Стации				Всего
	май	июнь	лесо-полоса	балка (дуб)	опушка	поляна	
Phthiracarus ligneus Will.	-	4/1,43	-	-	1/0,60	-	5/0,33
P. globulus (Koch)	-	3/1,07	-	-	-	-	3/0,20
Hoplophthiracarus pavidus (Berl.)	2/0,64	-	-	-	-	-	2/0,13
H. minus (D. Kriv.)	1/0,32	-	-	-	-	-	1/0,07
Euphthiracarus cribrarius (Berl.)	4/1,28	9/3,23	15/3,47	10/6,49	2/1,20	2/1,33	42/2,81
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	312	279	432	154	167	151	1495
Количество проб	10	10	10	10	10	10	60
Количество на 1 пробу, экз.	31,2	27,9	43,2	15,4	16,7	15,1	24,92
Плотность, экз./м^2	12480	11160	17280	6160	6680	6040	9966
Количество видов	27	32	25	21	19	19	58
Доминирующих	3	7	4	6	5	6	4
Часто встречаемых	5	5	5	6	7	1	5
Редких	19	20	16	9	7	12	49
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	95,12	85,06	88,52	80,63	85,20	68,02	85,28
Количество преимагинальных фаз (личинок и нимф), экз.	16	49	56	37	29	71	258
Количество проб	10	10	10	10	10	10	60
Количество на 1 пробу, экз.	1,6	4,9	5,6	3,7	2,9	7,1	4,3
Плотность, экз./м^2	640	1960	2240	1480	1160	2840	1720
Процентное отношение к общему числу панцирных клещей	4,88	14,94	11,48	19,37	14,80	31,98	14,72
Всего панцирных клещей, экз.	328	328	488	191	196	222	1753
Количество проб	10	10	10	10	10	10	60
Количество на 1 пробу, экз.	32,8	32,8	48,8	19,1	19,6	22,2	29,21
Плотность, экз./м^2	13120	13120	19520	7640	7840	8880	11686
Процентное отношение к общему числу почвенного населения	26,60	35,38	40,63	39,79	38,97	48,16	36,48
Всего почвенного населения, экз.	1233	927	1201	480	503	461	4805

Примечания:

1. Виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae.
2. В числителе – количество экземпляров, в знаменателе – индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах.

В мае доминировали 3 вида: *Multioppia glabra* Mih. – 7,05%, доминант лесополосы, опушки и поляны, часто встречался в июне в кленовой роще и отсутствовал в балке; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 8,33%, доминант исследуемых стаций; *Microppia minus* (Paoli) – 54,49%, редок на поляне, в остальных стациях доминирующий вид. Часто встречались 5 и редко 19 видов (табл. 1). В июне в кленовой роще обнаружен максимум видового богатства панцирных клещей – 32. Доминировали 7 видов: *Hypochnhonius luteus luteus* Oudms. – 5,38%, доминант в балке, отсутствовал на опушке, в остальных стациях отмечены единичные особи; *Hypochthoniella minutissima* (Berl.) – 6,45%, часто встречаемый вид в мае в кленовой роще, редок на опушке и поляне, не встречался в балке и лесополосе; *Hermanniella punctulata* Berl. – 6,09%, редок в кленовой роще в мае, в остальных стациях отсутствовал; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 11,83%, *Microppia minus* (Paoli) – 26,88%, доминанты всех стаций; *Protoribates capucinus* Berl. – 5,73%, часто встречаемый вид в мае в кленовой роще, редок в лесополосе, в остальных стациях доминировал; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 5,02%, редок в лесополосе, часто встречаемый вид в кленовой роще в мае, в остальных стациях – доминант.

В целом в кленовой роще обнаружено 656 экз. орибатид (30,37%), средняя плотность населения которых составила 13120 экз./м^2. Определено 40 видов. Часто встречались 8, редко – 29 видов. Доминировали 3 вида: *Multioppia glabra* Mih. – 5,92%, *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 9,98%, *Microppia minus* (Paoli) – 41,45%. Из количественных параметров видно, что в кленовой роще в сообществе панцирных клещей преобладают виды

оппиоидного комлекса. Численность и видовой состав клещей варьируют в различные месяцы теплого времени года и, очевидно, приурочены к изменениям пищевого субстрата и эдафических микроусловий, задержки или ускорения жизненных циклов отдельных видов.

Следует отметить, что в кленовой роще впервые за многие годы обнаружен довольно редкий вид *Parhypochthonius aphidinus* Berlese, 1904 в количестве 8 экз. (3 самки содержали в теле по 1 яйцу), 1 экз. которого в 1970 г. был обнаружен Н. Н. Ярошенко [6] в овраге под шиповником в целинной заповедной «Хомутовской степи» Донецкой области.

Максимальное количество панцирных клещей обнаружено в лесополосе из насаждений дуба обыкновенного – 488 экз. (40,63%), плотность – 19520 экз./м^2, что в 1,4 – 2,5 – 2,4 – 2,1 раза больше, чем в кленовой роще, в балке, опушке и поляне, соответственно. По показателю видового богатства лесополоса занимает третье место, после мая (27) и июня (32) в кленовой роще – 25. Доминировали 4 вида: *Multioppia glabra* Mih. – 7,19%, *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 6,71%, *Microppia minus* (Paoli) – 59,03%, *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 6,95%. Часто встречались 5 и редко 16 видов (см. табл. 1).

В стациях закрытого характера с преобладанием листовой подстилки создаются благоприятные микроклиматические условия для жизнедеятельности панцирных клещей, особенно для низших форм и оппиоидного комплекса. В лесополосе обнаружен 1 экз. вида *Scheloribates longus* Kul., который редко встречается в лесных и степных биотопах Донбасса.

Минимум панцирных клещей учтен из 10 проб в открытой стации – в балке байрачного леса – 191 экз. (39,79%), плотность – 7640 экз./м^2. Определен 21 вид. Доминировали 6 видов: *Hypochthonius luteus luteus* Berl. – 5,84%, доминировал в июне в кленовой роще и дубовой балке, отсутствует на опушке, в остальных стациях редок; *Oppiella nova* (Oudms.) – 5,84%, часто встречаемый вид на опушке, отсутствовал на поляне, в остальных стациях редок; *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 5,84%, доминант всех стаций; *Microppia minus* (Paoli) – 35,71%, редок на поляне, в остальных стациях доминант; *Oppia krivolutskyi* Kul. – 5,20%, 1 экз. обнаружен в июне в кленовой роще, в остальных стациях не встречался; *Protoribates monodactylus* (Haller) – 6,49%, редок в июне в кленовой роще, отсутствовал в лесополосе, часто встречался в остальных стациях; *P. capucinus* Berl. – 5,84%, часто встречаемый вид в кленовой роще в мае, редок в лесополосе, в остальных стациях доминирует. Из полученных данных видно, что при уменьшении видового спектра увеличивается количество доминантов, составляющих основное ядро сообщества орибатид, численность которых в различных стациях варьирует в зависимости от рельефа, открытого пространства или наличия древесной растительности. Открытые стации больше подвержены прогреванию солнечными лучами и быстрому выветриванию влаги с поверхностного слоя почвы, характеризуются незначительной толщиной растительной подстилки, что, несомненно, влияет на панцирных клещей.

На опушке байрачного леса, где преобладает пырей ползучий, обнаружено небольшое количество панцирных клещей – 196 экз. (38,97%), плотность – 7840 экз./м^2, 19 видов. Доминировали 5 видов: *Multioppia glabra* Mih. – 14,37%, *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 12,58%, *Microppia minus* (Paoli) – 8,98%, *Protoribates capucinus* Berl. – 10,18%, *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 23,35%. К часто встречаемым и редким отнесены по 7 видов (см. табл. 1).

На поляне байрачного леса из 10 проб извлечено 222 экз. (48,16%), плотность – 8880 экз./м^2, 19 видов. Доминировали 6 видов: *Fosseremaeus laciniatus* (Berl.) – 8,60%, редок на опушке, в остальных стациях не встречался; *Multioppia glabra* Mih. – 18,54%, *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 7,95%, *Protoribates capucinus* Berl. – 11,92%, *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 23,84%, *Ceratozetes mediocris* Berl. – 10,54%. Часто встречался 1 и редко – 12 видов (см. табл. 1).

Из количественных характеристик видно, что численность и видовой состав панцирных клещей в открытых стациях степного характера значительно меньше по сравнению с закрытыми стациями лесного характера.

В целом в исследуемых стациях байрачного леса Липовой балки РЛП «Зуевский» из 60 почвенных проб учтено 1753 экз. (36,48%) панцирных клещей, средняя плотность населения которых составила 11686 экз./м^2. Определено 58 видов, относящихся к 42 родам и 27 семействам. Из них 8 видов могут принимать участие в цикле развития ленточных червей из семейства Anoplocephalidae. К часто встречаемым отнесены 5 и к редким – 49 видов.

Доминировали 4 вида: *Multioppia glabra* Mih. – 7,89%, отсутствовал в балке, в остальных стациях доминант, наиболее многочисленный на поляне; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 8,69%, доминант во всех стациях, массовый вид в июне в кленовой роще; *Microppia minus* (Paoli) – 38,19%, единичные экземпляры отмечены на поляне, в остальных стациях доминант с наиболее высокой численностью в лесополосе; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 8,69%, редок в балке, часто встречаемый вид в мае в кленовой роще, преобладает в остальных стациях (см. табл. 1, рис. 1). Следует также отметить, что в исследуемых сообществах панцирных клещей преобладают виды оппиодного комплекса.

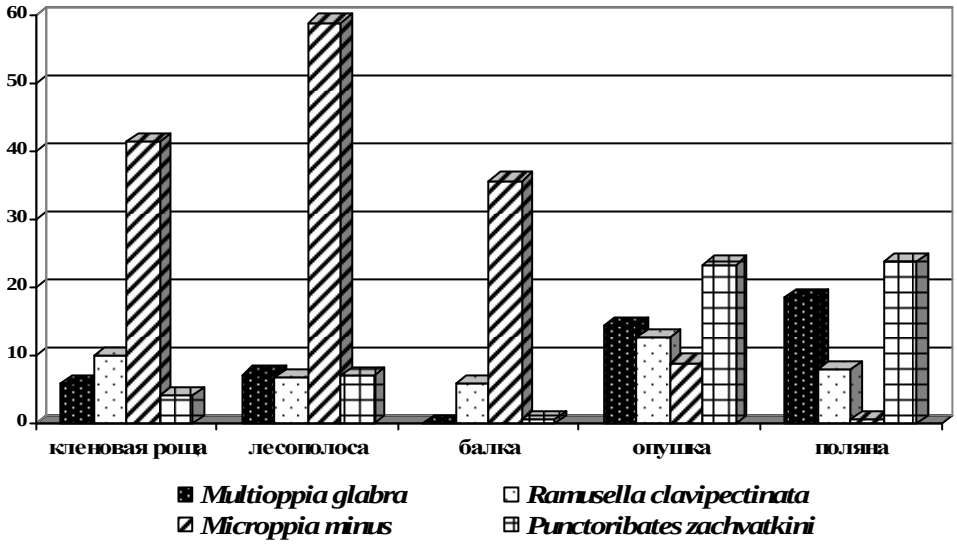


Рис. 1. Распределение доминирующих видов панцирных клещей по стациям в Липовой балке РЛП «Зуевский» (2009 г.).

Видовое богатство панцирных клещей в исследуемых стациях варьировало от 32 (кленовая роща, июнь) до 19 (опушка и поляна) видов. Сходство фаун по коэффициенту Жаккара кленовой рощи, лесополосы, балки, опушки и поляны, соответственно, составило 52,0 – 49,0 – 40,6 – 40,6%; лесополосы, балки, опушки и поляны – 52,0 – 45,0 – 50,0%; балки, опушки и поляны – 45,0 – 40,0%; опушки и поляны – 68,0%.

Среди учтенных почвенных обитателей панцирные клещи составили 36,48%, более многочисленными они были на поляне (48,16%), минимум отмечен в кленовой роще в мае – 26,60%. Эти данные свидетельствуют о том, что панцирные клещи относятся к одной из доминирующих групп почвенных артропод. Их стациальное распределение обусловлено характером микрорельефа, микроклиматическими условиями обитания и особенностями жизненных циклов.

Выводы

В 5 стациях байрачного леса Липовой балки РЛП «Зуевский» из 60 почвенных проб извлечено 1753 экз. панцирных клещей со средней плотностью населения 11686 экз./м^2. Максимум отмечен в лесополосе – 19520 экз./м^2, минимум – в кленовой роще – 13120 экз./м^2.

В исследуемых стациях отмечено 58 видов панцирных клещей, относящихся к 42 родам и 27 семействам. Видовое богатство варьировало от 19 (опушка, поляна) до 32 (кленовая роща) видов.

В сообществах орибатид преобладали виды оппиодного комплекса. Доминировали 4 вида: *Multioppia glabra* Mih., *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Microppia minus* (Paoli), *Punctoribates zachvatkini* Schald. Часто встречались 5 и редко – 48 видов.

В июне 2009 г. в кленовой роще обнаружено 8 экз. редкого вида *Parhypochthonius aphidinus* Berl., 1 экз. которого ранее был найден на территории Украины в заповеднике «Хомутовская степь» Донецкой области. Отмечен также редкий вид *Scheloribates longus* Kul., который иногда встречается в лесных и степных биотопах Донбасса.

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. *Кауричев И. С.* Практикум по почвоведению / И. С. Кауричев. – М.: Колос, 1973. – С. 24–28.

5. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высш. шк., 1971. – 421 с.

6. *Ярошенко Н. Н.* Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) целинной степи Приазовья / Н. Н. Ярошенко // Вестник зоологии. – 1975. – № 4. – С. 63–67.

7. *Ярошенко Н. Н.* Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины / Н. Н. Ярошенко. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.

Ярошенко М. М. Стаціальний розподіл панцирних кліщів у Липовій балці регіонального ландшафтного парку «Зуївський» (Донецька область). – У травні та червні 2009 р. у 5 стаціях байрачного лісу Липової балки РЛП «Зуївський» (кленовий гай, лісосмуга, балка, узлісся, галявина) проведені кадастрово-моніторингові дослідження з фауни, чисельності та видового багатства панцирних кліщів – мешканців ґрунту. Із 60 проб ґрунту вилучено 1753 екз. кліщів із середньою щільністю населення 11686 екз./м^2. Максимальна щільність відмічена в лісосмузі (19520 екз./м^2), мінімальна – у кленовому гаї (13120 екз./м^2). Видове багатство в досліджених стаціях варіювало від 19 (узлісся, галявина) до 32 (кленовий гай) видів. У цілому фауна панцирних кліщів представлена 58 видами, що відносяться до 42 родів і 27 родин. Домінували 4 види: *Multioppia glabra* Mih., *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Microppia minus* (Paoli), *Punctoribates zachvatkini* Schald. Знайдено 8 екз. *Parchypochthonius aphidinus* Berlese, 1904, що рідко зустрічається (1 екз. цього виду на Україні був виявлений в 1970 р. у цілинному степу заповідника «Хомутовський степ»).

Ключові слова: панцирні кліщі, фауна, домінування, щільність населення, стація.

***Yaroshenko N. N.* Station distribution of oribatid mites in the Lime ravine of Regional Landscape Park «Zuevsky» (Donetsk region).** – In May and June, 2009 in 5 stations of ravine woods in the Lime beam of RLP «Zuevsky» (maple grove, forest belt, ravine, edge, glade) the cadaster-monitoring researches are carried out, concerning the fauna, number and abundance of oribatid mites living in soil. From 60 soil tests 1753 specimens of mites with average population density 11686 specimens/m^2 are considered. The maximum density is noted in a forest belt (19520 specimens/m^2), minimum – in a maple grove (13120 specimens/m^2). The specific abundance in investigated stations varied from 19 species (an edge, a glade) to 32 (a maple grove). As a whole the fauna of oribatid mites is presented by 58 species concerning 42 genera and 27 families. 4 species dominated: *Multioppia glabra* Mih., *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Microppia minus* (Paoli), *Punctoribates zachvatkini* Schald. 8 examples of rarer species *Parchypochthonius aphidinus* Berlese, 1904 were revealed (1 specimen of this species in Ukraine has been found out in 1970 in virgin steppe of the reserve «Homutovskaya Step»).

Key words: oribatid mites, fauna, domination, population density, station.

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ
ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ
PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

УДК 631.618

© А. В. Бутюгин, Н. Б. Узденников, М. В. Гнеденко, Ю. Н. Зубкова

СПОСОБЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕРРИКОНОВ

Донецкий национальный университет; 83001, г. Донецк, ул. Щорса, 17 а
e-mail: abujugin@ukr.net

Бутюгин А. В., Узденников Н. Б., Гнеденко М. В., Зубкова Ю. Н. **Способы рекультивации терриконов. –** Шахтные терриконы представляют экологическую опасность, связанную с выбросами газообразных, жидких и пылевых загрязнений. Они ухудшают условия жизни людей, являясь одной из причин возникновения и развития различных заболеваний. Цель работы – разработка способов рекультивации терриконов путем реализации и повышения плодородного потенциала породы терриконов. По результатам деляночных опытов показана возможность рекультивации шахтного террикона с минимизацией затрат на удобрения и мелиорирующие добавки.

Ключевые слова: рекультивация терриконов, удобрения, мелиоранты, гуминовые вещества.

Введение

Шахтные терриконы представляют экологическую опасность, связанную с выбросами газообразных, жидких и пылевых загрязнений. Особенно в населенных пунктах. Они ухудшают условия жизни людей, являясь одной из причин возникновения и развития различных заболеваний.

На сегодняшний день существует два принципиальных (стратегических) способа борьбы с этой опасностью. Первый – это ликвидация терриконов, путем утилизации их породы (закладка назад в шахтные выработки и использование для дорожно-строительных и строительных работ). Это наиболее верный способ, который, к сожалению, требует очень больших капитальных затрат. Лишь небольшую часть породы терриконов в настоящее время используют в дорожно-строительных работах. Второй способ – рекультивация или фиторекультивация – это уменьшение существующей опасности терриконов путем создания на них растительных насаждений. Это своеобразная консервация терриконов до наступления возможности их полной утилизации. Рекультивация терриконов – менее затратный способ, чем утилизация. Разработаны и разрабатываются способы рекультивации, основной целью которых является снижение затрат и улучшение растительного покрова. Одной из основных проблем рекультивации является токсичность породы терриконов для растений. Чтобы уменьшить токсичность и повысить приживаемость растений, часто предлагают переформирование конических терриконов в плоские и насыпку слоев грунтов и почв [1-3]. Однако это приводит к значительному росту затрат. Между тем порода терриконов содержит 10-30% органического вещества, которое является основой их потенциальной плодородности. Плодородная почва (чернозем) содержит также порядка 20% органического вещества. Объединяет эти органические вещества их растительное происхождение.

Цель нашей работы – разработка способов рекультивации терриконов путем реализации и повышения плодородного потенциала породы терриконов.

Данная цель может быть достигнута путем улучшения физико-химических и плодородных свойств породы терриконов, повышения выживаемости растений и их адаптационных свойств к неблагоприятным условиям.

Материал и методы исследования.

В работе использовали породу одного из старых терриконов донецкой шахты им. Калинина, на котором еще не начались процессы естественного зарастания. Физико-химические свойства породы террикона представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, изучаемая порода террикона содержит от 21,3 до 8,8% органической массы, имеет слабокислую реакцию. Видно, что от вершины к основанию

растет доля более мелких фракций. Вместе с тем количество мелких фракций (2-0 мм) – или мелкозема – составляет более 80%, что имеет важное значение для плодородных свойств субстрата. У подножия терриконa порода более кислая, что может быть связано с большей степенью окисленности мелких фракций органических компонентов.

Таблица 1

Свойства породы терриконa

Место отбора проб		Зольность, %	pH водной вытяжки т:ж*=1:10	Дисперсный состав фракции 5-0 мм, %	
				5-3 мм	2-0 мм
Верхняя треть	Проба 1	78,7	5,41	19,0	81,0
	Проба 2	89,2	5,19		
Середина	Проба 1	89,2	5,65	12,9	87,1
	Проба 2	89,0	5,36		
Нижняя треть	Проба ср.	91,2	5,47	9,9	90,1
Горизонтальная площадка у подножия	светлая	94,9	4,69	-	-
	черная	63,9	4,60	-	-

Примечание. * – pH дист. воды = 6,17.

В качестве удобрительно-мелиорирующих добавок были взяты мел, опилки лиственных пород, промышленное бактериально-органическое удобрение «Гумивит» (ТУ В 24.1-19380560.004-2002), остаточный бурый уголь (отход производства гуматов аммония), органоминеральные удобрения, разработанные нами на основе остаточного бурого угля (бурогумофоска – БГФК-1), а также нейтрализованная мелом порода отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода, плодородный потенциал которой был установлен ранее [4-6]. Мел выполняет несколько функций: повышает pH, снижает токсичность породы путем связывания тяжелых металлов, уменьшает объемную плотность субстрата (грунта). Повышение pH ведет к увеличению влагоемкости за счет образования более толстых гидратных слоев на поверхности минералов породы. Опилки, предварительно обработанные карбамидом, играют роль разрыхлителя и потенциального удобрения. Они улучшают структуру и влагоемкость субстрата. «Гумивит», остаточный бурый уголь и органо-минеральные удобрения содержат в своем составе гуминовые вещества, которые являются стимуляторами-адаптагенами растений. Кроме того, гуминовые вещества также способствуют повышению влагоемкости субстрата. Нейтрализованная порода отвала углеобогащения также играет роль удобрительной добавки, так как содержит до 20% органического вещества.

С целью нахождения оптимальных соотношений компонентов были проведены лабораторные вегетационные опыты. В качестве растительного материала использовали траву овсяницу и газонную траву. Опыты проводили при искусственном освещении (1160 лк) и комнатной температуре (18-25°С). На основании лабораторных опытов были выбраны лучшие варианты, которые прошли проверку в деляночных опытах на терриконе. Удобрительно-мелиорирующие субстраты вносили на делянки длиной 1 м и шириной 0,15 м на глубину 0,1 м.

Результаты и обсуждение.

На основании лабораторных и деляночных опытов были выбраны лучшие варианты, которые были запатентованы в виде способов рекультивации [7, 8]. В табл. 2-5 представлены результаты по двум способам рекультивации терриконов. В табл. 2 приведены оптимальные полные по компонентам составы субстратов для рекультивации породы терриконов.

Таблица 2

Составы субстратов для рекультивации терриконов

Мелиорирующе-удобрительный субстрат	Содержание компонентов в субстрате, %				
	Опилки модифицированные	«Гумивит»	БГФК-1	Мел	Песок*
Субстрат № 1	10,0	2,5	2,5	8	77,0
Субстрат № 2	50,0	3,0	3,0	10,0	34,0
Субстрат № 3	5,0	2,0	2,0	5,0	86,0

Примечание. * – песок в качестве разбавителя остальных компонентов.

Таблица 3

Влияние доз субстратов на урожайность зеленой массы травы овсяницы с 1 м^2 делянки (2008 г.)

Варианты	Контроль	Субстрат 1 2,5 кг	Субстрат 1 1,5 кг	Субстрат 2 1,5 кг	Субстрат 2 2,5 кг	Субстрат 3 2,5 кг
Зеленая масса, г/м^2	280	1830	1340	1750	1910	900

Как видно из данных табл. 3, добавка в породу удобрительно-мелиорирующих субстратов в несколько раз увеличивает урожайность зеленой массы травы. При этом количество вводимого в породу субстрата не превышало 2% от массы породы.

В табл. 4 приведены результаты лабораторных опытов (60 суток, искусственное круглосуточное освещение – 1160 лк, полив 2 раза в неделю).

Таблица 4

Влияние соотношения нейтрализованной породы отходов углеобогащения и породы терриконa на урожайность зеленой массы травы овсяницы (лабораторный опыт 2009 г.)

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовая доля нейтрализованной породы АКХЗ, г	5	10	25	50	75	90	95	100	0
Массовая доля породы терриконa, г	95	90	75	50	25	10	5	0	100
Общая зеленая масса, г/м^2	861	1242	971	1165	1318	1290	1261	1304	1127
Общая сухая масса корней, г/м^2	154	92	92	74	84	67	57	77	53
pH водных экстрактов из субстратов т:ж=1:10*	6,4	6,8	6,8	7,2	7,3	7,5	7,3	7,4	5,9

Примечание. * – pH дист. воды 5,95.

Из данных табл. 4 видно, что:

1) нейтрализованная порода отвала углеобогащения (вариант 8) потенциально плодороднее породы терриконa (вариант 9);

2) добавка 5-25% нейтрализованной породы отвала углеобогащения к породе терриконa (варианты 1-3) менее эффективна, чем добавка 5-25% породы терриконa к породе отвала углеобогащения (варианты 5-7) в плане роста зеленой массы, но в плане развития корневой системы наблюдается обратная зависимость;

3) при равном соотношении двух пород (вариант 4) полученная зеленая масса практически равна среднему арифметических зеленых масс, выращенных на каждой породе в отдельности (варианты 8 и 9), а развитие корневой системы практически равно корневой

системе в нейтрализованной породе отвала углеобогащения. Из вариантов 1-3 можно сделать вывод, что структура породы террикона и добавка потенциально плодородной породы отвала углеобогащения стимулирует развитие корневой системы.

Деляночные опыты проводили как на терриконе, так и на породном отвале АКХЗ. В таблице 5 приведены расчетные средние результаты по данным лабораторных и деляночных опытов, так как имеется почти полная корреляция результатов лабораторных и деляночных опытов на породном отвале АКХЗ, но нет корреляции по остальным результатам, что связано с разницей условий деляночных (в разных районах) и лабораторных опытов. Если в лабораторных условиях в варианте на нейтрализованной породе АКХЗ получены хорошие результаты (вариант 8 табл. 4), то на делянках на породном отвале трава вообще не выросла (что и отражено в табл. 5 – вариант Контроль 2). В реальных условиях недостаток структуры субстрата – мелкодисперсность и переуплотнение – не обеспечили необходимый водный режим для семян и растений.

Таблица 5

Влияние соотношения нейтрализованной породы отходов углеобогащения и породы террикона на урожайность зеленой массы травы овсяницы (2009 г.)

Варианты	Контроль 1	1	2	3	4*	5*	6*	7*	Контроль 2*
% отходов АКХЗ	0	5	10	25	50	75	90	95	100
% породы террикона	100	95	90	75	50	25	10	5	0
зеленая масса, г/м^2	710	970	990	1100	1320	1490	1240	1145	0

Примечание. * – делянки на породном отвале АКХЗ.

Из табл. 5 видно, что добавка нейтрализованной породы АКХЗ в количестве 5-25% от массы породы террикона (варианты 1-3) улучшает рост и урожайность травы. Наиболее оптимальными (с точки зрения объемов перевозок) являются именно добавки породы отвала в количестве 5-25% от массы породы террикона. Аналогично наиболее оптимальными можно считать и добавки 5-25% породы террикона к нейтрализованной породе отвала углеобогащения. Следует также отметить, что в деляночных опытах вариант Контроль 2 (100%-ная нейтрализованная порода отвала углеобогащения).

Рис. 1-3 иллюстрируют результаты лабораторных и деляночных опытов.

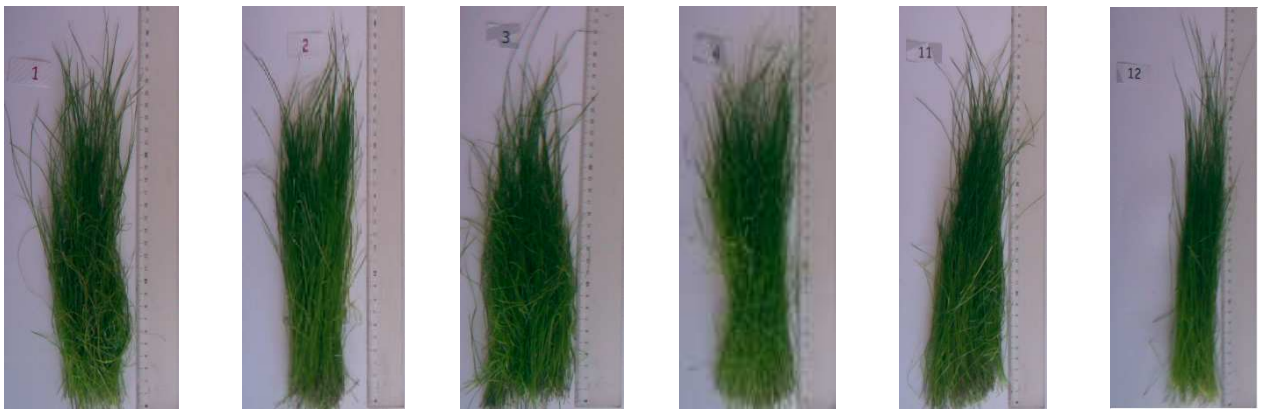


Рис. 1. Лабораторные опыты на шахтной породе с добавками породы АКЗХ: 1 – 5% породы АКХЗ; 2 – 10% породы АКХЗ; 3 – 25% породы АКХЗ; 4 – 50% породы АКХЗ; 11 – 100% породы АКХЗ; 12 – 100% породы террикона.

5% 10% 25%

Рис. 2. Деляночные опыты на породном отвале АКХЗ (слева направо): 5, 10 и 25% породы террикона.

5% 10% 25%

Рис. 3. Деляночные опыты на терриконе (слева направо): 5, 10 и 25% породы АКХЗ.

Выводы

Проведенные опыты показывают возможность рекультивации шахтного террикона с минимизацией затрат на удобрительно-мелиорирующие добавки. При этом одновременно может происходить утилизация отходов углеобогащения АКХЗ. Работы в этом направлении будут продолжены с использованием новых растений.

Список литературы

1. *Бакланов В. И.* Внедрение рекомендаций по озеленению породных отвалов шахт и обогатительных фабрик Донбасса / В. И. Бакланов, А. Б. Мазур. – М.: ЦНИИЭПИуголь, 1978. – 16 с.

2. Патент на корисну модель України № 22580, МПК A01B 79/00. Спосіб утилізації відвальної породи териконів вугільних шахт / Олійник Н. В., опубл. 10.03.07, бюл. № 5.

3. Патент на корисну модель України № 25148, МПК A01B 79/02. Спосіб рекультивації териконів / Зубов О. Р., Зубова Л. Г., опубл. 15.06.07, бюл. № 11.

4. *Бутюгин А. В.* Изучение возможности регулирования свойств породы отвала углеобогащения / А. В. Бутюгин, Н. Б. Узденников, В. В. Кирбаба и др. // Тр. V Междунар. науч.-практ. конф.-выставки "Экологические проблемы индустриальных мегаполисов" (г. Донецк, 21-23 мая 2008 г.). – Донецк, 2008. – С. 73–74.

5. *Бутюгин А. В.* Управление свойствами породы отвала углеобогащения / А. В. Бутюгин, Ю. Н. Зубкова, Н. Б. Узденников и др. // Вісник Донецького університету. Сер. А. Природничі науки. – 2008. – Вип. 2. – С. 440–444.

6. *Бутюгин А. В.* Рекультивация породного отвала углеобогащения Авдеевского КХЗ / А. В. Бутюгин, Н. Б. Узденников, М. В. Гнеденко и др. // Кокс и химия. – 2009. – № 3. – С. 39–44.

7. Патент України на корисну модель № 38149, МПК A01B 79/00. Спосіб рекультивації териконів / Бутюгін О. В., Узденніков М. Б., Зубкова Ю. М., Гнеденко М. В., опубл. 25.12.2008, бюл. № 24.

8. Патент України на корисну модель № 45299, МПК A01B 79/00. Спосіб рекультивації териконів / Бутюгін О. В., Узденніков М. Б., Гнеденко М. В., опубл. 10.11.09, бюл. № 21.

Бутюгін О. В., Гнеденко М. В., Узденніков Н. Б., Зубкова Ю. М. **Способи рекультивації териконів. –** Шахтні терикони представляють собою екологічну небезпеку, яка пов'язана з викидами газоподібних, рідких і пилових забруднень. Вони погіршують умови життя людини, стають причиною виникнення та розвитку різних захворювань. Мета роботи – розробка способів рекультивації териконів шляхом реалізації і підвищення родючого потенціалу породи териконів. За результатами діляночних дослідів показано можливість рекультивації шахтного терикону з мінімізацією витрат на добрива й меліоруючи добавки.

Ключові слова: шахтні терикони, утилізація, рекультивація, гумінові препарати, органо-мінеральні добрива, меліоранти.

Butjugin A. V., Gnedenko M. V., Uzdennikov N. B., Zubkova J. N. **The methods of reclamation of spoil heaps. –** Mine waste heaps represent the ecological danger connected with emissions of gaseous, liquid and dust pollution. They worsen conditions of a life of people, being one of the reasons of occurrence and development of various diseases. The work purpose – working out of ways reclamation waste heaps by realization and increase of fertile potential of breed of waste heaps. By results plot experiences possibility reclamation a mine waste heap with minimization of expenses for fertilizers and improver additives is shown.

Key words: mine waste heaps, recycling, reclamation, humic preparations, organomineral fertilizers, improvers.

УДК 582.28:577.158

© Е. В. Ветрова, А. А. Стародубова

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ ГИБРИДОВ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: vetrova.donny@mail.ru

Ветрова Е. В., Стародубова А. А. **Сравнительное изучение физиолого-биохимических показателей новых гибридов вешенки обыкновенной.** – Изучены физиолого-биохимические показатели двух новых гибридов вешенки обыкновенной в сравнении с контрольным штаммом НК-35 венгерской селекции. Новые гибриды превосходят контроль по скорости линейного роста, накоплению биомассы, активности каталазы, содержанию белков и суммы свободных аминокислот.

Ключевые слова: гибриды вешенки, скорость роста, накопление биомассы, белки, альбумины, глобулины, аминокислоты, ферменты.

Введение

Фактическая потребность в пищевом белке обусловливается доступностью белкового азота, необходимого для поддержания нормального пищевого статуса взрослого человека. Для решения проблемы недостатка пищевого белка во многих странах мира используют промышленное культивирование грибов, обладающих высококачественными протеинами. Широко распространено культивирование шампиньона двуспорового и вешенки обыкновенной [1-4].

В целях создания высокопродуктивных отечественных гибридных штаммов вешенки обыкновенной, пригодных для промышленного культивирования, на кафедре физиологии растений Донецкого национального университета доц. С. И. Демченко проводится селекционная работа. Выделяются моноспоровые культуры природных плодовых тел гриба, скрещиваются, отбираются фертильные дикарионы в лабораторных условиях, и исследуются их физиолого-биохимические характеристики [4, 5]. Гибридизация позволяет соединить генетический материал родителей и получить двойной набор генов. Таким образом, различные гены дополняют друг друга и позволяют гибриду приобретать новые качества и адаптироваться в более широких пределах изменения условий окружающей среды. Гибридизация – это процесс скрещивания особей, отличающихся по своим признакам. Она является одним из этапов в схеме селекции высших грибов и особенно перспективна для гетероталличных видов, к которым относится вешенка обыкновенная [6-8].

Далее осуществляется поиск гибридов, превосходящих штамм НК-35 венгерской селекции, который занесен в Государственный реестр сортов, пригодных для распространения в Украине и широко используется в промышленном производстве грибов [8, 9]. Гибриды исследуются по разным физиолого-биохимическим критериям [10-14].

Целью наших исследований было сравнительное изучение физиолого-биохимических показателей новых гибридов, полученных на кафедре физиологии растений ДонНУ, с контрольным штаммом НК-35.

Методы исследования

Объектами исследований были гибриды из коллекции кафедры физиологии растений 22-41 и 30-41 вешенки, полученные в результате скрещивания моноспоровых культур плодового тела гриба, найденного на тополе в г. Донецке. Культуры исследовались на скорость роста, накопление биомассы, ферментативную активность, содержание общего белка, альбуминов, глобулинов, свободных аминокислот. Скорость линейного роста измеряли в пробирках на косом глюкозо-картофельном агаре. Для остальных исследований мицелий гибридов культивировали в колбах Эрленмейера на жидкой глюкозо-картофельной среде в термостате при температуре 24°С. Активность каталазы и полифенолоксидазы определяли йодометрическими методами, активность пероксидазы – методом А. Н. Бояркина, содержание белков – методом Лоури, содержание свободных аминокислот

определяли методом хроматографии на бумаге по К. В. Гари и Ф. Боде в модификации Г. М. Зайцевой и Н. П. Тюленевой [15, 16]. Опыты проводили в трехкратной повторности. Цифровые данные обрабатывали однофакторним дисперсионным анализом [17].

Результаты и обсуждение

Скорость роста и накопление биомассы грибов имеют важное значение, так как эти показатели свидетельствуют о физиологической активности культуры, скорости освоения питательной среды. Результаты исследования скорости роста и накопления биомассы гибридов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Скорость роста и накопление биомассы гибридами вешенки обыкновенной

Гибриды	Скорость роста, мм/сут.	Накопление биомассы, г/л
НК-35	5,70 ± 0,07	2,60 ± 0,18
30-41	6,17 ± 0,11	3,60 ± 0,22
22-41	6,40 ± 0,14	3,26 ± 0,20

Как видим, культуры различаются между собой по этим показателям. Характерным является то, что оба исследуемых гибрида достоверно превосходят контрольный штамм НК-35 по обоим признакам. Наивысшая скорость роста присуща гибриду 22-41 (6,40 мм в сутки), а самая высокая биомасса – культуре 30-41 (3,60 г сухой массы на 1 л среды). Важную роль в освоении среды обитания играют окислительные ферменты, к которым относятся пероксидаза, полифенолоксидаза и каталаза.

Изучение активности этих ферментов в мицелии исследуемых гибридов показало, что по активности каталазы оба новых гибрида превосходят контроль, причем лидером является культура 30-41 (табл. 2).

Таблица 2

Ферментативная активность исследуемых гибридов вешенки

Гибриды	Активность фермента, у.е.		
	пероксидаза	каталаза	полифенолоксидаза
НК-35	1,85 ± 0,01	165,33 ± 1,78	6,12 ± 0,11
30-41	1,56 ± 0,01	179,67 ± 1,78	4,73 ± 0,20
22-41	1,87 ± 0,03	170,33 ± 1,78	6,26 ± 0,05

По активности остальных ферментов этот гибрид уступает другим культурам. А гибрид 22-41 достоверно не отличается от контроля по активности пероксидазы и полифенолоксидазы.

С практической точки зрения для съедобных грибов одним из самых важных показателей является содержание белковых веществ, так как они представляют собой ценный источник питания. Из всех белков наиболее показательными для питательной ценности являются легкоусвояемые протоплазменные белки: водорастворимые альбумины и солерастворимые глобулины.

По содержанию белковых веществ исследованные культуры грибов также оказались неоднородными ($t_ф$ = 5,14; t_d = 43,49) (табл. 3).

Таблица 3

Содержание белковых веществ в мицелии грибридов вешенки, мг/г сырой массы

Гибриды	Общий белок	Альбумины	Глобулины
НК-35	65,83 ± 3,45	36, 90 ± 1,35	9,20 ± 0,33
30-41	82,99 ± 0,69	44,10 ± 1,93	13,90 ± 0,57
22-41	96,19 ± 3,40	45,66 ± 1,50	15,40 ± 0,27

Оба новых гибрида превосходят контроль по содержанию общего белка, причем лидирует культура 22-41. По сумме белков этот гибрид превосходит контроль в 1,5 раза. По содержанию протоплазменных белков альбуминов и глобулинов новые гибриды также лучше контроля. По этим белковым фракциям они не отличаются достоверно между собой. Во всех вариантах опыта содержание альбуминов превосходит солерастворимую фракцию приблизительно в 3 раза.

Не меньшую ценность представляют грибы и как источник свободных аминокислот. Результаты проведенных исследований представлены на рис. 1-2.

В мицелии гибридов было обнаружено 16 аминокислот, в том числе 9 незаменимых. Общее содержание свободных аминокислот в мицелии гибрида 30-41 составляет 9,56 мг/г сухой массы, что выше, чем в контроле в 1,3 раза. В мицелии культуры 22-41 – 12,72 мг/г сухой массы, что также больше контроля в 1,7 раза. При этом в мицелии гибрида 22-41 количество незаменимых аминокислот выше, чем в контроле в 1,2 раза. Гибрид 30-41 вешенки обыкновенной превосходит контрольный штамм НК-35 по содержанию 10 аминокислот (цистеина, лизина, аспарагиновой, серина, глицина, глутамина, треонина, метионина, фенилаланина и лейцина), а уступает контролю по количеству четырех (аргинин, пролин, валин, триптофан). По содержанию аланина и гистидина данные культуры достоверно не отличаются. А культура 22-41 имеет большее содержание, чем у контроля, 8 аминокислот (цистеина, лизина, аргинина, гистидина, глутамина, треонина, фенилаланина и лейцина), но уступает штамму НК-35 только по содержанию трех аминокислот: глицина, валина и триптофана. По содержанию серина, метионина, пролина и аланина данный гибрид не отличается от контроля достоверно.

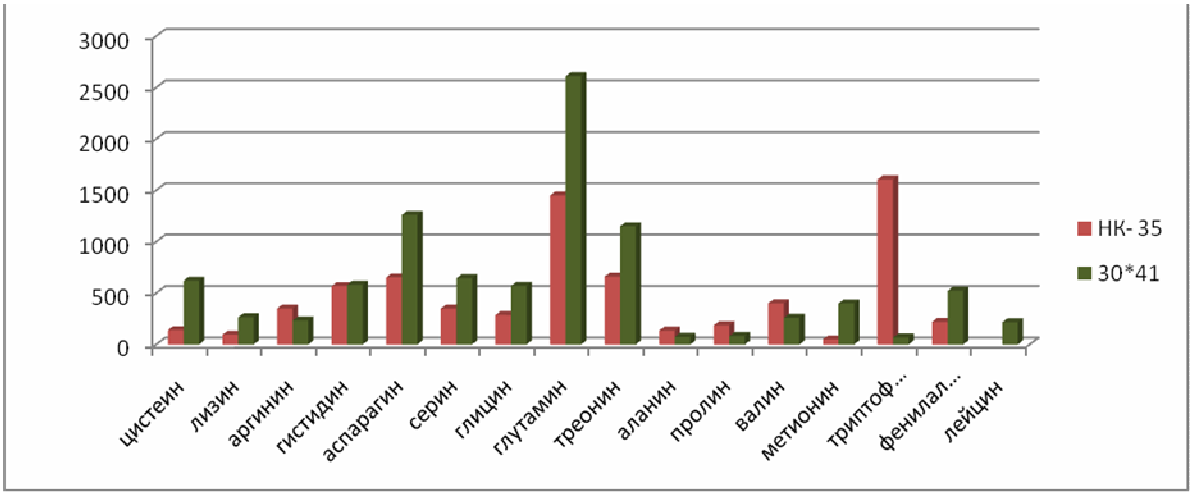


Рис. 1. Содержание свободных аминокислот в мицелии гибридов 30-41 и НК-35 вешенки обыкновенной (мкг/г сухой массы).

Доминирующей аминокислотой во всех вариантах опыта была глутаминовая кислота. Содержание ее в мицелии НК-35 составило 20,1%, а в мицелиях селекционных гибридов 22-41 и 30-41 – 19,8 и 27,3% соответственно. Из незаменимых аминокислот культура НК-35 характеризуется самым высоким содержанием триптофана (22,2%) и валина (5,6%), мицелий 22-41 – лизина (8,6%) и гистидина (17,7%), а мицелий 30-41 – фенилаланина (5,4%).

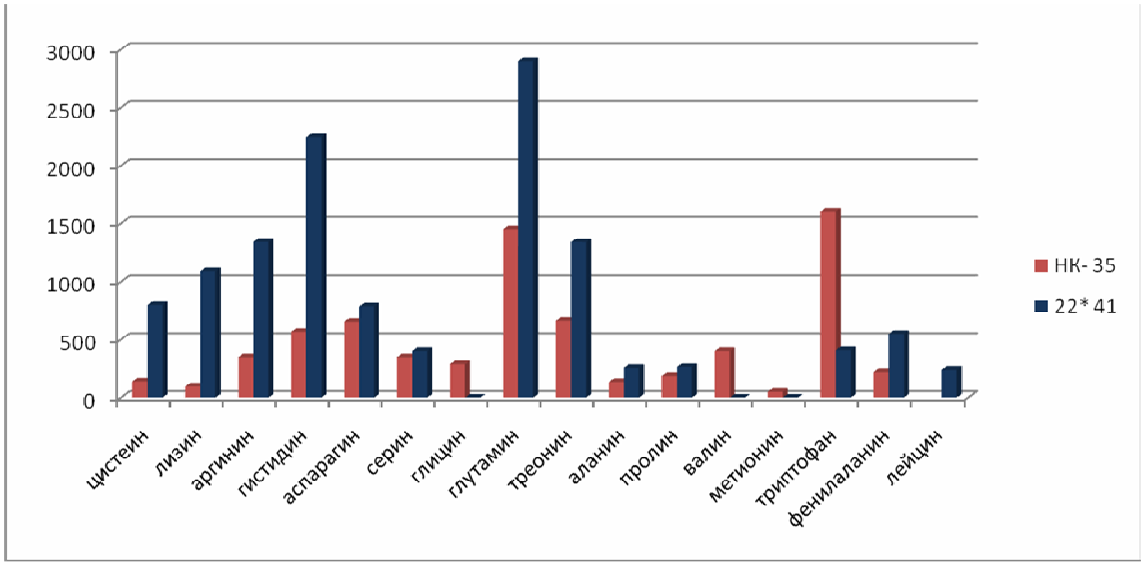


Рис. 2. Содержание свободных аминокислот в мицелии гибридов 22-41 и НК-35 вешенки обыкновенной (мкг/г сухой массы).

Таким образом, новые гибриды 22-41 и 30-41 вешенки обыкновенной являются перспективными продуцентами аминокислот.

Выводы

1. Гибрид 22-41 превосходит контрольный штамм НК-35 по скорости линейного роста, активности каталазы и полифенолоксидазы, сумме белков, содержанию альбуминов и глобулинов. Сумма свободных аминокислот в мицелии гибрида 22-41 в 1,7 раза выше, чем в штамме НК-35, а количество незаменимых аминокислот выше, чем в контроле в 1,2 раза.

2. Гибрид 30-41 отличается более высокой биомассой, активностью каталазы. Общее содержание свободных аминокислот в мицелии гибрида 30-41 выше, чем в контроле в 1,3 раза.

3. Доминирующей аминокислотой во всех вариантах опыта была глутаминовая кислота. Содержание ее в мицелии НК-35 составило 20,1%, а в мицелиях селекционных гибридов 22-41 и 30-41 – 19,8 и 27,3%, соответственно.

Таким образом, новые гибриды по физиолого-биохимическим характеристикам являются достойными внимания для дальнейших исследований в поиске перспективных штаммов для промышленного культивирования вешенки обыкновенной.

Список литературы

1. *Горленко М. В.* Грибы как источник пищевых белков / М. В. Горленко // Микол. и фитопатол. – 1983. – Т. 17, № 3. – С. 177–180.

2. *Соломко Э. Ф.* Перспективы использования высших базидиомицетов в микробиологической промышленности / Э. Ф. Соломко, И. А. Дудка // ВНИИСЭНТИ: Обзорная информация. Сер. 3. – М., 1985. – 48 с.

3. *Белова Н. В.* Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомицетов / Н. В. Белова // Микол. и фитопатол. – 2004. – Т. 38, вып. 2. – С. 1–6.

4. *Демченко С. И.* Плодоношение моноспоровых культур и гибридных дикарионов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. в лабораторных условиях / С. И. Демченко, Г. И. Мелихова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2008. – Вып. 8. – С. 199–208.

5. *Демченко С. І.* Дослідження реакцій вегетативної несумісності між гетерокаріонами *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm., зібраних у паркових зонах міста Донецька / С. І. Демченко, А. Є. Дерев'янко // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2009. – №1 (9). – С. 177–182.

6. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / [Бисько Н. А., Бухало А. С., Вассер С. П. и др.]. / Под общ. ред. И. А. Дудки. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.

7. *Сухомлин М. М.* Статеве розмноження вищих базидіоміцетів / М. М. Сухомлин. – Донецьк: ДонНУ, 2001. – 173 с.

8. *Дьяков Ю. Т.* Проблемы генетики и селекции съедобных грибов (обзор) / Ю. Т. Дьяков, О. В. Камзолкина, Е. Т. Грубе // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 382–385.

9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні: за станом на 15.04.2009 / Мн. агр. політ. Укр. Держ. служба з охорони прав на сорти рослин. – К.: ТОВ Алефа, 2009. – С. 192–193.

10. Каталог культур шапинкових грибів (ІВК) / А. С. Бухало, Н. Ю. Миторопольська. – К.: Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, 2001. – 40 с.

11. *Вєтрова О. В*. Гриби як продукт харчування і біологічно активні добавки / О. В. Вєтрова, М. О. Рябченко, В. Д. Малігіна, А. В. Котенко // Темат. зб. наук. ін. «Обладнання та технології харчових виробництв». – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 18. – С. 9–15.

12. *Дорошкевич Н. В.* Дослідження спор гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. методом скануючої мікроскопії / Н. В. Дорошкевич, В. В. Бурховецький, О. С. Дорошкевич // Мат. Міжнар. конф. мол. уч. «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (м. Ялта, 21-25 вересня 2010 р.). – Сімферополь: ВД АРІАЛ, 2010. – С. 59.

13. *Штаер О. В.* Сравнительный анализ природных изолятов вида *Pleurotus ostreatus* / О. В. Штаер, Ю. С. Белоконь, М. М. Белоконь и др. // Микробиология. – 2005. – Т. 74, № 2. – С. 231–238.

14. *Дорошкевич Н. В*. Морфологічні показники базидіального грибу *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. як один з критеріїв відбору нових ізолятів для промислового виробництва / Н. В. Дорошкевич, П. А. Сичов // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природничі науки. – 2008. – Вип. 1. – С. 320–323.

15. *Федотов О. В*. Амінокислотний склад ферментних препаратів пероксидаз їстівних лікарських грибів *Lentinus edodes, Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus* / О. В. Федотов // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природничі науки. – 2006. – Вип. 2. – С. 271–274.

16. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме «Белковый обмен, ферменты, нуклеиновые кислоты и витамины спецкурса «Большой практикум» / М. И. Бойко, Е. В. Запорожченко, Ю. Г. Приседский. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 55 с.

17. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.

Вєтрова О. В., Стародубова Г. О. **Порівняльне вивчення фізіолого-біохімічних показників нових гібридів гливи звичайної.** – Проведені порівняльні дослідження фізіолого-біохімічних показників двох нових гібридів гливи звичайної з контрольним штамом НК-35 угорської селекції. Нові гібриди переважають контроль за швидкістю лінійного росту, накопиченню біомаси, активністю каталази, вмістом білків та вільних амінокислот.

Ключові слова: гібриди гливи, швидкість росту, накопичення біомаси, білки, альбуміни, глобуліни, амінокислоти, ферменти.

Vetrova E. V., Starodubova A. A. **Comparative investigation of physiology-biochemist indexes of the new hybrids of *Pleurotus ostreatus*.** – The physiology-biochemist comparative indexes of two new hybrids of *Pleurotus ostreatus* with the control stamp HK-35 of the Hungary selection have been investigated. New hybrids surpass the control in the speed of linear growth, biological mass accumulation, activity of catalase, proteins content and free aminoacids.

Key words: hybrids of *Pleurotus ostreatus*, the speed of linear growth, biological mass accumulation, proteins, albumins, globulins, aminoacids, enzymes.

УДК 582.287.237:154.33

© К. Г. Древаль, О. С. Семилетова, С. М. Бойко, М. І. Бойко

ПЕКТОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ ШТАМІВ ВИЩИХ БАЗИДІАЛЬНИХ ГРИБІВ – АКТИВНИХ ПРОДУЦЕНТІВ ЦЕЛЮЛОЗОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: k.dreval@gmail.com

Древаль К. Г., Семилетова О. С., Бойко С. М., Бойко М. І. **Пектолітична активність штамів вищих базидіальних грибів – активних продуцентів целюлозолітичних ферментів.** – Встановлено здатність екзоферментів штамів вищих базидіоміцетів родів *Irpex, Stereum, Phellinus* та *Daedaleopsis* до гідролізу пектинових сполук. Порівняно загальну та питому пектолітичні активності культуральних фільтратів досліджуваних культур з целюлозолітичними активностями по відношенню до фільтрувального паперу, розчинів Na-карбоксиметилцелюлози, гідроксиетилцелюлози та целобіози.

Ключові слова: *Irpex lacteus*, *Stereum hirsutum*, *Phellinus pomaceus*, *Daedaleopsis confragosa* f. confragosa, целюлази, целюлозолітичні ферменти, пектинази.

Вступ

Пектолітичні ферменти грибів широко вивчаються та відіграють велике практичне значення в діяльності людини. Основним напрямком їх застосування є виноробство та харчова промисловість [1, 2, 4, 12]. Однак значення їх для промисловості цим не вичерпується. Вони є дуже корисними при обробці різноманітних рослинних продуктів, наприклад, при екстракції крохмалю, вітамінів, лікарських речовин, при оцукрюванні сільськогосподарських відходів або під час заготівлі кормів у тваринництві. У зв'язку з цим останнім часом значно зросла зацікавленість у пошуку нових активних продуцентів цього ферменту [4, 12]. У той же час актуальним є питання пошуку нових активних продуцентів ферментів целюлозолітичної дії у зв'язку із зростаючою потребою в них біотехнологічної галузі [3, 9, 11, 12]. Оскільки пектинази разом із целюлазами утворюють комплекс ферментів мацеруючої дії, що використовується під час отримання протопластів рослинних клітин, актуальним є питання пошуку організмів, здатних до синтезу ферментів пекто- та целюлозолітичної дії одночасно [3, 7, 16].

Саме тому метою роботи було дослідження пектолітичної активності культуральної рідини вищих базидіальних грибів – активних продуцентів ензимів целюлозолітичної дії.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктами досліджень обрано культури вищих дереворуйнівних сапротрофних грибів: Д-1, А-Дон-02 та К-1 *Irpex lacteus* (Fr.); Sh-1 *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers.; J-2An *Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire та AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* f. confragosa (Bolton) J. Schröt. Культури виділено з плодових тіл грибів, що зростали на листяних породах дерев на території м. Донецька та Донецької області. Виділення чистих культур проводилося відповідно до загальноприйнятих методик [6].

Для дослідження ферментативних активностей культуральних фільтратів штами інкубували на рідкому середовищі Чапека з виключенням сахарози такого складу (г/л): $NaNO_3$ – 2, K_2HPO_4 – 1, $MgSO_4 \times 7H_2O$– 0,5, KCl – 0,5, $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 0,01 [6]. Кислотність поживного середовища доводили до pH 5,0 за допомогою 10% р-ну HCl. В якості єдиного джерела вуглецю до середовища додавали фільтрувальний папір Whatman №1 в кількості 130 мг на кожні 25 мл поживного середовища. Активність позаклітинних целюлозолітичних та пектолітичних ферментів визначали на 7 та 14 добу культивування. Культивування проводили за температур, оптимальних для росту штамів.

Активність ферментів целюлозолітичного комплексу визначали по відношенню до таких субстратів: фільтрувальний папір (Whatman №1, щільність 80 г/м^2) (загальна целюлозолітична активність), Na-карбоксиметилцелюлоза (C5678, Sigma, Німеччина), гідроксиетилцелюлоза (54290, Sigma, Німеччина) (ендоглюканазна активність) та целобіоза (22150, Sigma, Німеччина) (целобіазна активність). Склад реакційних сумішей при визначенні ферментативної активності та умови проведення реакцій були в строгій

відповідності до рекомендацій IUPAC та загальноприйнятих методик [10, 11, 13]. При обчисленні результатів за одиницю целюлозолітичної активності (IU) приймали таку кількість фермента, яка утворювала 1 мкмоль редукуючих цукрів (для полімерних субстратів) або 1 мкмоль глюкози (для целобіози) протягом 1 хв. в умовах досліду. Питому активність (IU/mg) визначали відношенням загальної активності культурального фільтрату (IU/ml) до вмісту білку в культуральному фільтраті (mg/ml). Редукуючі цукри визначали методом Шомодьї-Нельсона [11, 13]. Глюкозу в реакційній суміші при визначенні целобіазної активності визначали глюкозооксидазно-пероксидазним методом. Для цього використовували набір реактивів для визначення глюкози в біологічних рідинах («Реагент», Україна). Вміст білка в культуральному фільтраті (КФ) визначали спектрофотометричним методом [5] на спектрофотометрі СФ-46 (Росія).

У якості субстрату під час визначення пектолітичної активності (ПА) використовували 0,5% розчин цитрусового пектину. Активність пектолітичних ферментів визначали за методикою Кертесза з використанням автоматичного титрувальномго приладу ТПР-М-УХЛ 4.2 (Росія) [14]. За одиницю пектолітичної активності (IU) приймали таку кількість фермента, яка утворювала 1 мкМ галактуронової кислоти з молекули пектину протягом 1 хв. в умовах досліду (pH=4,0; t=30°C).

Дослідження проводили в трикратній повторності. Результати досліджень обробляли статистично методами дисперсійного аналізу, порівняння середніх арифметичних величин проводили методом Дункана [8].

Результати та обговорення

Загальну ПА КФ досліджуваних штамів та їх целюлозолітичну активність по відношенню до різних субстратів показано в табл. 1. Максимум ПА зафіксовано для культури А-Дон-02 *I. lacteus* на 14 добу культивування, який достовірно не відрізняється від значення ПА штаму AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa, встановленого на 7 добу культивування (0,91±0,03 IU/ml та 0,87±0,08 IU/ml). Досліджувані штами мали різну динаміку накопичення ферментів пектолітичної дії протягом експерименту: культури Д-1, А-Дон-02, К-1 *I. lacteus* та Sh-1 *S. hirsutum* збільшували пектолітичну активність з 7 на 14 добу, культура AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa зменшувала її, а культура J-2An *P. pomaceus* зберігала значення ПА на сталому рівні в межах похибки протягом експерименту.

Таблиця 1

Загальна пектолітична та целюлозолітична активності культуральних фільтратів штамів базидіоміцетів по відношенню до різних субстратів

Штам	Середні значення активності культуральних фільтратів, M±m				
	пектин, IU/ml	ФП, IU/ml	Na-КМЦ, IU/ml	ГЕЦ, IU/ml	Целобіоза, IU/ml
7-ма доба культивування					
Д-1	0,31±0,02	0,74±0,01	1,11±0,01	10,00±0,40	52,23±3,93
А-Дон-02	0,53±0,08	3,89±0,39	2,22±0,01	12,41±0,82	19,67±0,01
AnSc-1	0,87±0,08	2,32±0,40	1,22±0,22	1,03±0,22	39,23±6,97
К-1	0,25±0,03	0,00±0,00	7,41±0,45	11,11±0,39	19,67±0,01
J-2An	0,40±0,02	0,56±0,01	3,52±0,45	3,15±0,22	26,10±3,93
Sh-1	0,13±0,02	0,93±0,11	6,30±0,30	0,66±0,01	3,33±0,01
14-та доба культивування					
Д-1	0,36±0,01	2,04±0,23	2,04±0,23	3,53±0,30	65,33±4,07
А-Дон-02	0,91±0,03	0,19±0,01	7,96±0,82	9,27±0,41	58,77±6,97
AnSc-1	0,02±0,01	0,28±0,01	4,82±0,22	3,52±0,22	49,00±6,83
К-1	0,31±0,05	4,81±0,45	3,33±0,01	9,82±0,22	9,67±0,01
J-2An	0,40±0,08	1,57±0,01	8,70±0,22	9,82±0,45	13,00±3,07
Sh-1	0,22±0,03	1,67±0,01	6,48±0,45	0,47±0,01	39,33±0,01

Максимум загальної активності целюлаз у культуральних фільтратах по відношенню до фільтрувального паперу (ФПА) зафіксовано в культури К-1 *I. lacteus* на 14 добу культивування (4,81±0,45 IU/ml), по відношенню до Na-карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) – у штаму J-2An *P. pomaceus* на 14 добу культивування (8,70±0,22 IU/ml), по відношенню до гідроксиетилцелюлози (ГЕЦ) – у штаму А-Дон-02 *I. lacteus* на 7 добу культивування (12,41±0,82 IU/ml), по відношенню до целобіози – в культури Д-1 *I. lacteus* на 14 добу культивування (65,33±4,07 IU/ml). Так само, як і пектолітична активність КФ досліджуваних штамів, їх целюлозолітична здатність до деструкції різних субстратів змінювалась протягом культивування. При цьому визначення ФПА показало, що для штамів Д-1, К-1 *I. lacteus*, AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa та Sh-1 *S. hirsutum* вона мала схожу динаміку в ході експерименту з динамікою загальної пектолітичної активності, встановленої для цих штамів. Визначення активності целюлаз у КФ до субстрату Na-КМЦ показало, що для штамів Д-1 та А-Дон-02 *I. lacteus* вона мала аналогічну динаміку до зміни пектолітичної активності КФ цих культур. Схожої зміни загальної пектолітичної активності та активності КФ до деструкції ГЕЦ не було встановлено для жодного з досліджуваних штамів протягом всього терміну культивування. Визначення активності КФ до деструкції целобіози показало, що у штамів Д-1, А-Дон-02 *I. lacteus* та Sh-1 *S. hirsutum* вона була аналогічною до динаміки пектолітичної активності КФ цих штамів.

Паралельно з визначенням загальних активностей КФ досліджуваних штамів до деструкції пекто- та целюлозовмісних субстратів розраховували також питомі активності, значення яких подано в табл. 2.

Таблиця 2

Питома пектолітична та целюлозолітична активності культуральних фільтратів штамів базидіоміцетів по відношенню до різних субстратів

Штам	Середні значення активності культуральних фільтратів, M±m				
	пектин, IU/mg	ФП, IU/mg	Na-КМЦ, IU/mg	ГЕЦ, IU/mg	Целобіоза, IU/mg
7-ма доба культивування					
Д-1	0,33±0,04	0,68±0,04	1,02±0,13	9,15±0,87	47,79±3,48
А-Дон-02	1,19±0,23	5,45±0,36	3,12±0,24	17,40±0,94	27,58±2,74
AnSc-1	3,30±0,34	6,21±0,32	3,26±0,28	2,76±0,26	105,18±6,73
К-1	0,54±0,07	0,00±0,00	21,16±1,24	31,75±2,14	56,19±3,24
J-2An	2,51±0,18	2,88±0,26	18,23±0,67	16,31±0,87	135,23±7,01
Sh-1	0,94±0,14	4,35±0,29	29,60±1,46	3,10±0,38	15,65±0,89
14-та доба культивування					
Д-1	1,51±0,22	5,77±0,34	5,77±0,89	9,99±0,76	185,08±8,65
А-Дон-02	2,04±0,28	0,23±0,03	10,08±1,14	11,73±0,54	74,39±4,77
AnSc-1	0,07±0,01	0,19±0,03	3,23±0,64	2,36±0,18	32,89±1,16
К-1	1,29±0,14	9,57±0,43	6,63±0,68	19,51±1,18	19,21±0,93
J-2An	2,44±0,32	5,03±0,28	27,81±1,48	31,36±2,48	41,54±2,34
Sh-1	1,42±0,25	5,16±0,24	20,07±1,13	1,47±0,29	121,78±6,17

Отримані дані в цілому аналогічні до даних загальної активності, однак мають певні відмінності. Так, максимальну питому пектолітичну активність (ППА) встановлено для штаму AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa на 7 добу культивування. Максимум питомої активності КФ по відношенню до Na-КМЦ встановлено у штаму Sh-1 *S. hirsutum* на 7 добу культивування, який достовірно не відрізнявся від максимуму, зафіксованого для штаму J-2An *P. pomaceus* на 14 добу культивування. Останній також виявляв максимальну активність по відношенню до ГЕЦ (на 14 добу культивування), яка достовірно не відрізнялась від максимуму питомої ГЕЦ-активності штаму К-1 *I. lacteus*, зафіксованого на 7 добу культивування. Динаміка ППА КФ досліджуваних штамів була схожою з динамікою

загальної ПА, з тією особливістю, що ППА штаму А-Дон-02 *I. lacteus* зменшувалась з 7-ої на 14-ту добу культивування. Це свідчить про те, що відбувалось накопичення білка у КФ цього штаму, який не мав здатності до гідролізу пектинових сполук.

Висновки

У результаті проведеної роботи встановлено здатність культуральних фільтратів штамів Д-1, А-Дон-02, К-1 *I. lacteus*, Sh-1 *S. hirsutum*, J-2An *P. pomaceus* та AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa до гідролізу сполук пектинової природи та сполук целюлозної природи. Максимальну питому пектолітичну активність було зафіксовано в культури AnSc-1 *D. confragosa* f. confragosa на 7 добу культивування (3,30±0,34 IU/mg), що робить її перспективним об'єктом біотехнології.

Подяки

Автори висловлюють подяку суспільній організації «Развитие» (м. Москва, Росія) за фінансову підтримку проведених досліджень.

Список літератури

1. *Бекер З. Э.* Физиология грибов и их практическое использование / З. Э. Бекер. – М., 1968. – 230 с.
2. *Билай В. И.* Основы общей микологии / В. И. Билай. – К., 1989. – 392 с.
3. *Волова Т. Г.* Биотехнология / Т. Г. Волова. – Новосибирск, 1999. – 252 с.
4. *Даниляк Н. И.* Ферментные системы высших базидиомицетов / Н. И. Даниляк, В. Д. Семичаевский, Л. Г. Дудченко и др. – К., 1989. – 280 с.
5. *Дарбре А.* Практическая химия Белка: Пер. с англ. / А. Дарбре. – М., 1989. – 623 с.
6. *Дудка И. А.* Методы экспериментальной микологии / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. А. Элланская и др. – К., 1982. – 550 с.
7. *Михайлова Р. В.* Мацерирующие ферменты мицелиальных грибов в биотехнологии / Р. В. Михайлова. – Минск, 2007. – 407 с.
8. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. посібник / Ю. Г. Приседський. – Донецьк, 1999. – 210 с.
9. *Рабинович М. Л.* Производство этанола из целлюлозосодержащих материалов: потенциал российских разработок / М. Л. Рабинович // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 5–32.
10. *Синицын А. П.* Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов / А. П. Синицын, В. М. Черноглазов, А. В. Гусаков // Итоги науки и техники. Сер. Біотехнологія. – 1993. – Т. 25. – 152 с.
11. *Синицын А. П.* Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов: учеб. пособие / А. П. Синицын, А. В. Гусаков, В. М. Черноглазов. – М., 1995. – 224 с.
12. *Bhat M. K.* Cellulases and related enzymes in biotechnology / M. K. Bhat // Biotechnology advances. – 2000. – № 18. – P. 355–383.
13. *Ghose T. K.* Measurement of cellulase activities / T. K. Ghose // Pure & Appl. Chem. – 1987. – Vol. 59, № 2. – P. 257–268.
14. *Kertesz Z. I.* Methods in Enzymology / Z. I. Kertezs. – New York, 1955. – 166 p.
15. *Nelson N.* A photometric adaptation of the Somogui method for the determination of glucose / N. Nelson // Journal of Biological Chemistry. – 1944. – V. 153, № 2. – P. 375–379.
16. *Yamanobe T.* Isolation of a cellulolytic enzyme producing microorganism, culture conditions and some properties of the enzymes / T. Yamanobe, Y. Mitsuishi, Y. Takasaki // Agric. Biol. Chem. – 1987. – V. 51, № 1. – P. 65–74.

Древаль К. Г., Семилетова А. С., Бойко С. М., Бойко М. И. **Пектолитическая активность штаммов высших базидиальных грибов – активных продуцентов целлюлозолитических ферментов.** – Установлена способность экзоферментов штаммов высших базидиомицетов, относящихся к родам *Irpex*, *Stereum*, *Phellinus* и *Daedaleopsis*, гидролизовать пектиновые вещества. Проведено сравнение общей и удельной пектолитических

активностей исследуемых культур с целлюлозолитическими активностями по отношению к фильтровальной бумаге, растворам Na-карбоксиметилцеллюлозы, гидроксиэтилцеллюлозы и целлобиозы.

Ключевые слова: *Irpex lacteus, Stereum hirsutum, Phellinus pomaceus, Daedaleopsis confragosa* f. confragosa, целлюлазы, целлюлозолитические ферменты, пектиназы.

Dreval K. G., Semiletova A. S., Boyko S. M., Boyko M. I. **Pectolytic activity of higher basidiomycetes – active producers of cellulolytic enzymes.** – Ability of exoenzymes of *Irpex, Stereum, Phellinus* and *Daedaleopsis* strains to hydrolyze pectin substances was established. General and specific pectolytic activity was compared with ability of enzymes to break down filter paper and hydroxyethylcellulose, Na-carboxymethylcellulose and cellobiose solutions.

Key words: *Irpex lacteus, Stereum hirsutum, Phellinus pomaceus, Daedaleopsis confragosa* f. confragosa, cellulases, cellulolytic enzymes, pectinases.

УДК 575.5+582.284+582.288

© П. А. Сычёв, Н. П. Ткаченко

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ НЕКОТОРЫХ СЪЕДОБНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ И ИНТРОДУКЦИЯ ИХ В КУЛЬТУРУ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: tkachenco@telenet.dn.ua

Сычёв П. А., Ткаченко Н. П. **Изучение биоразнообразия некоторых съедобных базидиомицетов и интродукция их в культуру.** – Изучено таксономическое, экологическое и штаммовое разнообразие некоторых съедобных грибов – интродуцентов в культуру из родов *Agaricus, Pleurotus, Stropharia, Flammulina, Macrolepiota, Fistulina*. Шампиньон двуспоровый в коллекции ДонНУ представлен штаммами коричневой, кремовой и белой рас. Гумусовый сапротроф гриб зонтик краснеющий интродуцирован в культуру впервые. Оптимальная температура роста 40 изученных грибов из коллекции ДонНУ на агаровых средах составляет 22-28°С, а плодоношения на субстратах 15-22°С. В промышленное грибоводство интродуцированы штаммы вешенки коллекции ДонНУ: Дон-103, Дон 112, Дон-112+, Дон БП-74е, БП-8, Дон 21.3.

Ключевые слова: таксономия, экология, штаммы, биоразнообразие, интродукция, промышленная культура.

Введение

Проблемы биологического разнообразия базидиомицетов освещаются в трудах Н. А. Бисько и И. А. Дудки [2], А. С. Бухало [3], Л. Ф. Горового [5], И. А. Дудки и С. П. Вассера [8], С. Ф. Негруцкого [13] и других авторов.

Будучи компонентами лесных биоценозов [15] и степных экосистем [4, 9, 14], они играют существенную роль в природе и жизни человека [1, 3, 4, 8, 16, 17].

Фундаментальная и прикладная деятельность по инвентаризации и интродукции высших базидиомицетов осуществляется во всех микологических центрах [1, 3, 12, 16].

Актуальной и одновременно дискуссионной является проблема численности видов грибов. До недавнего времени общепринятой была точка зрения о 100 тысячах видов микро- и макромицетов. С конца XX и начала XXI века грибы принято считать самой многочисленной группой организмов после насекомых [9, 14, 16]. По мнению ведущих микологов, крайне недостаточное внимание уделяется охране генофонда грибов [1, 6, 9, 16].

Представители разных таксонов поступают в коллекции в виде штаммов – генетически однородных культур с ценными хозяйственно-биологическими признаками. Коллекции штаммов содержатся в микологических центрах и лабораториях стран Европы, Юго-Восточной Азии, США. В Украине национальным достоянием признана коллекция высших шляпочных грибов Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины [12]. В упомянутой коллекции содержатся штаммы шампиньона двуспорового (более 100), вешенки обыкновенной (более 100), сии-таке (около 50), зимнего гриба (более 12). Коллекция высших съедобных шляпочных грибов Института ботаники служит источником промышленных штаммов для грибоводческих предприятий Украины. По данным И. А. Дудки и С. П. Вассера [8], грибные богатства Украины представлены пятью сотнями видов микромицетов, хотя собирают из них не более 12 видов. К настоящему времени в промышленную культуру интродуцированы шампиньон двуспоровый, вешенка обыкновенная, кольцевик, зимний гриб, сии-таке и некоторые другие [4].

Ранее по координационным планам Института ботаники им. Н. Г. Холодного нами выполнены исследования продуктивности различных штаммов съедобных гумусовых сапрофитов и лигноксилотрофов в условиях выработок угольных шахт и грибоводческих предприятий Донбасса [5-7, 14]. В связи с расширением объемов промышленного культивирования грибов в Донецкой, Луганской, Запорожской, Харьковской и Днепропетровской областях возникла необходимость в изучении биоразнообразия некоторых съедобных базидиомицетов и перспектив их интродукции в культуру. Настоящая работа является попыткой исследований биологии ряда видов съедобных грибов – объектов промышленного грибоводства.

Объекты и методы исследования

Объектами изучения биоразнообразия некоторых съедобных базидиомицетов явились штаммы разных родов. Штаммы экологической группы гумусовых сапрофитов были представлены тремя расами: коричневой, кремовой и белой. Первоначально штаммы шампиньонов были сопоставлены по продуктивности в грибоводческом предприятии шахты им. Горького и шахты им. Засядько. С 1983 г. с созданием лаборатории мицелия при кафедре физиологии растений ДонНУ положено начало собственной коллекции [5, 14]. Объектами служили также представители экологической группы лигноксилотрофов, природных и коммерческих штаммов грибов рода вешенка.

Изучение биоразнообразия некоторых съедобных грибов основывалось на общепринятых методах экспериментальной микологии и лабораторных практикумов [4, 10, 11]. Модификации получения чистых культур гриба-зонтика краснеющего и печеночницы обыкновенной заключались в обработке гимеального слоя в 10% растворе перекиси водорода. Моноспоровые изоляты для гибридизации получали по общепринятым методам, описанным Н. А. Бисько и И. А. Дудкой [2-4, 7], А. В. Шныревой [17, 18].

Для характеристики роста мицелия на картофельно-глюкозном агаре (КГА) изучали ежесуточные приросты (мм/сутки) в термостатах типа ТС-80. Температуру плодоношения штаммов шампиньонов в культивационных сооружениях упомянутых предприятий на синтетических компостах изучали по показателям термометров и термодатчиков.

По результатам изучения биоразнообразия некоторых съедобных базидиальных грибов построены табл. 1-4.

Результаты и их обсуждение

Данные о таксономическом и штаммовом разнообразии экологической группы гумусовых сапротрофов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Таксономическое и штаммовое разнообразие гумусовых сапротрофов

№ п/п	Наименование штамма, шифр	Происхождение, урожайность (кг/м^2), интродукция	Субстраты и среды для роста и плодоношения	Оптимум t°C	
				рост	плодо-ношение
Шампиньон двуспоровый – *Agaricus bisporus* Lge					
1	273 штамм. Коричневая раса	Российской селекции. Коллекция совхоза Заречье Московской обл. Урожайность 16-22 кг/м^2. Грибницы шахт. им. Горького, им. Засядько	компост синтетический, КГА	22-24	16-18
2	402 – репродукция штамма В-92. Французская селекция. Коричневая раса	Коллекция совхоза Заречье Московской обл. Урожайность 12-15 кг/м^2. Грибницы Донецкого региона	компост синтетический, КГА	22-25	16-18
3	Br. Штамм венгерской селекции. Коричневая раса	Коллекция совхоза Заречье Московской обл. Урожайность 15-20 кг/м^2. Интродуцирован в грибницы г. Донецка	компост синтетический, КГА	22-25	18-20

№ п/п	Наименование штамма, шифр	Происхождение, урожайность (кг/м^2), интродукция	Субстраты и среды для роста и плодоношения	Оптимум t°C	
				рост	плодо-ношение
4	F 1970. Штамм отечествен-ной селекции. Белая раса	Коллекция совхоза Заречье Московской обл. Урожайность 15-18 кг/м^2. Интродуцирован в грибницы города Донецка	компост синтетический, КГА	24-26	16-18
5	А-15. Штамм американской селекции. Белая раса	Коллекция института НАН Украины г. Киев. Интродуцирован в грибницы Донецкой обл.	компост синтетический, КГА	25-27	18-20
Гриб-зонтик краснеющий – *Macroleprota procera*					
6	ТМ 0505. Штамм из грунтовой теплицы-оранжереи г. Макеевки	Коллекция ДонНУ. Интродуцирован в лабораторную культуру.	отработанный компост торф, КГА	25-28	19-22

В табл. 1 дана краткая характеристика 6 штаммов из экологической группы гумусовых сапрофитов из родов *Agaricus* и *Macrolepita.* Интродуцентами в культуру явились штаммы 273 и 402 коричневой расы, Br – кремовый, F 1970 и А-15 – белой расы. В шампиньонницах Донецка культивируют в основном штаммы белой, коричневой и кремовой рас. Впервые нами индуцирован в чистую культуру гриб-зонтик краснеющий. Плодовые тела в лабораторных условиях получали на отработанном шампиньонном компосте под покровом торфа. Установлены и оптимальные параметры температуры вегетативного роста и плодоношения, как это следует из табл. 1.

Кроме гриба-зонтика краснеющего, в теплицах и оранжереях предприятий Донецка обнаружено обильное плодоношение веселки обыкновенной, вольвариелы вольвовой, вольвориеллы шелковистой и плютея оленьего розовопластинчатого.

Таблица 2

Таксономическое и штаммовое разнообразие съедобных личноксилотрофов

№ п/п	Наименование, шифр	Происхождение	Среды для интродукции и субстраты для выращивания	Оптимум t°C	
				рост	плодоно-шение
1	Строфария морщинистая кольцевая – *Strofaria ruqusoanula*	из коллекции шляпочных грибов Института ботаники НАН Украины. г. Киев	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника	26-28	15-20
2	Сии-таке *Lentinus edodes* Berk	из коллекции Института ботаники НАН Украины	КГА, СА; солома, дубовая щепа	27	18-20
3	Зимний гриб – *Flammulina velutipes* Дон. 11.2008	собран с древесины ивы 11.11.2008 г.	КГА, СА; опилки, лузга	28	5-18

№ п/п	Наименование, шифр	Происхождение	Среды для интродукции и субстраты для выращивания	Оптимум t°C	
				рост	плодоно-шение
4	Трутовик лакированный – *Ganoderma lucidum* Дон. 7.2007	собран со стволов дубов в г. Донецке	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника, опилки	24-26	18-20
5	Печёночница обыкновення – *Fistulina hepatica*	собран в октябре 2008 г. с пня дуба	КГА, СА; солома, дубовые опилки	24-26	15-18
6	И-3 11-04. Вешенка обыкновенная. *P. ostreatus*	ива; г. Изюм, Харьковская обл. Кутикула бежевого цвета	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника	26	16-18

В табл. 2 приведено таксономическое и штаммовое разнообразие некоторых съедобных лигноксилотрофов. Строфария морщинисто-кольцевая (кольцевик) с ярко-красной окраской кутикулы шляпки представляет собой штамм «садовый великан». Он перспективен для лабораторного практикума по микологии и для приусадебного грибоводства.

Сии-таке, зимний гриб и трутовик лакированный не только съедобные, но и целебные макромицеты. В Донецке и Украине в целом они стали объектами медицинской микологии и микотехнологии. Печеночница обыкновенная – съедобный гриб невысоких вкусовых достоинств.

Нами впервые апробирована методика получения плодовых тел на увлажненных стерилизованных опилках и соломе злаковых растений.

Температурный оптимум роста мицелия на агаризованой картофельно-глюкозной среде для надревных сапрофитов составляет 24-28°С. Плодоношение штаммов этой группы происходит при температуре 15-20°С.

Таблица 3

Разнообразие природных штаммов вешенки обыкновенной – интродуцентов в промышленную культуру

№ п/п	Наименование штамма, шифр	Происхождение, признаки шляпки	Среды для чистой культуры, субстраты	Оптимум t°C	
				рост	плодоно-шение
1	Э-101 гр 10-1981	тополь; Эстония, г. Тарту, октябрь 1981 г Кутикула бежевой окраски	КГА, СА; обрезки веток яблонь, солома злаков	27	10-15
2	Дон-103 КВ 1016 1983	тополь; г. Донецк, обильное плодоношение. Кутикула светло-серая	КГА, СА; опилки лиственных, солома, отходы древесины и переработки с/х растений	28	10-12
3	Дон-112 КВ 1017 06.1982	тополь; г. Донецк, август 2002 г. Плодовые тела крупные, окраска светло-коричневая	КГА, СА; солома ячменя, лузга подсолнечника	26-28	10-22

№ п/п	Наименование штамма, шифр	Происхождение, признаки шляпки	Среды для чистой культуры, субстраты	Оптимум t°C	
				рост	плодоно-шение
4	Т-11-04	тополь; г. Новоазовск, Донецкая обл., 11.2004	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника, опилки	26-28	15-18
5	08-11-04	осина сухостойная; г. Изюм, Харьковская обл.	КГА, СА; солома злаков, лузга подсолнечника	27	15-18
7	БП-74е	ель; Беловежская пуща, июль 1994 г.	КГА, СА; древесина лиственных пород, солома злаков	26	15-20
8	ВК-2000	орех грецкий; г. Константиновка, Донецкая обл., Кутикула светло-коричневая	КГА, СА; солома	26	18-20
9	Кр. Л. Е. 2008	ель; Ямпольское лесничество, Краснолиманский р-н, Донецкая обл., сентябрь 2008 г. Плодовое тело светло-серое	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника ?	26	11-15
10	Т16 0907	пень тополя; г. Донецк, 2007 г. Шляпка темно-серая	КГА, СА; солома пшеницы и ячменя, лузга подсолнечника	26	12-18

Данные табл. 3 характеризуют разнообразие природных штаммов вешенки обыкновенной, имеющихся в коллекции кафедры физиологии растений ДонНУ.

Естественный субстрат большинства штаммов сухостой или пни (Э-101, 10-1981, Дон-103, Дон 112, Т-11-04, Т 160 907). Штамм И-3 выделили из древесины ивы, ВК-2000 – ореха грецкого, БП-74е и КРЛ Е – древесины ели, О-8-11-04 – древесины осины. В табл. 3 показано лишь 10 природных штаммов. Эта коллекция ежегодно пополняется новыми устойчивыми к абиотическим и биотическим факторам штаммами. Значительную ценность в виде монокариотов они представляют для селекции методом мон-мон и ди-мон скрещиваний.

Оптимальная температура роста мицелия на агаровых средах составляет 26-28°С. Плодоношение большинства природных штаммов вешенок изменяется в пределах 12-20°С.

В табл. 4 приведена краткая характеристика коммерческих штаммов грибов рода вешенка. При этом дано описание наименований и шифров штаммов, их происхождение, описаны питательные среды для чистых культур и плодоношения. Наряду со штаммами зарубежной селекции поименованы штаммы селекции ДонНУ: Дон 112+, Дон 21.3.06, БП-8 и Дон 21.6.

Следует подчеркнуть, что при характеристике коммерческих штаммов нашей селекции отдельные авторы (А. В. Шнырева [17, 18] и Л. А. Золотарева [11]) допускают противоречивые суждения. В Институте ботаники [12] штамм Дон 112 (1017 КВ) числится бесшоковым.

Таблица 4

Разнообразие коммерческих штаммов грибов рода вешенка – интродуцентов в промышленную культуру

№ п/п	Наименование штамма, шифр	Происхождение, признаки шляпки	Питательная среда для чистой культуры, субстраты	Оптимум t°C	
				рост	плодоно-шение
1	НК-35. Штамм венгерской селекции	из коллекции шляпочных грибов Института ботаники НАН Украины	КГА, СА; солома злаков	26-28	18-22
2	КЧ – китайский черный	из коллекции Института ботаники НАН Украины	КГА, СА; солома, дубовая щепа	26-28	18-20
3	*P. florida varostreatus*	собран с древесины ивы 11.11.2008 г.	КГА, СА; опилки, лузга	28	5-18
4	Sommer – зомер летний	собран со стволов дуба в г. Донецке	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника, опилки	24-26	18-20
5	Дон 112 + гибрид	собран в октябре 2008 г. с пня дуба	КГА, СА; солома, дубовые опилки	27	15-18
6	Дон 21.3.06	селекции ДонНУ: АК 35 + мон. Плодовые тела светло-коричневой окраски	КГА, СА; солома злаков, лузга, смеси соломы и лузги 1:1	24-26	15-20
7	*P. djamor* – вешенка розовая	коллекции ИБК, лаборатории микологии ООО «УкрМицелий»	КГА, СА; солома, лузга, смеси	24-26	16-18
8	*P. eryngii* – вешенка степная «королевская»	коллекция ИБК, собственные сборы под корнями перекати-поле	КГА, СА; солома, лузга, смеси, опилки	27	15-18
9	*P. citrino-pileatus* – вешенка лимонно-пластинчатая	коллекция ИБК, лаборатория ДонНУ. Шляпка желто-лимонная	КГА, СА; солома, лузга. смеси 1:1	26	15-21
10	*P. pulmonarius* – вешенка легочная	коллекция ИБК, собственные сборы. Плодовые тела бежево-серые	КГА, СА; солома, лузга. смеси 1:1	26	16-20
11	БП-8 – гибрид между БП-74е (мон) *P. florida* мон	коллекция ДонНУ, МГУ; плодовые тела высоких товарных и вкусовых качеств	КГА, СА; солома пшеницы и ячменя, лузга подсолнечника	26-28	15-20
12	Дон 216. Гибрид между Дон 112 (мон) и НК-35 мон	коллекция лаборатории ДонНУ	КГА, СА; солома, лузга подсолнечника	26-28	15-18

Выводы

1. Изучено таксономическое, экологическое и штаммовое разнообразие некоторых съедобных грибов – интродуцентов в чистую и промышленную культуру из родов *Agaricus, Pleurotus, Stropharia, Flammulina, Macrolepiota, Fistulina.*

2. Шампиньон двуспоровый в коллекции ДонНУ представлен штаммами коричневой, кремовой и белой рас. Гумусовый сапротроф гриб-зонтик краснеющий впервые интродуцирован в культуру.

3. Оптимальная температура роста 40 изученных съедобных грибов из рабочей коллекции ДонНУ на агаровых средах составляет 22-28°С, а плодоношения на субстратах – 15-22°С.

Благодарности

Выражаем признательность зав. отделом микологии Института ботаники им. Н. Г. Холодного, проф., чл-корр. НАН Украины И. А. Дудке и д.б.н. этого же отдела Н. А. Бисько за разработку и руководство выполнения координационной программы «Вешенка»;

д.б.н. А. С. Бухало за помощь в депонировании 3-х коммерческих штаммов вешенки обыкновенной нашей селекции;

зав. кафедрой низших растений биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова д.б.н., проф. Ю. Т. Дьякову и д.б.н. А. В. Шныревой за включение в свою коллекцию наших гибридов Дон. 112 и БП-8 в качестве коммерческих.

Список литературы

1. *Белова Н. В.* Коллекция культур высших базидиомицетов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН / Н. В. Белова, О. А. Сивохуб // Микология и фитопатология. – 1992. – Т. 26, вып. 2. – С. 167–172.

2. *Бисько А. А.* Биология и культивирование грибов рода вешенка / А. А. Бисько, И. А. Дудка. – К.: Наук. думка, 1987. – 147 с.

3. *Бухало А. С.* Высшие съедобные грибы в чистой культуре / А. С. Бухало. – К.: Наук. думка, 1988. – 144 с.

4. Высшие базидиомицеты в поверхностной в глубинной культуре / А. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассерт, И. А. Дудка и др. / Под общей ред. И. А. Дудки. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.

5. *Горовой Л. Ф.* Морфогенез пластинчатых грибов / Л. Ф. Горовой. – К.: Наук. думка, 1990. – 166 с.

6. Грибы и грибоводство / Сост. П. А. Сычев, Н. П. Ткаченко. – Донецк: Сталкер, 2003. – 512 с.

7. Деклараційний патент України № 16638. Штам Дон.213.06 соматичних структур їстівного базидіоміцету *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) Kummer – продуцент плодових тіл харчового призначення та основа одержання посівного міцелію / Н. П. Ткаченко, П. А. Сичов, О. А. Тимофеєв, І. І. Бандура. Опубл. 15.08.2008, бюл. № 8.

8. *Дудка И. А.* Грибы. Путеводитель по выставке / И. А. Дудка. С. П. Вассер. – К.: Наук. думка, 1988. – 129 с.

9. *Дьяков Ю. Т.* Введение в генетику грибов. Уч. пособ. для студ. высш. уч. зав. / Ю. Т. Дьяков, А. В. Шнырева, А. Ю. Сергеев. – М.: ИЦ «Академия», 2005. – 304 с.

10. Методы экспериментальной микологии. Справочник / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. А. Элланская и др. – К.: Наук. думка, 1982. – 350 с.

11. Методичні вказівки по проведенню лабораторно-практичних занять промислового грибівництва по спеціальності «Агрономія» / Авт.-сост. Л. П. Золотарьова. – Херсон: Колос, 2002. – 50 с.

12. *Мітропольська Н. Ю.* Колекція культур вищих базидіальних грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України / Н. Ю. Мітропольська, А. С. Бухало / Укр. ботан. журн. – 2004. – Т. 57, № 1. – С. 125–130.

13. *Негруцкий С. Ф.* Физиология и биохимия низших растений / С. Ф. Негруцкий. – К.: Высш. шк., 1990. – 190 с.

14. *Сычёв П. А.* Экофизиология высших грибов / П. А. Сычёв. – Донецк: Кассиопея, 2000. – 275 с.

15. *Цилюрик А. В.* Грибы лесных биоценозов (Атлас) / А. В. Цилюрик, С. В. Шевченко. – К.: Наук. думка, 1988. – 129 с.

16. *Хауксворт*. Общее количество грибов, их значение для человека / Хауксворт // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36, вып. 36. – С. 54–60.

17. *Шнырева А. В.* О критериях отбора дикорастущих штаммов вешенки для культивирования / А. В. Шнырева // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36, вып. 4. – С. 54-61.

18. *Шнырева А. В.* Чувствительность к холодовому шоку как фактор дивергенции между близкородственными видами рода *Pleurotus* / А. В. Шнырева // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 42, вып. 6. – С. 556–562.

Сичов П. А., Ткаченко Н. П. **Вивчення біорізноманіття деяких їстівних базидіоміцетів та інтродукція їх у культуру.** – Вивчено таксономічне, екологічне і штамове різноманіття деяких їстівних грибів – інтродуцентів у культуру з родів *Agaricus, Pleurotus, Stropharia, Flammulina, Macrolepiota, Fistulina.* Печериця двоспорова в колекції ДонНУ представлена штамами коричневої, кремової і білої рас. Гумусовий сапротроф гриб-парасолька червоніюча інтродуковано в культуру вперше. Оптимальна температура росту 40 вивчених грибів з колекції ДонНУ на агарових середовищах склала 22-28°С, а плодоношення на субстраті – 15-22°С. У промислове грибівництво інтродуковані штами гливи колекції ДонНУ: Дон-103, Дон 112, Дон-112+, Дон БП-74е, БП-8, Дон 21.3.

Ключові слова: таксономія, екологія, біорізноманіття, штами, інтродукція, промислова культура.

Sychev P. A., Tkachenko N. P. **Study of biodiversity fungi and introduction of culture mushrooms.** – Study taxonomic, ecological and specimen diversity of edible fungi and introduction clean and industrial culture from qenera *Agaricus, Pleurotus, Stropharia, Flammulina, Macrolepiota, Fistulina* have been otudied. Troo-spored field mushroom of DonNu collection hes been qiven by samples of broun, cream-coloured and nehite racer. Red hummus saprotroph mushroom-umbrella has been introduced into culture fov the first time. Optimum growlle temparature of 40 edible mushrooms of DonNu collection on nutrient agar medium form 22-28°C and fruitage on substrates takes place at 15-22°C. On idustrial culture introduction DonNU collection: Дон-103, Дон 112, Дон-112+, Дон БП-74е, БП-8, Дон 21.3.

Key words: taxonomic, ecological, strain, introduction, specimen diversity, industrial culture.

УДК 581.192:582.287.37

© О. В. Федотов, М. С. Перцевой

МІКОТЕСТУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ФЕНОЛОМ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: bio.graff@yandex.ua

Федотов О. В., Перцевой М. С. **Мікотестування забруднення навколишнього середовища фенолом. –** Вивчався вплив фенолу на інтенсивність перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) штамів лікарського базидіоміцета *Flammulina velutipes*. Інтенсивність ПОЛ визначали за допомогою тесту з тіобарбітуровою кислотою. Аналіз експериментального матеріалу показує, що під дією фенолу суттєво змінюється вміст малонового діальдегіду (МДА) в досліджуваних зразках міцелію і культурального фільтрату, що вказує на можливість використання *Flammulina velutipes* у мікотестуванні забруднення навколишнього середовища цим полютантом.

Ключові слова: їстівні лікарські базидіоміцети, *Flammulina velutipes*, перекисне окиснення ліпідів (ПОЛ), фенол.

Вступ

Забруднення навколишнього середовища та як наслідок погіршення здоров’я населення зумовлюють актуальність пошуку і розробки ефективних способів утилізації промислових відходів, біоіндикації і моніторингу екологічного стану антропогеннозміненого середовища [1, 10].

Біотичний підхід є сучасною тенденцією в екологічному контролі шкідливих впливів, оскільки хімічний аналіз свідчить лише про наявність «маркерів» – певних концентрацій забруднювачів і нічого не говорить про стан і перспективу розвитку різних компонентів біоти й екосистеми в цілому. Тому гострою й актуальною проблемою екологічного контролю є вибір інформативних біологічних показників та адаптація біологічних методів для екоконтролю [2, 11].

Як показують результати досліджень, до ефективних, тобто чутливих, біоіндикаторів (тест-об'єктів) відносяться лишайники, мохи, ґрунтові і водяні мікроорганізми: водорості, бактерії, мікрогриби [1, 12]. Роботи щодо використання вищих грибів у якості біоіндикаторів поодинокі [11]. Велике значення макроміцетів у забезпеченні нормального функціонування природних екосистем виправдовує необхідність практичного застосування результатів мікологічних досліджень, включення мікологічних показників у системи біотичних спостережень. Вивчення реакцій окремих видів на забруднення різних типів може послужити у проведенні якісного та всебічного тестування навколишнього середовища [8].

Отже, використання макроміцетів у діагностиці екологічного стану довкілля відкриває новий напрямок їх практичного застосування [7]. Окрім того, актуальним є удосконалення методів біологічного моніторингу, котрі передбачають ідентифікацію забруднюючих речовин та встановлення їх концентрації [1, 8].

У науковій літературі з’являється все більше способів біотестування навколишнього середовища [3, 7-9, 12].

Зокрема, розроблено спосіб визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. [7]. Методика ґрунтується на встановленні різниці між інтенсивністю росту водоростей у воді, що аналізується (дослід), та воді, яка не містить токсичних речовин (контроль). У якості стандартного токсиканту використовується біхромат калію в діапазоні концентрацій 1,3-2,5 мг/л. Недоліками цього способу є необхідність постійного культивування водоростей в лабораторних умовах, отримання результатів лише через 96 годин біотестування [8].

Опрацьовано спосіб проведення біоіндикації [12], на основі використання міксоміцетів для дослідження токсичності нафтозабруднених ґрунтів, а також ґрунтів з надлишковим засоленням пластовими водами, що формуються на відвалах фосфогіпсу та знаходяться в зоні металургійних комбінатів. Згідно цього способу проводять експрес-оцінку ступеня токсичного навантаження на природні системи, аналізують вплив замочування спор у

розчинах біхромату калію на їх проростання, а саме: в лабораторних умовах на агаризованих середовищах вирощують міцелій різних видів міксоміцетів, змивають конідії з поверхні культури, замочують спори в розчинах біхромату калію таких концентрацій – 0,5 ppm, 50 ppm та підраховують кількість пророслих конідій. На основі отриманих даних інгібування проростання конідій встановлюють чутливість до токсиканту. Недоліками цього способу є патогенність міксоміцетів по відношенню до людини, яка виявляється в здатності викликати алергічні реакції, а також необхідність постійного культивування грибів у лабораторних умовах.

Розроблені та апробовані біосорбенти для очистки поверхні природних і штучних водойм, стічних вод і рідких відходів виробництв від забруднення нафтою і нафтопродуктами з одночасною утилізацією забруднення мікроорганізмами. Біосорбенти включають біомасу штамів певних мікроміцетів чи їх консорціум [3]. Запропоновані способи не містять дані щодо реакцій окремих видів мікроміцетів на забруднення нафтою і нафтопродуктами.

Запатентовано спосіб біотестування забруднення навколишнього середовища полютантами з використанням грибів [8]. Спосіб полягає в тому, що шляхом здійснення експрес-оцінки ступеня токсичного навантаження на природні системи, аналізу впливу замочування спор у розчинах біхромату калію на їх проростання згідно з корисною моделлю, що заявляється, отримують з плодових тіл зморшкових грибів стерильні відбитки аскоспор, визначають вплив розчинів біхромату калію при концентраціях – 1,3; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1; 2,3; 2,5 та 3 мг/л на проростання аскоспор та формування ростових трубок, а ступінь токсичного навантаження на природні системи визначають за відсотком зниження чисельності пророслих спор. Недоліком цього способу є необхідність зберігання аскоспор з певними характеристиками проростання чи постійного культивування зморшкових грибів для отримання аскоспор.

Нами запропонований спосіб визначення стресового стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання за вмістом продуктів перекисного окиснення ліпідів [9]. З метою індикації стану базидіоміцетів та діагностики екологічного стану довкілля спосіб містить визначення вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у міцелії дикоростучих плодових тілах базидіоміцетів з різних за екологічними умовами місць зростання та міцеліальних культурах цих грибів при штучному культивуванні в оптимальних умовах і за дії температурних стресорів. Недоліками цього способу є необхідність збору дикорослих плодових тіл певних базидіоміцетів на визначених територіях чи культивування їх у лабораторних умовах.

Метою роботи було вивчення впливу фенолу на інтенсивність процесів перекисного окислення ліпідів культури *Flammulina velutipes* і на основі цих показників визначення порогу чутливості штаму F-610 до фенолу та розробка способу мікотестування забруднення навколишнього середовища цим полютантом.

Об’єкт і методи дослідження

Об’єктом дослідження був штам F-610 *F. velutipes*. Для вивчення динаміки росту і інтенсивності процесів ПОЛ штам F-610 культивували поверхнево на глюкозо-пептонному середовищі об’ємом 50 мл в колбах Erlenmeyer ємністю 250 мл при температурі 27,5°С протягом 20 діб. Початкове pH живильного середовища – 6,0-6,5 од. Ріст штаму оцінювали за накопиченням біомаси (абсолютно сухий міцелій) ваговим методом [4, 5]. Для оцінки активності процесів ПОЛ використовували тест з тіобарбітуровою кислотою – ТБК-тест. Метод заснований на визначенні кількості забарвленого продукту, який має максимум поглинання в червоному видимому спектрі при 532 нм. Забарвлений продукт утворюється в результаті взаємодії двох молекул ТБК з однією молекулою малонового діальдегіду (МДА) – одного із вторинних продуктів ПОЛ. Встановлено, що реакцію з ТБК дає не тільки МДА, а й багато інших карбонільних сполук, які утворюються під час ПОЛ. Тому разом їх називають ТБК-активні продукти (ТБК-АП) [6]. Вміст продуктів ПОЛ у міцелії та культуральному

фільтраті (КФ) визначали на 5, 10, 15 і 20-ту добу культивування. Для отримання гомогенату (МГ) міцелій відділяли від КФ і розтирали в ступці при +5°С. Суміш центрифугували при 3000 об/ хв. протягом 10 хв. Визначали вміст продуктів ПОЛ у мікологічному матеріалі в присутності 20% трихлороцтової кислоти. Вміст ТБК-АП перераховували на вміст у наномолях МДА на 1 г (мл) маси досліджуваного матеріалу [6]. pH розчинів визначали потенціометричним методом. Одержані цифрові дані обробляли за методом дисперсійного аналізу, порівняння середніх величин проводили за методом Дункана із застосуванням пакету програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів [13].

Результати та їх обговорення

Постановка досліду з вивчення впливу фенолу на міцеліальну культуру штаму F-610 *F. velutipes* мала три стадії (рис. 1) і починалась із встановлення динаміки росту – накопичення біомаси та інтенсивності процесів ПОЛ у міцелії та культуральній рідині досліджуваного штаму.

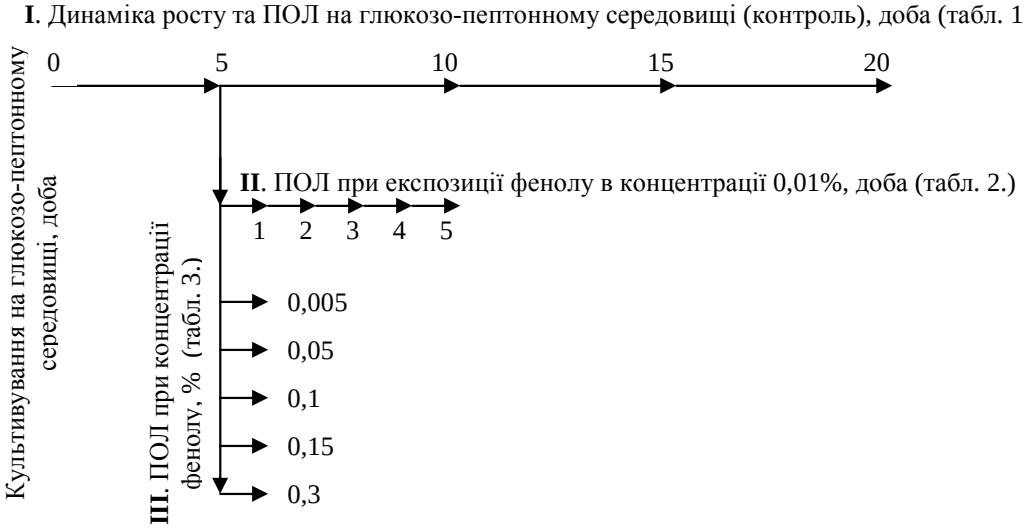


Рис. 1. Схема постановки досліду з вивчення впливу фенолу на міцеліальну культуру штаму F-610 *Flammulina velutipes*.

Результати цього дослідження, які представлені в табл. 1, використовувались у подальшому з метою встановлення як впливу фенолу на ПОЛ культури базидіоміцету *F. velutipes,* так і її порогу чутливості до цього полютанту.

Таблиця 1

Динаміка росту та інтенсивності перекисного окислення ліпідів штаму F-610 *Flammulina velutipes*

Час культивування, доба	Біомаса, г/ л	pH КФ	Вміст ТБК-АП, нмоль МДА / г (мл)	
			МГ	КФ
5	1,24 ± 0,21	6,10	16,77 ± 0,05	11,70 ± 0,20
10	2,98 ± 0,16	5,94	14,85 ± 0,13	9,55 ± 0,05
15	3,63 ± 0,09	6,28	4,51 ± 0,04	4,01 ± 0,04
20	3,15 ± 0,16	6,28	3,74 ± 0,04	2,27 ± 0,09

Дані динаміки росту та інтенсивності процесів ПОЛ досліджуваного штаму говорять про наступне. Найвищий вміст ТБК-АП як у КФ, так і в міцелії припадає на 5-ту добу культивування; мінімальний – на 20-ту добу росту. Між зареєстрованими величинами

накопичення біомаси й інтенсивності перекисного окислення ліпідів не існує вірогідної залежності.

Наступним етапом дослідження було визначення вмісту продуктів ПОЛ штаму F-610 гриба *F. velutipes* залежно від часу експозиції фенолу в концентрації 0,01%.

Штам культивували в тих же умовах, що і в попередньому досліді, протягом 5 діб, після цього в колби вносили фенол у кінцевій концентрації 0,01%. Результати впливу фенолу на інтенсивність процесів перекисного окислення ліпідів штаму F-610 наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Вміст продуктів ПОЛ штаму F-610 гриба *Flammulina velutipes* залежно від часу експозиції фенолу в концентрації 0,01%

Час експозиції фенолу, доба	Вміст ТБК-АП, нмоль МДА / г (мл)			
	МГ		КФ	
	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль
1	26,83 ± 0,01	16,77 ± 0,05	16,75 ± 0,09	11,70 ± 0,20
2	25,00 ± 0,88	16,20 ± 0,10	18,30 ± 0,68	11,00 ± 0,68
3	22,75 ± 0,02	16,20 ± 0,05	22,94 ± 0,04	10,65 ± 0,92
4	19,05 ± 0,29	15,15 ± 0,03	19,25 ± 0,92	10,50 ± 0,27
5	18,60 ± 0,05	14,85 ± 0,13	11,35 ± 0,34	9,55 ± 0,05

Виявлено вірогідний вплив фенолу в концентрації 0,01% на вміст ТБК-активних продуктів як у міцелії, так і в культуральному фільтраті. Максимальна кількість продуктів ПОЛ у міцелії зафіксована на 24 годину експозиції фенолу і перевищувала цей показник у контролі в 1,6 рази; у КФ – на 72 годину і зросла порівняно з контролем у 2,16 рази.

Далі вивчали вплив різних концентрацій фенолу на інтенсивність процесів ПОЛ штаму F-610. Штам культивували в стандартних умовах протягом 5 діб, після чого в колби вносили фенол у кінцевій концентрації 0,005; 0,01; 0,05; 0,01 та 0,15%. Обрані концентрації перевищують ГДК фенолу (0,01 мг/м^3 – у повітрі та 0,001 мг/дм^3 – у воді). Вміст продуктів ПОЛ визначали через 24 години експозиції фенолу.

Результати впливу різних концентрацій фенолу на інтенсивність процесів перекисного окислення ліпідів штаму F-610 *F. velutipes* представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Вплив різних концентрацій фенолу на вміст продуктів ПОЛ штаму F-610 *Flammulina velutipes*

Концентрація фенолу, %	Вміст ТБК-АП, нмоль МДА / г (мл)	
	МГ	КФ
0,005	19,36 ± 0,52	12,67 ± 0,95
0,01	26,83 ± 0,01	16,75 ± 0,09
0,05	167,50 ± 9,05	23,30 ± 0,45
0,1	62,03 ± 0,82	27,68 ± 0,45
0,15	32,93 ± 0,07	34,51 ± 0,21
0,3	17,05 ± 0,29	14,50 ± 1,75
контроль (0)	16,77 ± 0,05	11,70 ± 0,20

Вивчення впливу концентрацій фенолу в інтервалі від 0,005 до 0,15% на інтенсивність процесів ПОЛ досліджуваного штаму показало наступне. Зміна вмісту продуктів ПОЛ в культуральній рідині при концентрацій фенолу 0,005% порівняно з контролем не є вірогідною. Отже, поріг чутливості на фенол – найменша величина параметра, яку може фіксувати штам F-610, є концентрація 0,01%. При цій концентрації вміст ТБК-АП у міцелії

перевищує контрольний в 1,6 рази, а у культуральній рідині – в 1,4 рази. Максимальна кількість продуктів ПОЛ у міцелії була зафіксована при концентрації фенолу 0,05% і перевищила контрольну в 9,99 рази. Найбільший вміст ТБК-АП у КФ зафіксовано при концентрації 0,15%, що в 2,95 рази більше за контрольну пробу. Концентрація фенолу в 0,15% є верхнім порогом чутливості для штаму F-610 *F. velutipes,* оскільки подальше підвищення концентрації фенолу в середовищі до 0,3% веде до пригнічення процесів перекисного окиснення ліпідів у міцелії та зменшення вмісту їх продуктів у культуральній рідині.

Висновки

Фенол впливає на процеси ПОЛ і зумовлює їх інтенсифікацію як у міцелії, так і в культуральному фільтраті *F. velutipes*. Максимальне нагромадження продуктів ПОЛ у міцелії зафіксовано на 24 годину експозиції фенолу в концентрації 0,01%, а в КФ – на 72 годину досліду. Максимальна кількість ТБК-активних продуктів у міцелії спостерігається при концентрації фенолу 0,05%, а в культуральному фільтраті – 0,15%. Поріг чутливості на фенол – найменша величина параметра, яку може фіксувати штам F-610, є концентрація 0,01%. Концентрація цього полютанту 0,3% веде до пригнічення процесів перекисного окиснення ліпідів. Отже, міцеліальні культури *F. velutipes* мають достовірний відгук на дію фенолу, що вказує на можливість використання їх для мікологічного тестування забруднення навколишнього середовища цією речовиною.

Список літератури

1. *Мелехова О. П.* Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студентов вузов / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева – М.: Академия, 2007. – 287 с.

2. Биомодификатор для определения фенола и его производных / Цивилева О. М., Никитина В. Е., Кучменко Т. А., Силина Ю. Е. // Патент 2346051 Россия МПК 7 C12Q 1/00, Ин-т биохимии и физиол. растений и микрооганизмов РАН № 20071106772/13; заявл. 26.02.07; опубл. 10.02.09 // Бюл. № 4.

3. Биосорбент для очистки водоемов от нефтепродуктов на основе бактерий и дрожжевых грибов / Хабибуллина Ф. М., Арчегова И. Б., Ибатуллина И. З. и др. // Патент 2318736 Россия МПК 7 C02F 3/34, Ин-т биологии КНЦ УрО РАН № 2006104082/13, заявл. 10.02.06; опубл. 10.03.08. // Бюл. № 4.

4. *Бисько Н .А.* Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер, И. А Дудка. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.

5. *Дудка И. А.* Методы экспериментальной микологии / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. А. Элланская. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.

6. *Капич А. Н.* Содержание в грибах продуктов перекисного окисления липидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой / А. Н. Капич, Т. С. Гвоздкова // Микол. и фитопатол. – 1998. – Т. 32, вып. 4. – С. 30–36.

7. *Крайнюкова А. М.* Методика визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. / А. М. Крайнюкова, Л. А. Васьковець, С. А. Соколова. КНД 211.1.4.058-97: Затв. Мінекобезпеки України 21.05.97. – Київ, 1997. – 24 с.

8. Спосіб біотестування забруднення навколишнього середовища полютантами з використанням грибів / Сухомлин М. М., Куткова О. В. // Патент 41752 Україна МПК (2009) A01H 15/00, A01G 7/00, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, № u200814059; заявл. 05.12.08; опубл.10.06.09. // Бюл. № 11.

9. Спосіб визначення стресового стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання за вмістом продуктів перекисного окиснення ліпідів / Федотов О. В. Патент 12384 Україна МПК A01G 7/00, C30B 28/00, C04B 35/00, A01H 3/00, Донецький національний університет, № u200504732; заявл. 20.05.05; опубл. 15.02.06. // Бюл. № 2.

10. *Терехова В. А.* Биоиндикационное значение микромицетов в экологической оценке водных и наземных экосистем: Автореф. дис. … д-ра биол. наук: 03.00.16 / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2004. – 48 с.

11. *Терехова В. А.* Микотестирование химических воздействий / В. А. Терехова // Материалы II Съезда микологов России. Современная микология в России. – М.: Национальная академия микологии, 2008. – Т. 2. – С. 106–108.

12. *Терехова В. А.* Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем / В. А. Терехова. – М.: Наука, 2007. – 216 с.

13. *Приседський Ю. Г.* Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів: Навч. пос. / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – 75 с.

Федотов О. В., Перцевой М. С. **Микотестирование загрязнения окружающей среды фенолом.** – Изучалось влияние фенола на интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) штаммов лекарственного базидиомицета *Flammulina velutipes*. Интенсивность ПОЛ определяли с помощью теста с тиобарбитуровой кислотой. Анализ экспериментального материала показывает, что под действием фенола существенно изменяется содержание малонового диальдегида (МДА) в исследуемых образцах мицелия и культурального фильтрата, что указывает на возможность использования *Flammulina velutipes* в микотестировании загрязнения окружающей среды этим полютантом.

Ключевые слова: съедобные лекарственные базидиомицеты, *Flammulina velutipes*, перекисное окисление липидов (ПОЛ), фенол.

Fedotov O. V., Pertsevoy M. S. **The mycological testing of environmental pollution by phenol**. – The phenol influence on peroxidate oxidation of lipids (POL) by strains of medicinal basidiomycete *Flammulina velutipes* was studied. The intensity of POL was indicated by test of thiobarbituric acid. The content of malonic dialdehyde (MDA) in testing samples of mycelium and cultural filtrate essentially changed. It indicates in use possibility *Flammulina velutipes* in the mycological testing of environmental pollution by this pollutant.

Key words: edible medicinal basidiomycetes, *Flammulina velutipes*, peroxidate oxidation of lipids (POL), phenol.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

УДК 159.922

© С. В. Беспалова, В. А. Максимович, Н. В. Говта

НЕОСОЗНАВАЕМОЕ И ОСОЗНАВАЕМОЕ В ПСИХИКЕ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: nvgovta@mail.ru

Беспалова С. В., Максимович В. А., Говта Н. В. **Неосознаваемое и осознаваемое в психике.** – Приведен биофизический аспект определения психологии. В соответствии с ним рассмотрены на базе функций пространственного комплексного переменного осознаваемые и неосознаваемые процессы, связи между ними, градиенты и потоки информации между Миром и психикой.

Ключевые слова: неосознаваемое, осознаваемое, модель.

Человеку разумному желательно было бы иметь понятное и сжатое описание Мира, включающее его самого, его «Я», для представления об устройстве этого Мира, для ориентировки в обстоятельствах, требующих принятия решения при выборе поступка, для предсказания наступления изменений в Мире. Очевидно, пока жажда единой картины Мира не утолена. Ученые нарабатывают предпосылки, за что первопроходцев из них награждают премиями, в том числе Нобелевскими и Филдса. Нас же интересуют успехи в наименее продвинутой из областей описания Мира-психике. Научные описания психики обязательно должны быть увязаны с представлениями о Мире в других областях науки, паранауки, с критериями тупиковых путей и принципами доброкачественных маршрутов.

В начале XVIII века Георг В. Ф. Гегель посчитал, что пора перевести психику из философского рассмотрения в научное. Но лишь во второй половине указанного века В. Вундтом была организована первая исследовательская лаборатория, а Г. Фехнером был сформулирован первый психофизический закон о зависимости величины ощущений от величины действующих стимулов, так называемый сейчас основной закон психофизики. Можно верить, что уже Фехнеру были знакомы комплексные числа, но не гиперкомплексные, и при выводе своей измерительной формулы (Massformel) он их учитывал, устремляя $iArgr \to 0$ [11].

К сожалению, в психологии многое, не только из области парапсихологии, остается до сих пор на довундтовско-дофехнеровских и даже догегелевских позициях, часто ограничиваясь беллетристическими рассуждениями. Поэтому приведем определение психологии (*psychikos* – от греч. *душа*), раскрывая ее притязания.

Психология – это наука об идеальных закономерностях бытия субъекта, его психики, о ее взаимодействиях с материальным миром, границах их взаимообусловленности, межсубъектных психических отношениях, о самоотражении, самодвижении и саморазвитии, а также о месте в науке о сущем в ряду идеальных явлений (онтологии) и проявлений в действительности.

Естественно, для решения такой емкой проблемы не могут не быть привлечены все известные сейчас и еще нарабатываемые арсеналы методов, в том числе физико-математических, но не только. Примеры таких подходов могут быть обнаружены в современном океане сообщений [2, 5, 6, 15, 19].

Среди этого множества сообщений мы не обнаружили последовательного использования кватернионной алгебры, которая два десятка лет назад возродилась, модернизировалась и начала применяться в разнообразных приложениях. Возможности кватернионного языка не только полностью не используются для описания психики, но и не до конца раскрыты. Столь же обнадеживающие и бурно развивающиеся исследования происходят в области солитонов, которые, по нашему мнению, могут служить предшествующим кватернионам физическим звеном при описании психики. Причем

солитоны зарекомендовали себя в областях безмассовых полей, частиц, классических представителей различных волновых процессов.

Постулат Луи де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме постепенно обрел конкретизацию. Волна преимущественно предстает как стоячая из класса солитонов. Еще Герман Гельмгольц, немецкий физик и физиолог, в 50-х годах XIX столетия утверждал, что нервный импульс по своим качествам представляет образование, именуемое в современной литературе солитонами. Авторы недавней публикации [13] очертили солитонную последовательность возникновения, превращения, усиления и движения информационных сигналов в психике с последующей передачей их в окружающую среду.

Среди решений разнообразных уравнений солитонов содержится и кватернионное, которому мы отдаем предпочтение в контексте описания психики.

Традиционно психику подразделяют на две функциональные части, осуществляющие ***неосознаваемые*** (бессознательные, подсознательные и прочие наименования) и ***осознаваемые*** процессы, которые, конечно, взаимодействуют между собой. Начнем с неосознаваемой части. В ней можно выделить группу процессов, которые служат фундаментом генеральной доминирующей мотивации (ГДМ). Это долговременно господствующие психические установки, направляющие личность на характерные для нее поступки и поведение в целом. ГДМ генетически сформирована и наследована личностью от предшествующих поколений в виде программ собственного биокомпьютера.

Прежняя [11] упрощенная математическая модель ГДМ теперь может быть существенно углублена и приведена в соответствие с пространственным комплексным переменным [7]. Такое пространство (v) представлено следующим образом:

$$v = Re^{i\alpha+j\beta}, \qquad (1)$$

где R, α – действительные числа; β – в общем случае комплексное число.

Умножение в (1) мнимых единиц i и j задается правилами: $ii = jj = -1$; $ij = ji = k$; $(ij)^2 = (ji)^2 = k = 1$. Как видно, умножение мнимых единиц коммутативно.

Представленный комплекс сконструирован векторной суммой двух плоских комплексов z и σ:

$$v = z + j\sigma = (\chi+i\gamma)+j(\xi+i\eta) \qquad (2)$$

В уравнении z и σ выступают как действительная и мнимая части пространственного комплекса v.

В таком пространстве сфера будет иметь «проколотые» вершины с радиусами ε.

Формулой (1) определяются сферические пространственные комплексные координаты:

$$x = R\cos\varphi\cos a$$
$$y = iR\sin\varphi\cos a$$
$$z = jR\,e^{i\varphi}\sin a, \qquad (3)$$

где R, a, φ – действительные числа, смысл которых раскрыт в [7]. Но пока они не вызывают ценных практических ассоциаций из области психики, разве что R как размерного отражения психической сферы в целом, а вполне вероятно, не только координат ГДМ.

В контексте анализа нелишне коснуться вопросов, которые были лишь косвенно упомянуты в наших прежних сообщениях. Прежде всего речь пойдет о содержащейся в подсознании, в генеральной доминирующей мотивации суперпозиции, проявляющейся в действительность двумя основными вариантами одной из ее координат. Первое по важности проявление, по мнению бывшего ученика Зигмунда Фрейда, Альфреда Адлера, и выдающегося мыслителя Фридриха Ницше, представляет непреоборимую инстинктивную жажду к власти, ими называемую волей к власти. Вторым антиподным проявлением служит инстинктивное подчинение, послушание, именуемое в психоаналитике поиском «отца». Имеется третье проявление, которое в выраженном виде не рассматривается в науке о психике, но для нее очень важное и требующее учета при ее моделировании в целом. Именно третий вариант свидетельствует, что нуля у координаты властвовать-подчиняться не существует. По крайней мере пока человек живой и не пациент из психиатрии. Принимая во

внимание теорию функций пространственного комплексного переменного [7], можно утверждать, что у этой координаты, как и других антиподных координат ГДМ, начало представляет не точку, а некоторую малую эпсилон (ε) окрестность. Из окрестности исходят не одномерные линии (координаты), а цилиндрические трубочки (поверхности) с поперечным радиусом ε. В результате уже в начале пути (из окрестности) формируется не безликое нулевое качество человека, а допустим, лодырь либо трудоголик, перерастающие затем соответственно в подчиненного либо волевладца.

Слияние в окрестности (ε) противоположных тенденций, каждая из которых в этом исходном месте не равна нулю, может в их произведении по правилам комплексных переменных для пространства дать нуль. Суперпозиционное нулевое произведение можно разложить (расчленить) на исходные множители. Для этого в анализируемом пространстве существует подпространство поставщиков, так называемых делителей нуля. Они расчленяют суперпозицию и направляют одну из оставшихся ветвей в действительность.

Полагаем, что для уточнения и уяснения «начала пути» не лишен пример из поэзии суфия Омара Хайяма: «… И всегда лишь себе ты слуга и хозяин …». Четко охарактеризована исходная окрестность как смесь различающихся психологических качеств. Условно, конечно, их безопасное для окружающих нейтральное единство можно обозначить как нуль, но нуль для «Я» содержательный. Одну какую-то из сторон содержания выводят из суперпозиции внешние и внутренние причины.

Выделенное пространство делителей (расчленителей) нуля описывается уравнением:

$$v_d = \rho e^{i\varphi} \sqrt{0e}^{\pm jarktgi} \tag{4}$$

В силу присутствия в структуре (4) аргумента *arktgi* наличествуют изолированные направления. Их количество определяет варианты будущих траекторий или индивидуальных комбинаций из них.

Обобщенный же вид делителя нуля выглядит:

$$v_d = \mathrm{Re}^{i\varphi + j\psi}(1 \pm ji) \tag{5}$$

Вследствие наличия экспоненциального множителя простейшей кривой в гиперкомплексном пространстве будет циклическое изменение параметров. У [6] это отражено как

$$G = 4\pi i + 2\pi i \tag{6}$$

Возможно, описанная цикличность вносит свой вклад в рассматривавшиеся ранее ритмические процессы в психике [10]. Тем самым выявлена еще одна важная роль для психики модели особой (сингулярной) «точки» в гиперкомплексном пространстве, которую представляет окрестность нуля.

Мысль, представляющая собой неинерциальное непрерываемое движение образов во сне и наяву, по своим биофизическим характеристикам может быть уподоблена активному току. Следует учесть, что предшествующим, создающим мысль образованием служит солитон [7]. Именно он дает току соответствующие физические характеристики. Второй неотъемлемой составляющей психики, которую еще в 1912 г. выделил знаменитый швейцарский психоаналитик Карл Юнг и считал ее главнейшей, первостепенной, является либидо. Этот инстинкт через ряд психофизиологических и биохимических механизмов ориентирует субъектов взаимодействовать друг с другом. Проявление либидо можно уподобить магниту.

Объединив обе составляющих, активный ток мысли и либидную устремленность, и приняв во внимание их биофизические свойства, можно выяснить правомочность и границы формальной применимости к этому актолибидному альянсу (АЛА) аналога электромагнитных явлений. Не будем придумывать терминологию. Позаимствуем ее из устоявшейся электромагнитной теории.

Можно уподобить неинерционность мысли току смещения, который порождает в соседних с ним областях переменное либидное поле. Последнее в свою очередь вызывает

возникновение мыслевидного поля. Далее происходит подобное чередование. В определенной степени это подтверждается исследованиями о смене зон активности при мышлении. Их последовательность напоминает, как пишет М. Каку [9], игру в пинг-понг, создавая впечатление, что мысль блуждает, мечется по психике, что отражается μ-волнами энцефалограммы.

Для представления описываемых солитоноподобных явлений, находящихся во всевозможных неинерциальных, криволинейных движениях, в том числе с завихрениями и растяжениями, оказывается недостаточно средств большинства алгебр, в том числе векторной. Необходима элитная алгебра кватернионов, гиперкомплексных чисел. Соответствующая кватернионная запись уравнений Максвелла приведена в добротной публикации Ю. П. Степановского [18]. Он же для упрощения операций с кватернионами предлагает использовать матрицы Паули (σ_n, n = 1, 2, 3):

$$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{7}$$

Для описания психики матрицы Паули имеют еще более широкое значение, поскольку главной целью психики служит не только самосохранение, но сохранение всей системы, к которой она принадлежит, в которой она бытует. В. С. Блюм [1] систему защиты человека наименовал иммунокомпьютинг. Математически эта защита отображается следующим образом:

$$\mathrm{P} = \langle n, \mathrm{U}, \mathrm{Q}, \mathrm{V}, v \rangle, \tag{8}$$

где n – число связей; U – множество углов $\mathrm{U} = \{ \varphi_k, \psi_k \}, \quad k = 1, \ldots, n,$

где $-\pi \le \varphi_k \le \pi, -\pi \le \psi_k \le \pi$; Q – множество кватернионов, $\mathrm{Q} = \{Q_0, Q_k\}$, которые $\mathrm{Q_k} = \{\varphi_k, \psi_k\}$ определены формулами:

$$\mathrm{Q}(\varphi_k, \psi_k) = q_1 H_0 + q_2 H_1 + q_3 H_2 + q_4 H_3$$

где H_0, H_1, H_2, H_3 – матрицы Паули, приведенные в (7);

$$q_1 = -c_0 \sin\sigma,$$
$$q_2 = c_0 c_1 \cos\sigma + s_0 s_1 \cos\delta,$$
$$q_3 = c_0 s_1 \cos\sigma - s_0 c_1 \cos\delta,$$
$$q_4 = -s_0 \sin\delta,$$

Q_0 – результирующий кватернион, в котором: $Q_0 = Q_1 Q_2 \cdots Q_n$;

$V = \{v_{ij}\}$, $i = 1,2,3,4$, $j \ge i$ – множество коэффициентов;

v – функция для Q_0, $v = -\sum_{j \ge i} v_{ij} q_i q_j$.

Используя метод аналогий, попытаемся интерпретировать роль актолибидного альянса в организме. Для управления разнообразными процессами, их совокупностями или каждым порознь наличествует два вида рычагов. Один из них консервативный, врожденно-генетический. Другой – относительно лабильный, психический, в актолибидном проявлении. Первый функционирует по заблаговременно запасенным впрок программам, а второй включается в управляющий процесс для внесения корректив в соответствие с текущими меняющимися обстоятельствами. И один, и другой в физико-математическом отношении опираются на общую солитонно-кватернионную основу. Волновые проявления консервативного рычага известны [11], а актолибидного только что были тезисно представлены.

Тем самым выдвигается не просто модель-аналог известного науке фундаментального описания. Возникает возможность обоснования количественных мер к прежде сугубо качественным психологическим феноменам. Кроме того, напрашивается вопрос о единых истоках, порождающих такую материально-психическую похожесть, о единых общих

внутренних и внешних причинах установления отклонений от аналоговой «нормы», от вписанности в часть мировой картины.

Выше уже говорилось, что движение мысли неинерциальное. Теперь добавим, что оно происходит с ненулевой кривизной, ненулевым моментом импульса. Фактически происходит вращение (движение по замкнутой кривой), иная фундаментальная форма движения, равноправная с прямолинейным поступательным движением существенно отличающая от него. П. В. Полуян [17] считает, что количественной мерой вращения служит (с/м). Отличие от прямолинейного движения, по-видимому, обусловлено действием силы, представляющей вид резонанса. По крайней мере криволинейные движения в природе составляют определенную общность. П. В. Полуян [17] модернизировал кватернионное представление псевдоэклидова 4-мерного многообразия времени пространства Минковского и корреспондирующего с ним вращательного движения. Вместо коэффициента *i c* при времени введен перед пространственными координатами континуума коэффициент *S (S = h/e²):*

$$i = t - \frac{h}{e^2} \cdot X_i \qquad (9)$$

В таком представлении все входящие в интервал величины приобретают физическую размерность времени. Но время, по мнению П. В. Полуяна, не обязательно течет равномерно. Это роднит его с временем в психике [ВАМ] и не только. Введенный коэффициент *S* родственен константе тонкой структуры (hC/e^2 = 137, 0306…). Автор не довел свои ценные теоретические выкладки до уравнений с моментами вращательных движений. Поэтому вынужденно воспользуемся прежде опубликованными [14]. Согласно ему, простейшей формой криволинейного движения в виде кватерниона будет:

$$W = i\,\mathrm{Re}^{k\omega t}, \qquad (10)$$

где *R* – радиус вращения; ω – угловая скорость вращения; *i, j, k* – единичные кватернионные координаты, причем ордината *j* присутствует неявно, а завихренность отображается «вертикальной» координатой *k*, умноженной на угловую скорость ω.

Психика каждого субъекта, даже энциклопедиста, ограничена имеющейся у него информацией ($И_C$), наличием ее осознаваемой и неосознаваемой частей. Во внешнем для субъекта Мире содержится несравнимо больше информации ($И_M$). Из нее прямо или опосредовано черпается субъектом информация. Получение информации из внешнего Мира, т.е. постепенное открытие его закономерностей, происходит творчески прямым путем. Затем извлеченная из мира информация может передаваться от субъекта к субъекту (-ам) опосредовано через носители информации, например, письменно-графические, вербально-звуковые и пр.

Из сказанного следует, что информационный потенциал $И_M$ существенно больше информационного потенциала $И_C$:

$$И_M >> И_C \qquad (11)$$

и соответствующий информационный градиент ($\Delta_И$) как движущая сила ($F_И$) информационного потока ($\vec{H}_И$) от Мира к субъекту всегда существовал, существует и будет существовать, будет сохранять свою направленность:

$$\Delta_И = F_И = И_M - И_C \qquad (12)$$

$$\vec{H}_И = L_{Иi} \cdot F_И, \qquad (13)$$

где $L_{Иi}$ – аналог термодинамического коэффициента, предположительно индивидуальный по величине, зависящей от мотивации субъекта.

Как же с учетом сказанного понимать применительно к психике мудрость евангелиста Луки: «… всякому имеющему дастся и приумножится, а у не имеющего отнимется и то, что имеет»? Получается, что поток информации усиливается из Мира к субъекту, несмотря на то, что субъектная информация ($И_C$) стала больше, а разность ($И_M - И_C$) хоть и незначительно, а уменьшилась. Мудрость в том, что в целостной психике движущую роль играет не только информационный градиент, а также мотивация, познавательная (когнитивная) мотивация, и

санкционер активности. Этот комплекс побуждает искать и находить переносчики информации, действующие даже против градиентов. Ничего незнакомого в этом нет для биологов и физиков. Достаточно вспомнить о потоках ионов через биомембраны. Если же нет мотивации и активности в отношении какой-то качественной стороны информации, то она забывается, «отнимается» по евангелисту Луке, навыки и умения исчезают из-за неупражнения, от бездействия.

Только что сказанное относится и к передаче информации от субъекта к субъекту. Сложная, «листовая», поверхность психики содержит локальные информационные потенциалы, позволяющие происходить встречным сепаратным ее потокам между субъектами. Подобное происходит с физическими потоками в материальном мире. Например, в двух сообщающихся емкостях разные температуры содержимого, причем $t_1 > t_2$, и концентрации некоторого вещества таковы, что $C_1 < C_2$. Естественно, тепловой поток будет идти от первой ко второй емкости, а диффузионный поток – наоборот. Точно так же при беседе физика и биолога по специальным вопросам потоки знаний будут преимущественно «перекрестными», встречными между субъектами-специалистами.

Выводы

1. Биофизически осознаваемое и неосознаваемое отображается в виде функций пространственного комплексного переменного.

2. Генеральная доминирующая мотивация, представляя суперпозицию альтернативных качеств, не имеет нулевого уровня. Принимая во внимание теорию функций пространственного комплексного переменного, можно утверждать, что у этой координаты, как и других антиподных координат ГДМ, начало представляет не точку, а некоторую малую эпсилон (ε) окрестность.

Список литературы

1. *Блюм В. С.* Иммунная система и иммунокомпьютинг / В. С. Блюм, В. П. Заблотский. – СПб: СПИИРАН, 2008. – С. 20–36

2. *Браже Р. А.* Синергетика и творчество: уч. пособие / Р. А. Браже. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 204 с.

3. *Власов Н. А.* Регуляция сна / Н. А. Власов, А. М. Вейн, Ю. А. Александровский. – М.: Наука, 1983. – 232 с.

4. *Гаряев П. П.* Волновой геном / П. П. Гаряев. – М.: Общественная польза, 1994. – 280 с.

5. *Гуц А. К.* Квантовое рождение физической реальности и математическое описание сознания / А. К. Гуц // Математические структуры и моделирование. – 2007. – Вып. 14. – С. 17–52.

6. *Гуц А. К.* Элементы теории времени / А. К. Гуц. – Омск: Изд. Наследие. Диалог-Сибирь, 2004. – 364 с.

7. *Елисеев В. И.* Введение в методы теорий функций пространственного комплексного переменного / В. И. Елисеев. – М., 1990–2003. – 486 с.

8. *Иванов-Муромский К. А.* Нейрофизиология, нейрокибернетика. Нейробионика / К. А. Иванов-Муромский. – М.: Высш. шк., 1985. – 240 с.

9. *Каку М.* Физика невозможного / М. Каку. – М.: Альпина нон Фикшн, 2009. – 456 с.

10. *Калимов Г. А.* Специфические законы биологического регулирования / Г. А. Калимов, Б. А. Карпов, В. В. Зеленкин. – Л.: Наука, 1981. – 135 с.

11. *Максимович В. А.* Математическое моделирование психики / В. А. Максимович, М. В. Максимович. – Черкассы: Брама-Украина, 2006. – 184 с.

12. *Максимович В. А.* Медицинская психофизика / В. О. Максимович, В. В. Мухин, С. В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 184 с.

13. *Максимович В. О.* Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 6. Людина – передавач солітоноподібних ідеомоторних та фонемомоторних сигналів / В. О. Максимович,

М. В. Говта, М. В. Максимович // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 293–299.

14. *Петров А. М.* Кватернионное представление вихревых движений / А. М. Петров. – М.: Изд-во «Компания спутник +», 2006. – 32 с.

15. *Петухов С. В.* Поличисла (матрионы) в биологической и компьютерной информатике / С. В. Петухов, Е. С. Петухова // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2008. – Т. 5, № 1 (9). – С. 133–195.

16. *Пирс Дж. Ч.* Биология трансцендентного: Пер. с англ. / Дж. Ч. Пирс. – М.: Гаятри, 2006. – 400 с.

17. *Полуян П. В.* Числа в пространстве [Электронный ресурс] / П. В. Полуян. – Режим доступа: http: //geocities.com /quantum_math_poluyan_2002

18. *Степановский Ю. П.* От уравнений Максвелла до фазы Берри и сонолюминисценции: проблемы электромагнитного и других безмассовых полей / Ю. П. Степановский // Электромагнитные явления. – 1998. – Т. 1, № 2. – С. 180–218.

19. *Хренников А. Ю.* Моделирование процессов мышления в р-адических системах координат / А. Ю. Хренников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 296 с.

Беспалова С. В., Максимович В. О., Говта М. В. **Неусвідомлюване і усвідомлюване в психіці.** – Наведено біофізичний аспект визначення психології. Відповідно до нього розглянуто на базі функцій просторового комплексного змінного усвідомлювані та неусвідомлювані процеси, зв'язки між ними, градієнти і потоки інформації між Світом і психікою.

Ключові слова: неусвідомлюване, усвідомлюване, модель.

Bespalova S. V., Maksimovich V. A., Govta N. V. **Unrealized and realized in a psyche.** – A biophysical aspect over of determination of psychology is brought. In accordance with him considered on the base of functions spatial complex variable the realized and unrealized processes, connections between them, gradients and streams of information between the World and psyche.

Key words: unrealized, realized, model.

УДК 541.515 + 577.3

© В. М. Билобров

НЕКОТОРЫЕ БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ САМООРГАНИЗАЦИИ И СТАРЕНИЯ КЛЕТКИ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: *postmast@infou.donetsk.ua*

Билобров В. М. **Некоторые биофизические аспекты самоорганизации и старения клетки.** – Через призму наработок современной физики (теория самоорганизации) рассмотрены некоторые особенности одного из фундаментальных свойств живого – процесса созревания и последующего старения. Описаны факторы, обуславливающие смену негэнтропийной тенденции развития на энтропийную, и показано, что способность к самоупорядочению организма уменьшается с возрастом (старение).

Ключевые слова: самоорганизация, синергетика, морфогенетическое поле, дифференциация клеток, механизм герогенеза.

Введение

При попытке сформировать общие представления о живом исследователь непременно сталкивается с тем обстоятельством, что наиболее общие «законы» обычно являются наименее конструктивными, а частные закономерности, не вскрывающие внутренней сути (механизма) исследуемых явлений, не могут претендовать на ранг законов. В этой связи сомнительными, например, представляются и некоторые «законы» теоретической биологии, сформулированные на вербальном уровне, которые часто оказываются лишь биологическими версиями общепринятых представлений о живом. Таким образом, отчётливо регистрируется размытость «законов» биологии в сравнении с законами физики.

Количественная определённость законов физики обычно связывается с наличием в этой науке большого числа фундаментальных (физических) констант. Их несравненно меньше, например, в химии и, оказывается, они практически отсутствуют в теоретической биологии. Последнее и определяет стохастичность «законов» биологии, что, впрочем, является естественным для любых сложных систем. Поэтому представляется естественной попытка рассмотреть некоторые особенности одного из фундаментальных свойств живого – процесса созревания и последующего старения через призму некоторых наработок современной физики – теории самоорганизации.

Общие представления о морфогенетическом поле

Под самоорганизацией косного вещества обычно понимается сложный необратимый процесс, который ведёт к усложнению целостной системы, в частности, к образованию диссипативных структур и может, таким образом, рассматриваться в качестве элементарного акта эволюции. Обычно в биологии принято выделять самоорганизацию биополимеров, индивидуализацию их строения и свойств, формирование клетки, создание молекулярного языка и т.п. Ниже сквозь призму самоорганизации и попытаемся рассмотреть проблему морфогенеза, а также концепцию «морфогенетического» поля в процессе роста организма и его последующего старения.

Морфогенетическое поле ранее рассматривалось как обобщенное поле неких сил, действующих на клетки и управляющее их движением. При этом вопрос об источниках силового поля и его физической природе не ставился. Далее постулировалось, что источником биологического поля являются сами клетки, вернее, некоторые биохимические процессы, протекающие в клеточных ядрах. Эти процессы формируют векторные воздействия (поле), распространяющиеся как внутри клеток, так и за их пределами и убывающие обратно квадрату расстояния.

В настоящее время имеются обширные и достоверные экспериментальные данные о наличии прямых и опосредованных средой межклеточных взаимодействий. Поэтому полевых и химических взаимодействий (посредством специальных транспортных структур, пассивной диффузии и движения против градиента концентраций) мы коснемся в других

публикациях, а здесь лишь отметим, что эти взаимодействия синхронизируют все тканевые процессы, а также управляют процессами фагоцитоза и аппоптоза. Более того, дифференциация стволовых (поли- и тотипотентных) клеток тоже идёт в среде (в поле!) уже «отдифференцированных» специализированных клеток. Очевидно, что специализация стволовых клеток также задаётся полем уже определённым образом организованных специализированных клеток. Примечательным здесь представляется и то, что неспециализированные стволовые клетки также воздействуют на зрелые и даже старые дифференцированные клетки, омолаживая, таким образом, ткани и нивелируя их структурные и функциональные дефекты.

Диссипативные структуры

Кратко коснёмся общих вопросов соотношения морфогенетического и физических полей, рассмотрев этот вопрос через призму теории диссипативных структур (ДС).

Теория ДС в настоящее время весьма популярна и хорошо развита в математическом отношении. В рамках этого удаётся учитывать как биохимические процессы внутри клеток (обычно реакций имеющих автокаталитический характер), так и взаимодействия в клетках за счёт обмена метаболитов (диффузии, давления, деформации и т.д.). При этом допускаются изменения в системе числа клеток, их формы и положения (включая перемещение клеток в пространстве).

Наиболее общее математическое описание ДС основано на уравнениях типа

$$d/dt\ X_i = P_i\,(X_1, X_2,\ldots X_n) + D_i X_i;\ i = 1,2,3,\ldots n$$

Здесь переменные *Xi* представляют собой как химические, так и физические факторы; $P_i\,(X_1, X_2,\ldots X_n)$ – функции (в общем случае нелинейные), описывающие локальные процессы в каждом элементе объёма; член *DiXi* описывает «дальнодействие», т.е. взаимное влияние клеток друг на друга на расстоянии. Физическая природа его считается понятной. Оно возникает в результате учёта взаимодействий лишь соседних клеток (или элементов их объёма) как в случае диффузии, так и взаимодействий за счёт упругих сил. При определённых условиях возникают особые стационарные, но не однородные по пространству, решения данного уравнения.

Таким образом, в теории ДС решается вопрос о физических факторах и причинах «дальнодействия» в морфогенезе. При этом для развивающихся биохимических объектов все явления в живом сопровождаются диссипацией энергии и её притоком. Так как теория электромагнитного поля базируется на консервативных уравнениях, то в электродинамике диссипация либо мала, либо отсутствует вовсе. Кроме того, для описания биологических процессов весьма важной оказывается возможность учёта нелинейных эффектов, обусловленных как взаимодействием клеток, так и протеканием реакций внутри них. По мере развития теории поля прояснялся и физический смысл понятия «дальнодействие». В общем случае его можно рассматривать как результат согласованного протекания многих процессов, каждый из которых является локальным. Так, например, дальнодействие в конденсированных средах обеспечивается за счёт диффузии, поляризации, распространения упругих напряжений и т.д. При этом каждый из этих процессов есть результат взаимодействия соседних элементов. Аналогичным образом дальнодействие может быть объяснено и в биологических системах.

Приток и отток энергии (диссипацию) можно также рассматривать как некоторый вариант теории поля. И в этом смысле теорию биологических диссипативных структур можно назвать расширенной теорией морфогенетического поля, которая с биологической стороны дополнительно связана с выявлением управляющих параметров морфогенеза, образующих сложную иерархическую структуру, одно из звеньев которой (пространственно-распределённые параметры) непосредственно управляет клеточным движением.

Биофизическая основа герогенеза

Среди множества задач биофизики некоторые исследователи видят её главную задачу в том, чтобы раскрыть специфическую природу физического в живом. Этот сложнейший вопрос естественно рассматривать по отношению к индивидуальному развитию живых систем. В конечном итоге цель такого исследования заключается в том, чтобы понять механизмы, определяющие необратимость процессов развития и их направленность [1].

Возникшая на стыке физики, химии, биологии, психологии и социологии новая область знания – синергетика – ставит перед собой задачу раскрыть общие закономерности, имеющие место как в неживом, так и в живом, которые определяют превращение стохастического, хаотического и неупорядоченного в самоорганизующееся и упорядочиваемое. При этом имеется в виду не только переход от неупорядоченного к порядку, но и обратное явление – переход от упорядоченного состояния к хаосу, что, в частности, имеет место при старении, завершающегося смертью. М. Рубнер обосновал представление о том, что все виды млекопитающих способны затратить на протяжении жизни лишь определённое число килокалорий на килограмм массы тела. Так возникла основа для создания «энтропийных» теорий индивидуального развития. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Подобно тому, как эволюция неорганической материи характеризуется необратимым приближением к наиболее вероятному состоянию, т.е. состоянию термодинамического равновесия, точно так же сложные открытые системы характеризуются постепенным и необратимым приближением к стационарному состоянию. Это состояние близко к равновесию и в силу этого характеризуется минимумом производства энтропии (теорема Пригожина). Однако раскрыть природу процессов саморазвития и самоорганизации в границах линейной термодинамики (т.е. вблизи состояния равновесия) невозможно.

Энтропийные теории индивидуального развития живых систем обычно оперируют их энергетикой (например, через генетически предопределённый энергетический фонд, растрата которого начинается сразу же после возникновения организма в виде зиготы). В этом смысле самоорганизация новообразований, для возникновения которых также требуется дополнительная трата энергии самим развивающимся организмом, должна исключить рекапитуляцию развития, программа которого предусмотрена в геноме зиготы, а возникновение новообразований, в этом смысле, возможно лишь благодаря мутациям.

М. Рубнер был первым, доказавшим действие закона сохранения вещества и энергии или, иначе, первого принципа термодинамики в живых системах, подобно тому, как этот принцип действует в неживой природе. После этого уже естественной казалась и приложимость второго начала термодинамики к живым системам. То есть возникла надежда постичь чисто физическую суть живого, опираясь на те законы, которые уже установлены.

Далее М. Рубнер установил обратную зависимость между интенсивностью метаболизма и размером тела организма в разные возрастные периоды (закон поверхности Рубнера), а И. А. Аршавский показал, что в качестве одного из основных факторов, определяющих процессы роста и развития многоклеточных, является определенная форма двигательной активности скелетной мускулатуры, т.н. «энергетическое правило скелетных мышц». При этом оказалось, что, начиная с зиготы (благодаря наличию в её цитоплазме сократительных белков, являющихся прообразом будущего актиномиозинового комплекса), каждая очередная двигательная активность, обеспечиваемая катаболической фазой в метаболическом цикле, является фактором индукции избыточного анаболизма. При этом каждый метаболический цикл (в отличие от представлений, принятых в классической физиологии) не является замкнутым.

Так в чём же суть процесса развития А. И. Варшавского, индуцируемого двигательной активностью скелетных мышц? Считается, что это специфическое проявление универсального «принципа избыточности» (избыточной окупаемости), который кроме биологии одинаково хорошо работает и в области экономики, психологии, духовной сфере, процессе обучения и т.п. В рассматриваемом здесь процессе этот механизм определяет

необратимость процессов развития живых систем и их направление. Универсальный принцип избыточности проявляется следующим образом.

При избыточности анаболизма, индуцируемого каждой очередной цитоплазматической двигательной активностью, масса цитоплазмы увеличивается как куб линейных размеров клетки, а площадь диффузионной поверхности клеточных мембран – как их квадрат. В результате этого изменения соотношения между массой и поверхностью тела клетки, обмен её со средой, веществом и энергией становиться всё менее эффективным. Т.е. возникает такая ситуация, когда увеличивающаяся масса клетки уже не может обеспечить её (клетку) веществом и энергией, которые необходимы для эффективного метаболизма. Кстати, при этом будет также всё больше и больше лимитироваться и возможность выведения из клетки продуктов обмена. Понятно, что всё это должно обречь клетку (или одноклеточный организм) на скорое и неизбежное старение и смерть. Однако природа в очередной раз нашла выход из создавшегося положения.

Выход состоит в делении клетки на две, при котором вновь увеличивается относительная поверхность. Таким образом, на заре возникновения жизни сформировался механизм деления клеток – дискретность, обеспечивающая оптимальное соотношение между их массой и поверхностью.

Говоря о диффузии, мы имеем здесь в виду не пассивный переход вещества через клеточную мембрану по градиенту концентрации, а активный его перенос против концентрационного градиента. Именно этот последний процесс структурирует энергию, именно этот процесс формирует ту или иную форму (и степень) неравновестности в живой клетке, а это, как известно, требует затраты именно структурированной энергии. При этом, естественно, образуется и теплота, которая рассеивается в среду, и, таким образом, второе начало термодинамики не нарушается. Именно поэтому живая система принципиально неравновесна и далека от состояния равновесия. Как мы уже отмечали, для поддержания этих условий непременно необходим избыточный метаболизм.

В настоящее время различают две формы избыточного метаболизма. Первая выражается в избыточном образовании живой протоплазменной массы, и это на практике проявляется как в процессах роста клеток, так и в процессах пролиферации или гиперплазии ткани. Вторая же реализуется в митотических клетках и достигается не за счёт процессов накопления их общей массы, а в результате избыточного образования свободной структурной энергии, которая собственно и обеспечивает повышенную работоспособность молодых клеточных организмов. В целом, как мы знаем, рост (клеток или организма) является результатом ассимиляции клетками вещества с продуктами, поступающими из внешней среды. Доказательством изложенного выше является то, что если блокировать двигательную активность антенатально развивающегося организма в раннем постнатальном возрасте, то процессы роста его или резко задержаться, или же прекратятся вовсе.

Таким образом, питательные вещества являются лишь одним из условий, детерминирующим рост организма. Отсюда следует, что если бы процессы в живом представляли собой симметрично замкнутые на себя метаболические или функциональные циклы, то возможность роста и развития организма была бы полностью исключена. То есть в этом случае биологическое время остановилось бы, и мы, таким образом, имели бы дело с примером классического обратимого термодинамического равновесия. Как же дело обстоит в действительности?

Активность реальной живой системы, осуществляемая благодаря затратам вещества и энергии в метаболической фазе, таким образом, представляет собой типичный энтропийный процесс, направляющий систему в состояние равновесия [2-5]. Однако энергия при этом затрачивается также и на функциональную активность, которая спиралеобразно переводит живую систему на новый уровень, дополнительно обогащая её (систему) новыми структурами и новыми энергетическими резервами. Кроме того, в избыточности анаболизма проявляется также нелинейность, характеризующая автоколебательное, последовательное течение метаболического цикла в живой развивающейся системе. Следовательно,

энтропийный процесс в катаболической фазе метаболического цикла генерирует на самом деле процесс негэнтропийный, который всё более и более увеличивает степень неравновестности, структурной упорядоченности и кинетического совершенствования системы. Это, в свою очередь, ведёт к специфической для живого объекта функционально-структурной асимметрии, без которой невозможен ни рост, на развитие живого. Отметим также, что в трёхмерном выражении живой системы имеет место отмечавшийся выше спиралеобразный рост протоплазменной массы и внутренней энергии. Это характерно до завершения роста организма.

Во взрослом же состоянии (то есть в стационарном, или, вернее, квазистационарном состоянии) двигательная активность по понятным причинам уже индуцирует лишь вторую форму избыточного анаболизма (см. выше) и, таким образом, можно считать, что специфичность живого состоит не только и не столько в том, что оно ассиметрично в молекулярно-структурном выражении, но и в том, что оно, прежде всего, специфично в функциональном выражении. Более того, именно благодаря этому функционально-ассиметричному фактору живые системы приобретают черты асимметрии и в молекулярно-структурном выражении.

Ранее неоднократно ставился вопрос, в какой мере вывод о возрастании со временем энтропии в замкнутых системах можно согласовать с процессами самоорганизации, то есть при всё более и более возрастающей упорядоченности в живых открытых системах по ходу их онто- и филогенетического развития. Сейчас этот вопрос уже не дискутируется в силу того, что стало очевидным, что живой организм как открытую систему, в которой структурно-химические превращения идут с образованием тепла, следует рассматривать совместно со средой, из которой берутся и вещество, и энергия и в которую отдаются продукты метаболизма. При этом в живых системах в связи с их всё возрастающей упорядоченностью работа осуществляется со всё более возрастающим КПД и, следовательно, со всё более уменьшающимся рассеянием тепла.

Если исходить из того, что живое действительно возникло из неживого, то мы таким образом должны иметь в виду и то, что порядок возник из беспорядка. Но мы должны согласиться и с тем фактом, что с момента возникновения живого живое может возникнуть только из живого. То есть организм родит организм и, следовательно, в живом порядок возникает только из порядка. Считается также, что оплодотворённая клетка (зигота) – это уже организм на своей начальной стадии развития.

Следовательно, зигота – уже не только генотип, но и фенотип с присущими для каждого живого функциями питания (получения вещества и энергии извне), дыхания, выделения и пр. При этом обеднение цитоплазмы зиготы соответствующими субстратами представляет собой некую форму эндогенно возникающей информации, которая побуждает её (зиготу) к активному контакту с эмбриотрофом, т.е. с веществом и энергией. Таким образом, есть все основания считать, что индивидуальное развитие организма начинается с эндогенно (а не экзогенно) возникающей информации. Причём это стимулирует процессы, направленные на контакт со средой, и тем способствует его дальнейшему развитию, характеризующемуся, как отмечалось выше, последовательным спиралеобразным переходом на новые формы организации. Таким образом, каждый очередной двигательный акт, являясь фактором, индуцирующим анаболизм, дополнительно и последовательно упорядочивает живую систему.

Следовательно, индивидуальное развитие каждого живого организма с момента возникновения зиготы может быть представлено в виде взаимодействия двух сопряжённых тенденций. Первая из них энтропийная, являющаяся катаболической фазой в метаболическом цикле. Вторая – негэнтропийная, представленная избыточно-анаболической фазой. Избыточно-анаболическая фаза определяет необратимость процессов развития организма, которая (фаза) в отличие от неживого вещества в живом характеризуется эволюцией неравновестности и в зиготе идёт в направлении ещё большей неравновесности (более подробно об этом см. выше).

Конечная цель и смысл такого индивидуального развития организма заключается в достижении половозрелого периода и в реализации функции размножения и сохранения, таким образом, жизни как явления. Последнее же выполняется в той мере, в какой избыточность анаболизма обогащает организм дополнительными энергетическими резервами и, таким образом, создаёт предпосылки для реализации его новой адаптации к существенно новым и, как правило, более сложным условиям среды.

Здесь уместно напомнить, что согласно теории естественного отбора Дарвина организующий и творческий фактор эволюции находится вне организма. Однако в последние годы всё большее число авторов склоняется к мысли, что первичным и ведущим фактором эволюционных преобразований является сам организм, который в результате заложенной в нём способности к самоорганизации сам активно осуществляет адаптивную модификацию отвечающую новым условиям среды. То есть организм сам является активным субъектом эволюции, а не пассивным объектом отбора средой соответствующих мутантов.

Особенности созревания и старения

В заключение предельно кратко рассмотрим причины, которые обуславливают смену негэнтропийной тенденции развития на энтропийную, и в силу чего способность к самоупорядочению организма уменьшается с возрастом (старение).

Принято считать, что организм приходит к самому ответственному периоду своего индивидуального развития – детородному, будучи в максимально генетически информативном состоянии. Вместе с тем в этот период он биологически является уже достаточно состарившимся и потерявшим в значительной мере свой генетически предопределённый энергетический фонд. То есть к этому периоду организм приходит наиболее высоко структурно упорядоченным с максимальной степенью неравновестности. В конце же детородного периода утрачивается высокая степень неравновестности и структурной упорядоченности. То есть в зрелом и старческом возрасте негэнтропийная тенденция индивидуального развития сменяется на энтропийную. Более того, анаболическая фаза в этот период уже не только не избыточна, но даже уже не способна возвратить живую систему к исходному состоянию.

Считается, что в геноме одноклеточных закодирована лишь программа жизни, но нет программы старения, тем более смерти. Существенно по-иному обстоит дело в многоклеточном организме. Так избыточность анаболизма на начальных этапах зрелости выражается в явлениях гиперплазии тканей, состоящих из митотических клеток, и явлениях гипертрофии в системах, состоящих из постмитотических клеток. Как уже отмечалось, при этом масса клеток в процессе роста увеличивается в третьей степени, а величина диффузионной поверхности обмена – лишь во второй. В результате этого существенно снижается, например, число капилляров на единицу массы тканей, и одновременно увеличивается толщина соединительнотканного субстрата (СТС), который отделяет внутреннюю среду от клеток органов [6-8].

В ранние периоды индивидуального развития организма коллагеновые волокна СТС играют исключительно важную роль и в процессах дифференциации и регенерации клеток различных тканей. В конце детородного периода вследствие увеличения толщины СТС, «созревания» коллагеновых волокон СТС, а также в результате накопления кислых продуктов обмена в клетках при повреждении митохондрий и в результате воспалений (этой универсальной защитной компенсаторно-приспособительной реакции всех органов и тканей на любые неблагоприятные воздействия) неизбежно формируется устойчивая и необратимая тенденция к старению организма и, наконец, к смерти. Кстати, эти и многие другие фундаментальные свойства живого, в том числе и его способность к самоорганизации и самоупорядочению, обуславливающие негэнтропийную тенденцию и прогрессивное развитие, также способствуют тому, что сам переход живых систем в состояние равновесия (смерти) также кардинально отличается от такового для неживых систем. В силу сказанного в живом энтропию не корректно оценивать в калориях на градус, а также по интенсивности

теплопродукции или по количеству потребляемого кислорода. В живом оценка положительной и отрицательной энтропии может вестись лишь по степени структурной упорядоченности организма.

Список литературы

1. *Белоусов Л. В.* Биологический морфогенез / Л. В. Белоусов. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 238 с.

2. *Жантиев Р. Д.* Биоакустика / Р. Д. Жантиев. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 256 с.

3. *Ивлев В. С.* О структурных особенностях биоценозов / В. С. Ивлев. // Изв. АН ЛатвССР. – 1954. – Т. 10 (87). – С. 53–68.

4. *Курдюмов С. П.* Структуры в нелинейных средах // С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, А. В. Потапов, А. А. Самарский // Компьютеры и нелинейные явления. Информатика и современное естествознание. – М.: Наука, 1988. – С. 5-43.

5. *Пригожин И.* Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1986. – 431 с.

6. *Турутина Л. В*. Изучение пространственно-генетической внутрипопуляционной структуры двух видов позвоночных животных (*Lacerta agilis* L., *Clethrionomys glareolus*) фенетическим методом / Л. В. Турутина // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 174–187.

7. *Шапиро Ц. А*. Бактерии как многоклеточные организмы / Ц. А. Шапиро // В мире науки. – 1988. – № 8. – С. 46–54.

8. *Шишкин М. А*. Индивидуальное развитие и эволюционная теория / М. А. Шишкин // Эволюция и биоценотические кризисы. – М.: Наука, 1987. – С. 76–123.

Білобров В. М. Деякі біофізичні аспекти самоорганізації і старіння клітини. – Через призму напрацювань сучасної фізики (теорія самоорганізації) розглянуті деякі особливості однієї з фундаментальних властивостей живого – процесу дозрівання і наступного старіння. Описані чинники, що зумовлюють зміну негентропійної тенденції розвитку на ентропійну, і показано, що здатність до самоупорядкування організму зменшується з віком (старіння).

Ключові слова: самоорганізація, синергетика, морфогенетичне поле, диференціація клітин, механізм герогенезу.

Bilobrov V. M. **Some biophysics aspects of cell self-organization and senescence.** – The process of ripening and subsequent senescence was investigated from positions of modern physics and self-organization theory. Factors that has influence for changing of negenthropy progress trend on enthropynuyu are described. It is shown that a capacity for self-organization of organism diminishes with age (senescence).

Key words: self-organization, synergy, morphogenetic field, cell differency, gerogenesis.

УДК 616.718 + 614.2 (477)

© М. В. Говта

ДЕРМАТОГЛІФІЧНІ МАЛЮНКИ НАСЕЛЕННЯ ЕКОКРИЗОВИХ ТЕРИТОРІЙ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: nvgovta@mail.ru

Говта М. В. **Дерматогліфічні малюнки населення екокризових територій.** – Встановлено взаємозв'язок особливостей дерматогліфічних малюнків з несприятливими факторами довкілля. У вигляді кількісних характеристик виявлено відмінності у відстанях, кутах, гребеневому рахунку і числі пальцьових трирадіусів.

Ключові слова: дерматогліфіка, екологія, гребеневий рахунок.

Вступ

За останнє десятиріччя у зв'язку із збільшенням антропогенного впливу на довкілля і погіршенням екологічної ситуації в Донецькій області відзначається різке зростання розвитку не лише спадкових але і придбаних хвороб людини [2]. Високий рівень техногенного забруднення довкілля розглядається як одна з причин стійкої тенденції зростання поширеності нервових і психічних захворювань, ендокринних розладів, що фіксується медичною статистикою серед усіх вікових груп населення.

Враховуючи той факт, що в Україні, а зокрема в Донецькій області йде процес депопуляції і інтенсивної захворюваності населення, виникає інтерес у вивченні стану організму молодих людей (студентів) екосенситивної групи населення в умовах тривалої дії як несприятливих, так і сприятливіших екологічних факторів середовища.

Пошук таких біологічних маркерів та їх дії на організм людини допоможе в ранньому виявленні хвороб адаптації і формуванні груп ризику. Це, в свою чергу, може привести до попередження впливу несприятливих екологічних факторів середовища на організм людини.

Одним з маркерів, що вказує на зміни в організмі під впливом антропогенних чинників середовища, є особливості дерматогліфічного малюнку, оскільки відомо, що вони спадково зумовлені, але тип малюнка, його форма та напрям визначаються не лише спадковим чинником [1, 9-13].

У дактилоскопії накопичено досить великий емпіричний матеріал, формалізація якого можлива далеко не повністю [3, 4]. Малюнки на шкірі пальців рук утворюються папілярними лініями. Майже паралельні між собою, вони утворюють на поверхні шкіри загальні ознаки у вигляді петель, дельт, завитків і кишень [5-8], поєднання яких визначає тип візерунка. Найбільш поширеними є дуговий, шатровий, правопетельний, лівопетельний, завитковий та невизначений типи малюнків [7, 14]. Сукупність у малюнку декількох папілярних ліній називається потоком. Такі лінії закінчуються або починаються, з'єднуються або розщепляються, утворюючи приватні ознаки людини (рис. 1). Малюнки гребеневої шкіри є єдиним з доступних для широкого дослідження проявом генотипу [15]. Зміни дерматогліфів, що виявляються, допустимо розцінювати як показники несприятливого впливу техногенно-трансформованих чинників середовища на генотип і/або його реалізацію в період пренатального та постнатального онтогенезу. Дерматогліфічні дослідження складають необхідну частину клінічного огляду при проведенні медико-генетичного консультування. Особливо важливим є дерматогліфічний аналіз при підозрі на наявність патології невідомої природи або тератогеної дії. Проте в цьому напрямі є лише часткові роботи [16-18].

У перспективі або разом з основними класичними методами біологічної індикації роздільна здатність методу дерматогліфіки може стати ефективнішою і значущою [18]. Таким чином, метою цієї роботи було вивчення дерматогліфічного малюнку студентів біологічного факультету Донецького національного університету та його відхилення при впливі несприятливих факторів середовища.

Рис. 1. Приватні та загальні ознаки малюнку пальців людини.

Матеріали і методи дослідження

Вивчено відбитки пальців рук 150 студентів біологічного факультету Донецького національного університету. Контрольну групу студентів склали 50 чоловік, які тривало (більше 10 років) мешкали на сприятливих екологічних територіях. А експериментальну групу склали 100 студентів, які тривалий час мешкали на несприятливих за екологічним станом територіях. Відбитки було отримано і оброблено загальноприйнятими методами дерматогліфіки [15, 21, 22]. Для цього було взято основну класифікацію Гальтона і виділено малюнки папілярних ліній трьох основних конфігурацій: дуги (A), петлі ульнарні (Lu) та радіальні (Lr), завітки (W). За сукупністю результатів досліджень можна зробити уявлення про високу питому вагу впливу несприятливих чинників довкілля на компоненти дерматогліфічних структур. Було розраховано п'ять головних діагностичних критеріїв дерматогліфічних ознак щодо оцінки впливу несприятливих екологічних факторів на організм людини: 1 – тип малюнка; 2 – орієнтація малюнка; 3 – гребеневий рахунок; 4 – флексорні борозни; 5 – кут atd.

Гребеневий рахунок дає кількісну оцінку малюнкового розміру [19, 17]. Сума кількісних значень усіх пальців обох рук виражає кількісне значення індивіда. В середньому кількісне значення дорівнює 15-20 гребінцям. Важливою якісною ознакою є величина кута atd, що утворюється при з'єднанні лініями пальцьових трирадіусів (a) і (d) та осьового трирадіусу (t). Для отримання вірогідності отриманих величин застосовували формулу:

$$m(P)=\pm\sqrt{\frac{P(100-P)}{n-1}},$$

де P – відсоток ознаки; m(P) – його помилка.

Міру вірогідності було визначено за допомогою нижчеозначеного критерію:

$$t=\sqrt{\frac{N_1P_1+N_2P_2}{N_1+N_2}\left(100-\frac{N_1P_1+N_2P_2}{N_1+N_2}\right)\frac{N_1+N_2}{N_1ЧN_2}},$$

де P_1 і P_2 – відсотки ознаки, що зустрічається; N_1 і N_2 – кількість пальців у досліджуваних групах.

Усі вказані індекси є класичними в дерматогліфіці [1, 3, 6]. Узгодженість у розподілі дерматогліфічних ознак оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Dj. Pearson. Результати експериментів піддавалися варіаційно-статистичним методам оцінки зі застосуванням статистичних та математичних прикладних програм (STATISTICA V 6.0, MatLab R2009b).

Результати дослідження

За дослідженнями дерматогліфічних ознак студентів контрольної та експериментальної групи виявлено вірогідну ($p<0,05$) зміну в показниках гребеневого рахунку, у відстанях, кутах та наявності трирадіусів (табл. 1).

Таблиця 1

Зміна кількісних дерматогліфічних ознак студентів двох груп

Дерматогліфічні ознаки	Експериментальна група (n=100)		Контрольна група (n=50)	
	ліва рука (x±m)	права рука (x±m)	ліва рука (x±m)	права рука (x±m)
Гребеневий рахунок	143±0,4	150±0,8	147±0,7	154±0,6
Відстань (мм)	12±1,3	9±0,3	11±0,3	7±0,3
Кути (град.)	24±1,3	17±2,1	21±1,7	15±0,9
Пальцевий трирадіус кут atd (град.)	61±0,5*	72±0,3**	45±0,2*	41±0,6**

Примітка. Відмінності вірогідні: * – при $p<0,05$, ** – при $p<0,001$.

Як видно з табл. 1, в несприятливих екологічних умовах (зокрема це райони хімічного забруднення) виявлено велику частоту високого розташування кута atd (величина якого дорівнює > 55°). Так, у студентів експериментальної групи, які проживають у районах із сильним фенольним і ртутним забрудненням, спостерігається вірогідно ($p<0,001$) високе розташування кута atd, яке зустрічається у 5,09% на лівій руці і у 8,47% на правій руці, тоді як в контрольній групі високе розташування кута atd зустрічається в 3,09% випадків на лівій руці і в 4,12% на правій.

Значення спільного гребеневого рахунку (TRC) у контрольної та експериментальної групи вірогідно ($p>0,05$) не розрізнялися, відповідно (143±0,4) і (147±0,7); (150±0,8) і (154±0,6).

При аналізі малюнкового фенотипу виявлено вірогідну ($p<0,05$) зміну частоти радіальної петлі (Lr), як найрідкіснішого малюнка (табл. 2). У студентів експериментальної групи частота появи радіальних петель (Lr) вище в 1,5 рази на лівій руці і в 2 рази на правій.

Таблиця 2

Частота пальцьових візерунків студентів контрольної та експериментальної груп

Тип візерунка	Експериментальна група (n=100)		Вірогідність (p)	Контрольна група (n=50)		Вірогідність (p)
	ліва рука (x±m)	права рука (x±m)		ліва рука (x±m)	права рука (x±m)	
Lu	45,5±2,1	38,3±2,5	p>0,05	41,3±1,4	34,8±3,1	p>0,05
Lr	9,2±0,3	7,4±0,7	p<0,01	6,1±0,1	3,7±0,2	p<0,01
W	25,6±2,1	34,1±1,6	p<0,01	12,8±1,1	17,05±0,9	p<0,01
A	9,3±0,1	11,1±0,4	p<0,001	2,32±0,01	2,77±0.03	p<0,001

У експериментальної групи студентів було виявлено вірогідне ($p<0,01$) зниження появи завитків (W), ніж у контрольній групі, у 2 рази. В цілому кількість завитків у студентів експериментальної групи менша, ніж у студентів контрольної. Було вірогідно ($p<0,001$) встановлено, що у студентів експериментальної групи (9,3±0,1) в 4 рази була вище частота зустрічі дугового малюнка (A) в порівнянні з контрольною групою (2,32±0,01).

Вірогідні відмінності в ульнарних петлях (Lu) в експериментальної та контрольної групи студентів не спостерігалося.

Для вирішення другого завдання було проведено кореляційний аналіз. За проведеним аналізом було виявлено вірогідний кореляційний зв'язок зміни дерматогліфічних малюнків з рівнем екологічної шкідливості (r = 0,34 ÷ 0,51).

Висновки

1. Хронічна дія несприятливих факторів середовища призводить до появи як якісно, так і кількісно нових ознак пальцьового дерматогліфічного малюнку. Це виявляється переважно у вірогідній зміні петльового та дугового візерунків з бімануальною локалізацією двох дуг на пальцях.
2. У студентів експериментальної групи якісною відмінністю є висока частота появи радіальних петель і дуг. Виявлено зміни дерматогліфічного малюнку, який корелює з шкалою екологічної шкідливості техногенно-трансформованих територій.
3. Виявлені вірогідні маркери дезадаптації можливо використовувати в інших регіонах як показники екологічного неблагополуччя з формуванням групи ризику екозумовленої патології.

Список літератури

1. *Антоньев А. А.* Изучение дерматоглифики и заболеваемости псориазом в близнецовых семьях / А. А. Антоньев, К. Н. Суворова, М. Б. Тумаркин // Пролиферативные заболевания кожи: Респ. сб. науч. тр. / М. н.-и. клинич. ин-т им. М. Ф. Владимирского. – 1988. – С. 57–61.
2. *Бердышев Г. Д.* Дерматоглифика и долголетие / Г. Д. Бердышев, А. М. Загария // Природа. – 1990. – № 12. – С. 66–70.
3. *Богданов Н. Н.* История и основные тенденции развития дерматоглифики / Н. Н. Богданов, В. Г. Солониченко // Папиллярные узоры: идентификация и определение характеристик личности (дактилоскопия и дерматоглифика). – М., 2002. – С. 36–59.
4. *Богданов Н. Н.* Синдром Вильямса – модель генетически детерминированного правополушарного доминирования / Н. Н. Богданов, В. Г. Солониченко // Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 1995. – Т. 81, № 38. – С. 81–84.
5. *Василенко Ю. А.* Параллелизм изменений дерматоглифики, эндокринного и психического статуса в популяции детского населения, проживающего в районах с высокой антропогенной нагрузкой: автореф. дис. … канд. биол. наук / Ю. А. Василенко. – Ставрополь, 2005. – 20 с.
6. *Волоцкой М. В.* К вопросу о генетике папиллярных узоров пальцев / М. В. Волоцкой // Тр. медико-генетич. ин-та им. Горького. – 1936. – Т. 4. – С. 404–439.
7. *Гальперина З. З.* Пальцевая дерматоглифика и факторы ее определяющие: дис. ... канд. биол. наук / З. З. Гальперина. – Минск, 1987. – 101 с.
8. *Гарина Т. А.* Пороки развития и диспластические стигмы у больных с атопическим дерматитом / Т. А. Гагарина // Педиатрия. – 1978. – № 12. – С. 10–13.
9. *Гладкова Т. Д.* Изменчивость признаков дерматоглифики у мужчин и женщин / Т. Д. Гладкова // Изменчивость морфологических и физиологических признаков у мужчин и женщин. – М.: Наука, 1982. – С. 116–130.
10. *Гладкова Т. Д.* Кожные узоры кисти и стопы обезьян и человека / Т. Д. Гладкова. – М.: Наука, 1966. – 151 с.
11. *Гусева И. С.* Некоторые особенности проявления генов типологической модели папиллярного узора пальцев рук человека / И. С. Гусева // Генетика. – 1971. – Т. VII, № 10. – С. 103–115.
12. *Гусева И. С.* Морфогенез и генетика гребешковой кожи человека / И. С. Гусева. – Минск: Беларусь, 1986. – 158 с.
13. *Гусева И. С.* Дерматоглифика как конституциональный маркер при мультифакториальной патологии / И. С. Гусева, Т. Т. Сорокина // Вопр. антропологии. – М.: МГУ, 1998. – Вып. 89. – С. 99–111.

14. *Карлова Т. А.* Дерматоглифические маркеры церебрастенического синдрома / Т. А. Карлова, Л. И. Губарева // Сб. матер. II Междунар. симп. «Проблемы ритмов в естествознании». – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 547 с.

15. *Никитюк Б. А.* Особенности пальцевой и ладонной дерматоглифики при некоторых заболеваниях пищеварительной системы / Б. А. Никитюк, А. Н. Чистикин // Мат. науч. конф. «Актуальные вопросы биомедицинской и клинической антропологии». – Красноярск, 1997. – С. 142–144.

16. Особливості дерматогліфічних показників у міських здорових підлітків різної статі // Л. А. Клімас, П. В. Сарафінюк, І. М. Кириченко та ін. // Biomedical and Biosocial anthropology. – 2003. – № 1. – С. 15–22.

17. Пальцевая дерматоглифика при олигофрении. Сообщ. 2. Пальцевой и узорный гребневой счет / М. С. Рицнер, И. А. Шехтер, Е. С. Базилевская, Н. В. Костина // Вопр. антропологии. – 1972. – Вып. 4. – С. 173–178.

18. *Рицнер М. С.* К вопросу о генетике пальцевого гребеневого счета счета / *М. С. Рицнер, И. А. Шехтер* // Вопр. антропологии. – М.: МГУ, 1975. – Вып. 49. – С. 158–163.

19. *Тегако Л. И.* Организующие структуры дерматоглифики и закономерности ее популяционной изменчивости (по материалам исследования населения Белоруссии): автореф. дис. … докт. мед. наук: 14.00.02 / Л. И. Тегако. – Новосибирск, 1990. – 35 с.

20. *Финогенова С. А.* Общая характеристика изменчивости дерматоглифических признаков выборки из популяции Москвы / С. А. Финогенова // Вопр. антропологии. – 1977. – Вып. 56. – С. 34–145.

21. *Cummins H.* Finger Prints, Palms and Soles. An Introduction to Dermatoglyphics / H. Cummins, Ch. Midlo. – Philadelphia, 1961. – 300 p.

22. *Wertelecki W.* Dermatoglyphics / W. Wertelecki // Human Malformations and Related Anomalis. – Vol. II. – New York, Oxford: Oxford University Press, 1993. – P. 999–1016.

Говта Н. В. **Дерматоглифические рисунки населения экокризисных территорий.** – Установлена взаимосвязь особенностей дерматоглифических рисунков с неблагоприятными факторами окружающей среды. В качестве количественных характеристик выявлены различия в расстояниях, углах наклона, гребневом счете и количестве трирадиусов.

Ключевые слова: дерматоглифика, экология, гребневой счет.

Govta N. V. **Dermatoglyphics pictures of the population of ecocrisis territories.** – Intercommunication of features of dermatoglyphics pictures with the unfavorable factors of an environment is placed. As the quantitative characteristics the differences in distances, angles of slope, comb account and amount are reduced.

Key words: dermatoglyphics, ecology, comb account.

УДК 577.322 : 577.043

© О. И. Доценко

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРАЦИИ НА ПРОЦЕССЫ АГРЕГАЦИИ АЛЬБУМИНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: dots_don@ukr.net

Доценко О. И. **Влияние низкочастотной вибрации на процессы агрегации альбумина в водном растворе.** – Методом рассеяния света исследовано образование макромолекулярных комплексов в водных растворах альбумина под действием низкочастотной вибрации (интервал частот 8-32 Гц, амплитуды 0,5±0,04 мм и 0,9±0,08 мм). Получены и обсуждены частотно-временные зависимости изменения средней молекулярной массы альбумина и коэффициента межмолекулярного взаимодействия. Показана роль водной среды и растворенного кислорода в процессах агрегации альбумина, инициируемых низкочастотной вибрацией.

Ключевые слова: альбумин, низкочастотная вибрация, рассеяние света, межмолекулярное взаимодействие.

Введение

Изучение белков как основного составного элемента живой природы, а также влияния внешних факторов на белковые системы представляет собой одну из наиболее актуальных проблем биофизики. Межмолекулярные взаимодействия и динамика белковых макромолекул играют чрезвычайно важную роль в функционировании различных биосистем. В условиях современной жизни особенно интересным представляется изучение неизбежного влияния на эти системы различных отрицательных факторов и токсических воздействий.

Ранее было установлено [1], что действие низкочастотной вибрации диапазона 8-32 Гц на растворы альбумина приводит к его окислительной модификации. Было показано, что модификации подвергаются как боковые аминокислотные остатки молекулы альбумина, такие как тирозин, триптофан, фенилаланин, лизин, аргинин, так и остатки, расположенные в более глубоких участках молекулы. Следствием этих процессов может быть образование внутренних и межмолекулярных сшивок и появление белковых агрегатов [2].

Известно, что агрегация белковых молекул приводит к образованию олигомеров «неправильной» формы вследствие «ошибочных» межмолекулярных взаимодействий и может являться причиной многих заболеваний [3].

В водном растворе молекула альбумина, состоящая из трех последовательно расположенных доменов, может динамически разгибаться и сгибаться, принимая определенные формы, в связи с чем можно предполагать наличие не одной определенной, а нескольких конформаций, соотношение между которыми зависит от условий, и которые, возможно, динамически сосуществуют [4]. Молекула белка вместе с водной фазой представляют собой единое целое, которое характеризуются определенной динамикой во времени. Белок как динамическая молекулярная конструкция оказывает существенное воздействие на водное окружение, а водное окружение, в свою очередь, оказывает влияние на динамику белковой молекулы [5]. Молекулы белка в растворе вследствие взаимодействия друг с другом могут обратимо образовывать агрегаты. Таким образом, в растворе белка устанавливается определенная временная иерархия структурных переходов начиная с времен порядка 10^{-9} с до десятки секунд – десятки минут. Характер такой иерархии может изменяться при действии разнообразных факторов [5].

В связи со сказанным выше цель работы состояла в изучении молекулярно-динамических процессов, происходящих в водных растворах альбумина под действием низкочастотной вибрации.

Материалы и методы исследования

В работе использован сывороточный альбумин человека (*HSA*). Растворы альбумина (0,6-1,5 г/дл) в 0,015М Na-фосфатный буфере, pH 7,4, содержащем 0,15М NaCl, подвергали влиянию вибрации в течение 5-ти часов в интервале частот 8-32 Гц (шаг изменения частоты

4 Гц). Ионную силу и pH растворов белка поддерживали постоянными. Вибрацию совершали при помощи вибростенда, разработанного на кафедре биофизики ДонНУ, который состоял из генератора низкочастотных сигналов синусоидальной формы, усилителя и электромеханического преобразователя сигналов, совершающего колебания в вертикальной плоскости с заданной частотой и амплитудой. Экспериментальный стаканчик с раствором белка вертикально и прочно закрепляли на подвижной части вибратора (в этом случае механические колебания передаются в экспериментальную емкость с раствором с незначительными потерями мощности). Результирующую амплитуду сигнала контролировали с помощью осциллографа, подключенного к электромеханическому преобразователю сигналов.

Амплитуда подаваемого сигнала в экспериментах составила 0,5±0,04 мм и 0,9±0,08 мм. В динамике эксперимента регистрировали мутность растворов спектрофотометрически на длине волны 340 нм.

Молекулярную массу альбумина определяли, используя метод светорассеяния Релея-Дебая [6, 7]. Уравнение Дебая позволяет связать экспериментально измеряемую величину – коэффициент рассеивания света (или мутность) с концентрацией раствора и коэффициентом межмолекулярного взаимодействия.

$$f(c) = \frac{H \cdot c}{\tau} = \frac{1}{M} + 2Bc, \qquad (1)$$

где

$$H = \frac{32\pi^3 (n_0)^2}{3\lambda^4 N_a} \cdot \left(\frac{dn}{dc}\right)^2, \qquad (2)$$

где c – концентрация растворенного вещества, г/см^3, τ – мутность раствора, см$^{-1}$, M – средняя молекулярная масса растворенного вещества, г, B – второй вириальный коэффициент, который является мерой межмолекулярного взаимодействия в растворе, см^3·моль/г^2, n_0 – показатель преломления растворителя, λ – длина волны падающего света в вакууме, см, N_a – число Авогадро, dn / dc – инкремент показателя преломления раствора, см^3/г. Инкремент показателя преломления измерялся с помощью интерферометра Релея (погрешность 2%) в растворах с различной концентрацией белка.

Рассматриваемый метод дает возможность прямого определения молекулярной массы макромолекул, для чего необходимо измерить τ при нескольких концентрациях и экстраполировать полученную зависимость $f(c)$ к концентрации c = 0. Наклон прямой $f(c)$, равный 2в, позволяет вычислить второй вириальный коэффициент в в разложении для свободной энергии, который характеризует степень отклонения раствора от идеального и служит мерой межмолекулярного взаимодействия в растворе. Погрешность определения коэффициента B и массы рассеивающих частиц составила 10%.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 показаны кинетические кривые увеличения поглощения при 340 нм растворов альбумина, подвергавшиеся вибрации в интервале частот 8-32 Гц при амплитудах 0,5±0,04 мм и 0,9±0,08 мм. На всех кривых виден участок соответствующий лаг-периоду, что указывает на зародышевый характер агрегации, т.е. в растворах альбумина сначала формируются стартовые агрегаты, которые впоследствии объединяются в макромолекулярный комплекс. Продолжительность лаг-периода зависит от частоты и амплитуды вибрационного воздействия – значительно сокращается в интервале частот 28-32 Гц и удлиняется при воздействии с амплитудой 0,9±0,08 мм в интервале частот 8-24 Гц.

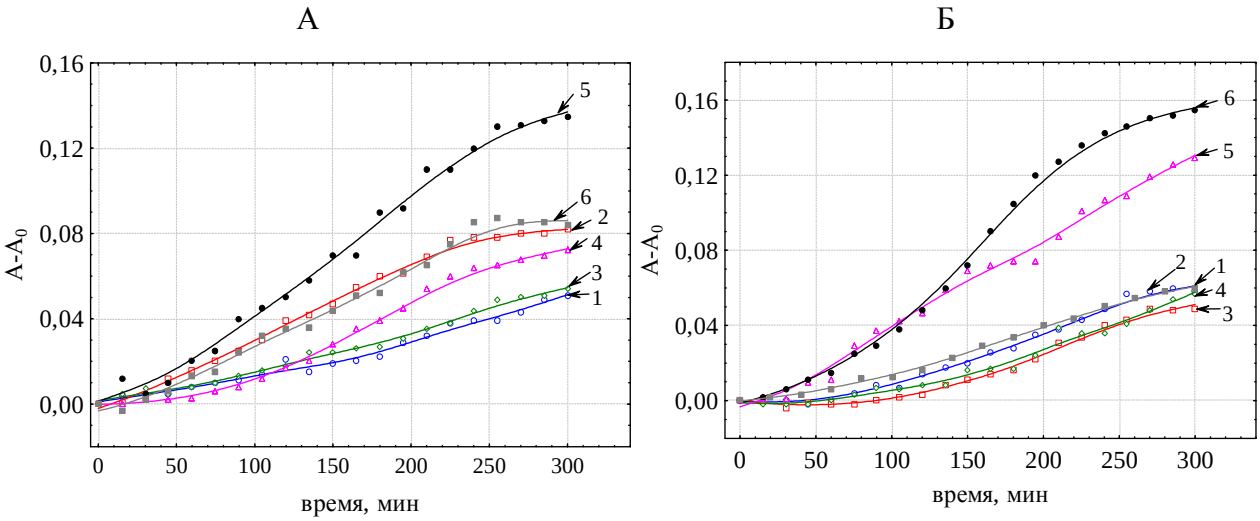


Рис. 1. Прирост поглощения в растворах альбумина, подвергавшихся вибрации с частотой: 1-8, 2-16, 3-20, 4-24, 5-28, 6-32 Гц. Амплитуда вибрации: А – 0,5±0,04 мм, Б – 0,9±0,08 мм. Концентрация альбумина 1 г/дл.

Полученные данные использовались для расчета средней молекулярной массы HSA. На рис. 2 показано изменение молекулярной массы альбумина в процессе воздействия вибрацией в частотном диапазоне 8-32 Гц различной амплитуды.

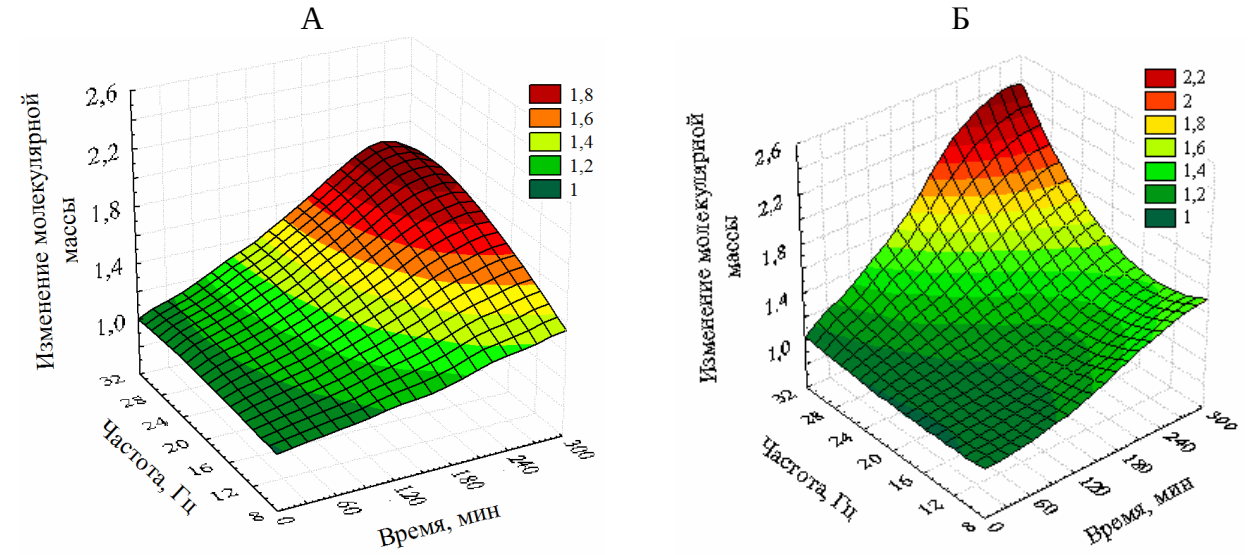


Рис. 2. Изменение средней молекулярной массы альбумина в зависимости от времени и частоты вибрации. Амплитуда вибрации: А – 0,5±0,04 мм, Б – 0,9±0,08 мм.

Известно, что в среде NaCl альбумин не агрегирует самопроизвольно даже при вариации pH и ионной силы раствора [6]. Легкие ионы типа натрия обладают малым ионным радиусом и поэтому прочно удерживают на поверхности гидратную оболочку. Кроме того, участие β- и γ-карбоксильных групп в солевых мостиках лишает белковые молекулы способности реагировать со щелочными металлами [8, 9]. В связи с этим регистрируемые в эксперименте изменения молекулярной массы альбумина могут быть следствием влияния вибрации на изучаемую систему. Установлено, что средняя молекулярная масса *HSA* увеличивается от 69 кДа до 110-161 кДа и достигает максимальных значений после пяти часов вибрационного воздействия. Видно (см. рис. 2), что изменение молекулярной массы зависит от частоты, амплитуды и длительности вибрации. Так, например, при вибрационном воздействии с частотой 8 Гц, амплитудой 0,5±0,04 мм средняя молекулярная масса

альбумина после пяти часов воздействия составила 97,33 кДа, а при воздействии с частотой 32 Гц и той же амплитудой – 110,87 кДа. При воздействии с частотой 8 Гц прирост молекулярной массы в процессе вибрации не зависит от ее амплитуды. В интервале частот 12-24 Гц прирост молекулярной массы альбумина больше при воздействии с амплитудой 0,5±0,04 мм, а в интервале частот 28-32 Гц – при воздействии с амплитудой 0,9±0,08 мм.

На рис. 3 показано изменение второго вириального коэффициента (*B*) для альбумина в растворе в процессе вибрационного воздействия. Согласно Скэтчарду [6], второй вириальный коэффициент, описывающий парные взаимодействия в растворах, содержащих кроме низкомолекулярного растворителя еще и третий компонент – сильный электролит, например NaCl, имеет вид

$$B = \frac{V_1}{M_2^2}\left(\frac{Z^2}{4m_3} + \frac{\beta_{22}}{2} + \frac{\beta_{23}^2 \cdot m_3}{4 + 2\beta_{33} \cdot m_3}\right), \qquad (5)$$

где V_1 – удельный объем растворителя; Z – заряд макроиона; M_2 – его масса; m_3 – концентрация ионов соли. Параметры β_{22}, β_{23} и β_{33} являются производными от коэффициентов активности, которые служат мерой эффективной концентрации данного компонента. Они характеризуют различные взаимодействия между ионами в растворе: эффект исключенного объема и взаимодействие между зарядами различных макроионов (β_{22}), взаимодействие между макроионами и ионами соли (β_{23}) и взаимодействие только между ионами соли (β_{33}). Согласно (5) коэффициент межмолекулярного взаимодействия изменяется с ростом суммарного заряда на белке по параболическому закону (эффект Доннана). При больших концентрациях соли в растворе член, содержащий коэффициент β_{23}, может существенно превышать (но модулю) первые два, и параметр B может стать отрицательным. При возрастании ионной силы раствора, т. е. при увеличении концентрации растворенной соли, в растворе возникают более сложные образования с участием ионов Na^+ и Cl^-. Вокруг заряженной молекулы белка создается облако противоионов, экранирующее кулоновское взаимодействие. Величина B уменьшается с увеличением ионной силы, однако масса белковых макромолекул в растворе при этом остается практически постоянной.

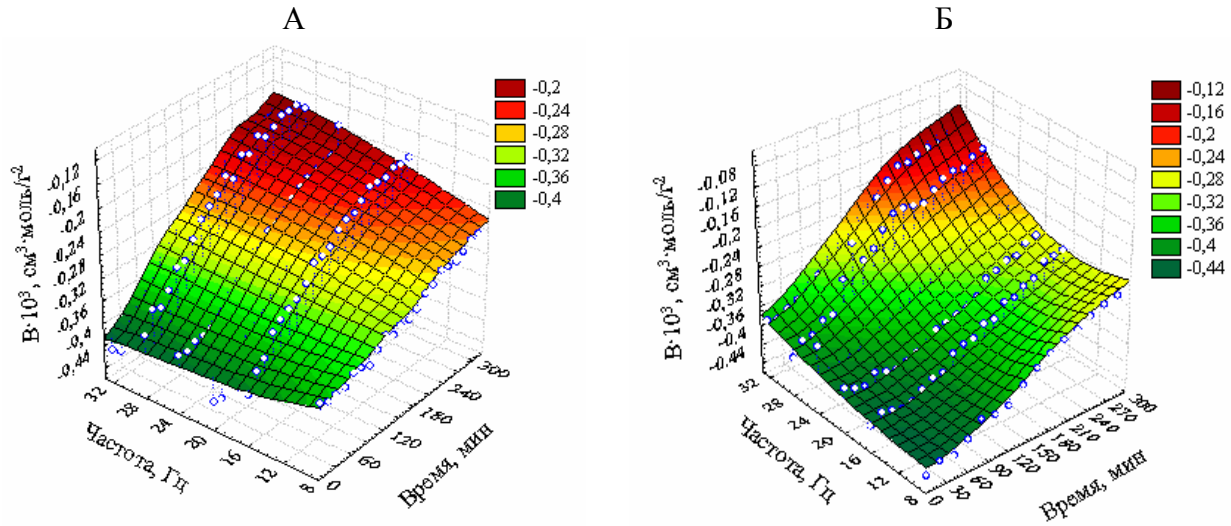


Рис. 3. Изменение коэффициента межмолекулярного взаимодействия в зависимости от времени и частоты вибрации при постоянной ионной силе раствора. Амплитуда вибрации: А – 0,5±0,04 мм, Б – 0,9±0,08 мм.

В растворах альбумина с ионной силой μ=0,15 моль/л, использующихся в эксперименте, коэффициент межмолекулярного взаимодействия отрицателен и составил $(-4{,}12\pm0{,}39)\cdot10^{-4}$ см^3·моль/г^2. В процессе вибрации коэффициент B снижается по абсолютной величине, однако остается отрицательным. На рис. 3, А показано изменение B растворов

альбумина, подвергающихся вибрации с амплитудой 0,5±0,04 мм. При этом временная зависимость *B* состоит их двух участков: начальный линейный участок, длительностью 100-120 мин, на котором прирост коэффициента межмолекулярного взаимодействия незначителен, и второй – участок параболического изменения *B*. При воздействии вибрации в интервале частот 8-20 Гц с амплитудой 0,9±0,08 мм изменение коэффициента *B* незначительно, хотя и в этом случае его значения снижаются по абсолютной величине. При воздействии вибрацией с частотами 28 и 32 Гц и этой же амплитудой регистрируются S-образные временные зависимости изменения *B*, причем по абсолютной величине его значение уменьшается в 3 раза, тогда как при действии вибрации той же частоты, но меньшей амплитуды только в 2 раза. Такой вид зависимости *B* указывает на снижение эффективного заряда альбумина, что и будет способствовать агрегации.

Остановимся на анализе процессов, которые могут привести к агрегации альбумина. Белки в растворе представляют собой частицы, основным видом взаимодействия между которыми является кулоновское отталкивание. В случае заряженных молекул энергия кулоновского отталкивания больше *кТ*. Сближению макромолекул альбуминов, имеющих при нейтральных pH (~ 7) заряд *q*, примерно равный 10 ед. СГСЭ [6], препятствует их взаимное кулоновское отталкивание с энергией

$$E_{qq} = \frac{q^2}{\varepsilon \cdot l},$$

где *l* – расстояние между заряженными макромолекулами. С увеличением суммарного (отрицательного или положительного) заряда на белковой молекуле кулоновские силы отталкивания будут возрастать. Зафиксированное нами раннее увеличение количества карбонильных групп в молекуле альбумина [1] в процессе вибрационного воздействия указывает на рост отрицательного заряда молекул, что не будет способствовать агрегации.

Однако эффективное уменьшение поверхностного заряда (в случае компенсации поверхностного заряда ионами) может привести к тому, что основным видом взаимодействия между макромолекулами станет диполь-дипольное, поскольку белки имеют аномально высокие дипольные моменты (который еще повысится при его окислительной модификации). Характер взаимодействия макромолекул белков в таких растворах уже будет определяется не кулоновскими, а диполь-дипольными силами. Энергия диполь-дипольного взаимодействия

$$E_{pp} = \frac{p^4}{6\pi \cdot k \cdot T \cdot r^6},$$

где *p* – дипольный момент белка. При расстоянии между диполями *r* ~ 30 Å энергия E_{pp} может превышать тепловую энергию *кТ* почти в 100 раз [6], поэтому при сближении на предельно малые расстояния белковые молекулы могут образовывать макромолекулярный комплекс – дипольный кластер. Однако взаимодействие ионов Na^+ с карбоксильными группами альбумина станет возможным при разрыве солевых связей между фиксированными ионами. Согласно [8] освободившиеся β- и γ-карбоксильные группы способны адсорбировать Na^+, в том числе делать это избирательно. Кроме прямого взаимодействия между свободными и фиксированными ионами, существует также сильное автокооперативное взаимодействие между адсорбирующими центрами, на что и указывает характерный S-образный вид зависимостей *B*. Накопление карбонильных групп основного характера при вибрационном воздействии в интервале частот 24-32 Гц [1], большая часть которых может быть продуктами окислительной модификации гидрофобных аминокислотных остатков [10], указывает на то, что обсуждаемые выше процессы вполне возможны.

Что касается интервала частот 8-20 Гц, при которых вибрация растворов альбумина вызывает окислительную модификацию только аминокислотных остатков, расположенных на поверхности, то регистрируемые процессы агрегации хорошо объясняются индуктивными эффектами [8], а не только перестройкой воды у поверхности белка [11], что так же не исключается. За счет I-индуктивного эффекта, проявляемого образовавшимися

карбонильными группами при модификации боковых остатков, внутренние водородные связи между пептидными карбоксилами и фенильными группами тирозиновых остатков, а также карбоксильными группами и другими аминокислотными остатками ослабляются, что может дестабилизировать спиральные участки в белковой молекуле. Благодаря небольшим размерам ион Na^+ может проникать в гидрофобные области белка и связываться с карбоксильными группами.

В результате указанных механизмов вторичная и третичная структуры альбумина могут локально изменяться, что приводит, прежде всего, к агрегатообразованию.

В работах [1, 12] нами, с использованием собственных и литературных данных, детально обсуждалась роль водной среды и растворенного в нем кислорода в процессах окислительной модификации макромолекул в процессе низкочастотной вибрации. В связи с этим далее исследовалась роль растворенного кислорода в процессах агрегации. Для этого кислород тщательно удалялся из буферного раствора, за счет продувки аргоном, после чего в него добавляли нужное количество альбумина. Герметично закрытые растворы подвергали действию низкочастотной вибрации. Результаты исследования представлены на рис. 4. Видно, что при данных условиях проведения эксперимента рост оптической плотности растворов, а следовательно, и процессы агрегации, отсутствовали.

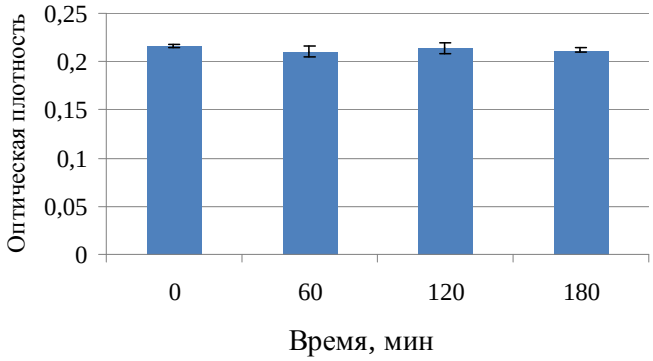


Рис. 4. Оптическая плотность растворов альбумина до и после вибрационного воздействия с частотой 24 Гц, амплитудой 0,5±0,04 мм, приготовленных на бескислородных буферных растворах.

Таким образом, растворенный кислород принимает непосредственное участие в процессах окислительной модификации и агрегации альбумина под действием низкочастотной вибрации.

Выводы

1. Показано, что под действием вибрации частотного диапазона 8-32 Гц в растворах альбумина происходит образование агрегатов, средняя молекулярная масса которых на 60-100% превышает массу белка в исходных растворах.

2. Анализ межмолекулярных взаимодействий показал, что образование агрегатов происходит за счет диполь-дипольного взаимодействия макромолекул при участии ионов Na^+ в экранировании поверхностного заряда при связывании с β- и γ-карбоксильными группами альбумина.

3. Показано, что растворенный в воде кислород принимает непосредственное участие в процессах окислительной модификации и агрегации альбумина.

Список литературы

1. *Доценко О. І.* Механохімічні процеси у водних розчинах альбуміну / О. І. Доценко, Д. В. Пронько // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 281–290.

2. *Шугалей И. В.* Генерация, реакционная способность активных форм кислорода и их деструктивная роль в процессах жизнедеятельности / И. В. Шугалей, И. В. Целинский // Журн. общей химии. – 2000. – Т. 70, № 1. – С. 1057–1070.

3. *Taubes G.* Protein Chemistry: Misfolding the Way to Disease / G. Taubes // Science. – 1996. – V. 271. – P. 1493–1495.

4. *Киселев М. А.* Размер молекулы сывороточного альбумина человека в растворе / М. А. Киселев, Ю. А. Грызунов, Г. Е. Добрецов, М. Н. Комарова // Биофизика. – 2001. – Т. 46, вып. 1. – С. 423–427.

5. *Мартынюк В. С.* Влияние магнитного поля крайне низкой частоты на собственную флуоресценцию сывороточного альбумина в условиях его насыщения хлороформом / В. С. Мартынюк, Ю. В. Цейслер, Н. С. Мирошниченко, А. Ю. Артеменко // Физика живого. – 2008. – Т. 16, № 1. – С. 74–81.

6. *Петрова Г. П.* Образование дипольных комплексов в растворах белков с малой концентрацией ионов тяжелых металлов: диагностика методом лазерного светорассеяния / Г. П. Петрова, Ю. М. Петрусевич, Д. И. Тен // Квантовая электроника. – 2002. – Т. 32, № 10. – С. 1–5.

7. *Петрова Г. П.* Образование дипольных кластеров в растворах альбумина, содержащих ионы кадмия и комплексоны хелата европия / Г. П. Петрова, Ю. М. Петрусевич, Б. Д. Рыжиков и др. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика. Астрономия. – 2003. – № 5. – С. 32–36.

8. *Линг Г.* Физическая теория живой клетки: незамеченная революция / Г. Линг. – СПб.: Наука, 2008. – 376 с.

9. *Ling G. N.* A study of selective adsorption of Na^+ and other alkali-metal ions on isolated proteins: a test of the salt-linkage hypothesis / G. N. Ling, Z. L. Zhang // Phys. Chem. Physics and Med. NMR. – 1984. – V. 16. – P. 221–235.

10. *Казакова В. В.* Окислительная модификация и изменения внутримолекулярной гидрофобности гемоглобина А при инкубации эритроцитов человека в среде Фентона / В. В. Казакова, Н. М. Ёлкина // Укр. біохім. журн. – 2007. – Т. 79, № 4. – С. 34–38.

11. *Морозова Т. Ф.* Изменение спектральных свойств бычьего сывороточного альбумина в концентрированных растворах хлористого натрия / Т. Ф. Морозова, А. М. Грек, В. А. Коптелов и др.// Проблемы криобиологии. – 1982. – № 10. – С. 22–27.

12. *Доценко О. И.* Изучение влияния низкочастотной вибрации на активность глутатионпероксидазы эритроцитов / О. И. Доценко, В. О. Ткаченко // Вестник Харьковского ун-та им. В. Н. Каразина. Сер. Биол. – 2010. – Вып. 11, № 905. – С. 166–172.

Доценко О. І. **Влив низькочастотної вібрації на процеси агрегації альбуміну у водному розчині**. – Методом розсіювання світла досліджено утворення макромолекулярних комплексів у розчинах альбуміну під впливом низькочастотної вібрації (інтервал частот 8-32 Гц, амплітуди 0,5±0,04 мм и 0,9±0,08 мм). Отримані та обговорені частотно-часові залежності змінення середньої молекулярної маси альбуміну та коефіцієнту міжмолекулярної взаємодії. Показана роль водного середовища та розчиненого кисню в процесах агрегації альбуміну під дією низькочастотної вібрації.

Ключові слова: альбумін, низькочастотна вібрація, розсіювання світла, міжмолекулярна взаємодія.

Dotsenko O. I. **Influence of low-frequency vibration on processes albumin aggregation at the aqueous solutions.** – The formation of macromolecular complexes at the albumin aqueous solutions at the action of low-frequency vibration was investigated by light scattering methods (range of frequencies 8-32 Hz, amplitudes 0,5±0,04 mm and 0,9±0,08 mm). Time-frequency dependence changes of albumins molecular weight mean and coefficient intermolecular interaction was obtained and discussed. The role of aqueous environment and solute oxygen in processes of albumin aggregation at the action of low-frequency vibration demonstrated.

Key words: albumin, low-frequency vibration, light scattering, intermolecular interaction.

УДК 577.3

© А. А. Зинченко, В. М. Шаталов

ВЛИЯНИЕ ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

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

Зинченко А. А., Шаталов В. М. **Влияние дегазации при центрифугировании на содержание глюкозы в крови**. – Показано, что дегазация, вызванная центрифугированием крови при проведении анализа на содержание глюкозы, приводит к перераспределению глюкозы между плазмой и эритроцитами, что искажает результаты анализов. После 10 минут центрифугирования крови по стандартной методике содержание глюкозы в плазме снижается на 10%, увеличение продолжительности либо повторное центрифугирование может вывести этот показатель за границы нормы для здоровых людей или перевести его в норму для больных. Показано, что снижение содержания глюкозы в плазме после центрифугирования сопровождается немонотонным изменением количества гликозилированного гемоглобина в эритроцитах.

Ключевые слова: глюкоза, гликозилирование, кровь, плазма, центрифуга, дегазация.

Введение

В наших предыдущих работах [1, 2] показано, что центрифугирование образцов крови, которое является неотъемлемым звеном при определении содержания глюкозы, существенным образом изменяет такие показатели крови, как скорость оседания эритроцитов, влияет на протромбиназную активность, увеличивает активность ионов кальция, запускающих систему свертывания крови. Мы полагаем, что наблюдаемые эффекты обусловлены дегазацией крови при центрифугировании, то есть выходом из крови растворенных в ней газов воздуха.

Эффекты, связанные с растворенными в биожидкостях газами, широко исследовались в связи с ультразвуковым воздействием при медицинской диагностике [3]. В многочисленных работах показано, что при используемых в диагностике интенсивностях и частотах ультразвука кавитация пузырьков – наиболее опасное для клеток тканей и внутренних органов явление – не наблюдается [4, 5]. В то же время роль растворенных газов в биожидкостях в настоящее время изучена достаточно слабо. Имеющиеся публикации связаны в основном со звуковым воздействием. Например, в опытах на морских млекопитающих [6] было показано, что короткие низкочастотные (<1 kHz) колебания приводят к обширному выделению пузырьков в перенасыщенных воздухом крови и тканях. Авторы считают, что звук нарушает условия равновесия для существующих в тканях микроскопических пузырьков газа и локальное перенасыщение воздухом биожидкости ведет к росту зародышей до макроскопических размеров через квазистатическую диффузию. Данных по изменению свойств крови в зависимости от продолжительности центрифугирования при лабораторных исследованиях нам найти не удалось. В тоже время сопутствующая дегазация образцов крови при центрифугировании может приводить к искажению результатов анализов [2] и, следовательно, к некачественной диагностике.

Целью данной работы было выявление изменений концентрации глюкозы в плазме крови здоровых и больных сахарным диабетом доноров при сверхнормативном или повторном центрифугировании образцов, а также в самих эритроцитах, инкубированных в плазме после центрифугирования.

В результате сложной цепочки реакций углеводного обмена в организме человека поддерживается относительно постоянный уровень глюкозы в циркулирующей крови 3,3-5,5 ммоль/л, что обеспечивает нормальное функционирование органов и тканей. Когда уровень глюкозы превышает верхний порог, диагностируется сахарный диабет, лечение которого является одной из актуальных проблем современной биологии и медицины в связи с высокой степенью инвалидизации больных, сложностью ранней диагностики и неизученностью механизмов развития осложнений. На сегодняшний день доказано [7], что красные кровяные клетки вовлечены в патогенетический процесс и их структура существенно изменяется при заболеваниях различного генеза, в том числе и при сахарном диабете. Метаболические

процессы, индуцированные гипергликемией, сопровождаются активацией процессов перекисного окисления липидов мембран эритроцитов, что вызывает их дестабилизацию и изменение форм клеток красного ряда, а развитие синдрома эндогенной интоксикации приводит к адсорбции на эритроцитарных мембранах токсических продуктов [8]. В настоящей работе мы исследуем также влияние дегазации на скорость гликозилирования гемоглобина.

Материалы и методы исследования

Определение содержания газов, растворенных в плазме крови, проводилось на модульном анализаторе OMNI C фирмы Roche (Щвейцария) в отдельных пробах без доступа воздуха при атмосферном давлении 743 mmHg. Для этого плазма здоровых доноров предварительно отделялась от эритроцитарной массы путем 15-минутного центрифугирования при 3000 об./мин и температуре 4°C. Затем при комнатной температуре часть плазмы выдерживалась в центрифуге при 3000 об/мин, а другая часть оставалась в качестве контроля. Опыт выполнялся в двух повторностях. Как видно из рис. 1, с увеличением продолжительности центрифугирования содержание растворенного кислорода в плазме существенно уменьшается относительно значений в контрольных образцах, не подвергавшихся центрифугированию. При этом содержание углекислого газа уменьшается с большей скоростью, что объясняется большей растворимостью CO_2. Таким образом, продолжительность центрифугирования t_d однозначно определяет степень дегазации плазмы крови в соответствии с кривыми на рис. 1. Как видно из градуировочных кривых на рис. 1, содержание растворенного воздуха в плазме коррелирует со временем сверхнормативного центрифугирования, изменяясь от 13,5 до 0,1% для растворенного кислорода и от 6,8 до 0,01% для углекислого газа при температуре 25°C.

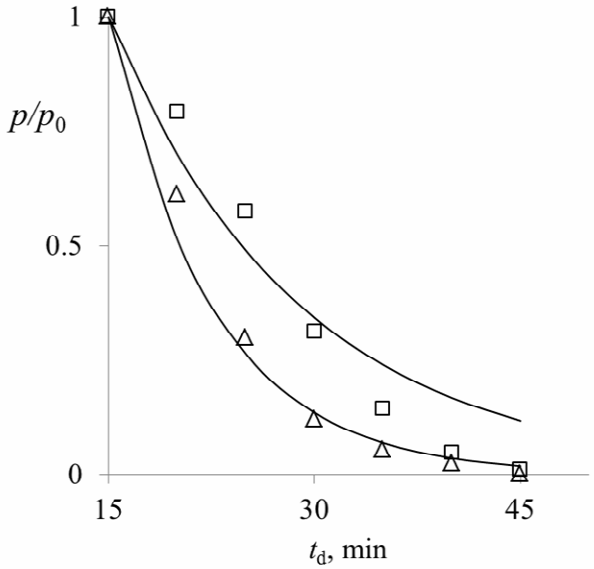


Рис. 1. Парциальное давление растворенного кислорода (квадраты) и углекислого газа (треугольники) в образцах плазмы крови в зависимости от продолжительности центрифугирования t_d при 3000 об/мин относительно давления в контрольных образцах p_0.

Далее измерялось содержание глюкозы в крови 24 больных сахарным диабетом, из них 12 мужчин и 16 женщин в возрасте от 15 до 36 лет, длительность болезни от 4 до 16 лет. Сравнение исследуемых показателей проводили с группой из 10 практически здоровых людей в возрасте от 18 до 30 лет. Забор крови осуществлялся из локтевой вены в утреннее время, натощак. Определение содержания глюкозы проводили глюкозо-оксидазным методом с использованием наборов реактивов фирмы «Плива-Лахема», Чехия. Для получения плазмы по стандартной методике 0,1 мл цельной крови перемешивали с 0,9 мл раствора

антикоагулянта и центрифугировали 10 минут при 2000 об./мин для осаждения эритроцитов. Для анализа использовали надосадочную жидкость. Экспериментальные пробы с кровью центрифугировали по 15, 20, 25, 30, 35, 40 минут, после чего отбирали надосадочную жидкость и проводили определение концентрации глюкозы в плазме.

Содержание гликозилированного гемоглобина HbA1c определялось в соответствии с диагностическими критериями [9, 10]. Измерения проводились с помощью наборов «Гемоглобин» и «Гликозилированный гемоглобин» («Плива-Лахема», Чехия). В качестве антикоагулянта использовали раствор гепарина (гепарин/цельная кровь = 1/100). Эритроциты трижды отмывали (3000 об./мин, 10 мин) в Na^+, K^+ фосфатном буфере 0,167 М, pH=7,3, затем инкубировали в плазме с различным содержанием воздуха после выдержки в центрифуге и снова отмывали, после чего проводили измерение содержания HbA1c.

К эритроцитам добавляли 3 мл физиологического раствора, смесь осторожно перемешивали стеклянной палочкой и центрифугировали. После отсоса надосадочной жидкости к осадку эритроцитов добавляли 3 мл дистиллированной воды, смесь интенсивно встряхивали и оставляли стоять 10 мин, потом снова центрифугировали. Для проведения анализов использовали надосадочную жидкость.

Для определения общего гемоглобина рабочий раствор, приготовленный из набора «Гемоглобин», смешивали в соотношении 50:1 с гемолизатом и отстаивали 10 мин. Оптическую плотность измеряли при 546 нм против трансформационного раствора.

Для определения количества образовавшегося гликогемоглобина 1,50 мл гемолизата смешивали с 0,25 мл 85%-ной фосфорной кислоты. Пробирки закрывали резиновыми пробками с вколотой инъекционной иглой и нагревали 30 мин на глицериновой бане при (100 ± 1)°С. После 10 мин нагревания инъекционные иглы из пробирок вынимали. По окончании дегидратации пробирку охлаждали в проточной воде 10 мин. После охлаждения в каждую пробу добавляли 0,50 мл трихлоруксусной кислоты с концентрацией 2,45 ммоль/л. Содержимое пробирок встряхивали и центрифугировали в течение 20 мин. Затем в сухие пробирки отмеряли пипеткой 1 мл надосадочной жидкости и смешивали с раствором тиобарбитуровой кислоты. Перемешивали встряхиванием и инкубировали точно 40 мин на водяной бане при 37°С. Оптическую плотность проб, подвергавшихся центрифугированию, контрольных растворов 1 и 2 и стандарта измеряли против воды в диапазоне длин волн 430-450 нм. Содержание глюкозы определялось путем пересчета изменений оптической плотности в образцах.

Результаты и обсуждения

На рис. 2 представлены результаты воздействия экспериментальной дегазации *in vitro* на образцы плазмы крови здоровых и больных доноров. После 10 минут центрифугирования (по стандартной методике) содержание глюкозы в плазме снижается на 10%. Увеличение продолжительности либо повторное центрифугирование может вывести этот показатель за границы нормы для здоровых людей или перевести его в норму для больных, а значит, диагноз, основанный на таких данных, будет ошибочным. Таким образом, измерение содержания глюкозы в крови недостаточно эффективно для диагностики сахарного диабета и мониторинга результатов терапии.

Можно предположить, что глюкоза вступает в неферментативное взаимодействие с белками, что ускоряет их гликозилирование, а также в избыточном количестве проникает через мембрану эритроцитов, образуя гликозилированный гемоглобин. Естественно, что при присоединении глюкозы функции белка могут нарушаться из-за изменения заряда белковой молекулы, нарушения ее конформации или блокирования ее активного центра. При сахарном диабете гликозилирование белков приводит к многочисленным осложнениям. От того, какие именно белки и в какой степени гликозилированы, и зависит, какие именно осложнения возникнут и насколько тяжелыми они будут. Нам представляется более перспективным при гипергликемии оценивать степень и скорость гликозилирования белков, таких как гемоглобин, белки мембран эритроцитов, альбумин, трансферин, аполипопротеины,

коллаген, белки эндотелия, белки хрусталика, некоторые ферменты (алкогольдегидрогеназа) и измерять концентрацию растворенных газов крови. Однако такой специфический подход непригоден для рутинной оценки индивидуального риска различных осложнений, связанных с сахарным диабетом, скорее, это дело будущего. В данный момент для оценки такого риска применяется измерение обобщенного показателя гипергликемии – уровня HвA1c неконтролируемым содержанием растворенного воздуха в образцах плазмы.

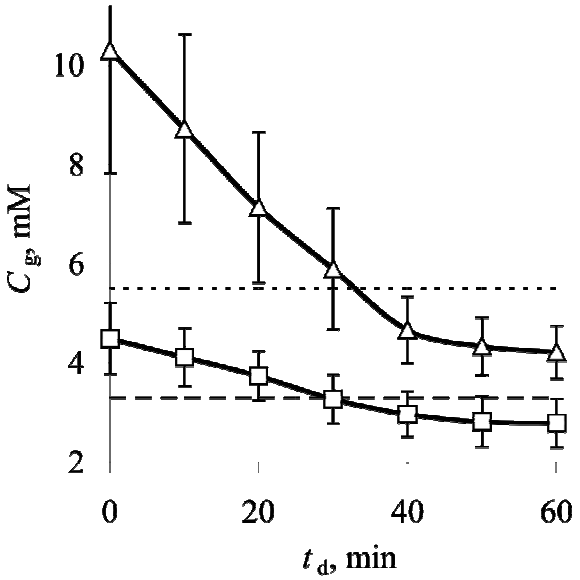


Рис. 2. Концентрация глюкозы C_g в плазме крови здоровых (квадраты) и больных (треугольники) доноров после центрифугирования в течение t_d минут; результаты получены как средние значения по 24 образцам для больных и по 10 образцам для здоровых доноров, погрешности – соответствующие стандартные отклонения; значения в точке t_d=0min получены линейной экстраполяцией двух соседних значений; пунктир и штриховая линия – верхняя и нижняя границы нормы.

Уровень гликозилированного гемоглобина крови – HвA1 или его количественно наибольшей фракции – HвA1c является наиболее точным объективным интегральным и прогностическим показателем среди биохимических параметров контроля степени компенсации и характера течения сахарного диабета [11]. Гликозилированный гемоглобин – это гемоглобин, в котором молекула глюкозы конденсируется с β-концевым валином В-цепи молекулы HвA (A – adultus – взрослый). Гликозилированный гемоглобин (HbA1c) образуется в результате медленной, неферментативной реакции между гемоглобином А, содержащемся в самих эритроцитах, и глюкозой сыворотки крови. Скорость гликозилирования и, следовательно, его уровень определяется концентрацией глюкозы, сохраняющейся на протяжении жизни эритроцита.

При сахарном диабете содержание гликозилированного гемоглобина растет, в результате чего изменяется сродство гемоглобина к кислороду, что усиливает гипоксию в тканях организма и является неспецифическим компонентом в развитии диабетических ангиопатий [12]. Как видно из рис. 3, в условиях экспериментального удаления растворенных газов с увеличением времени обработки до 25 минут содержание HbA1c повышается в образцах плазмы как больных, так и здоровых доноров.

Повышенное содержание гликогемоглобина свидетельствует о том, что вероятность связывания глюкоза-белок после центрифугирования плазмы повышается примерно в 2,5-3 раза. При дальнейшем центрифугировании наблюдается снижение содержания HbA1c до начальных значений. Можно предположить, что относительное увеличение HbA1c свидетельствует об уровне компенсации «активной глюкозы» белками самих клеток.

Удаление растворенного воздуха из плазмы нарушает функционирование плазматической мембраны эритроцитов, поскольку в нормальных условиях повышение уровня HbA1c невозможно без повышения концентрации глюкозы в среде. Поскольку неферментативному гликозилированию подвергаются любые белки [11], можно говорить о воздействии дегазации на общий метаболизм.

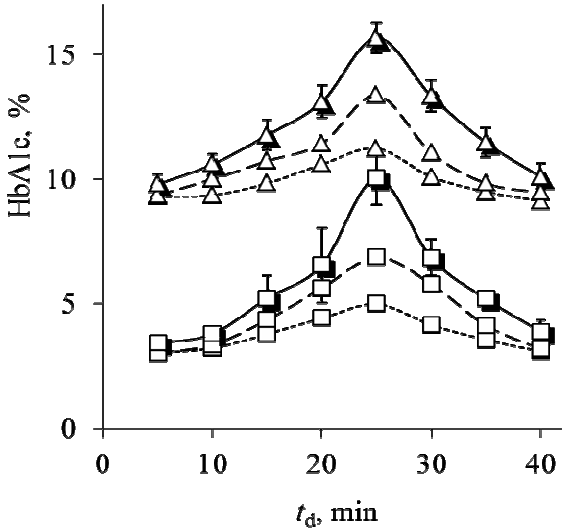


Рис. 3. Доля гликозилированного гемоглобина HbA1c в эритроцитах крови здоровых (квадраты) и больных (треугольники) доноров после 10 (пунктирные), 20 (штриховые) и 30 (сплошные линии) минут инкубирования в плазме, предварительно обработанной в центрифуге в течение t_d минут (эритроциты были отделены от плазмы в точке t_d=5min); каждая точка – результат усреднения по трем образцам, границы погрешностей указаны только для точек с тенью на сплошной линии.

Выводы

Проведенные исследования показали, что воздух, растворенный в плазме крови, существенно влияет на результаты диагностики сахарного диабета. Наиболее резкие изменения показателя содержания глюкозы в крови после центрифугирования плазмы наблюдаются в образцах крови больных сахарным диабетом. Очевидно, сверхнормативное или повторное центрифугирование анализируемых образцов может привести либо к передозировке лечебных препаратов, либо к неоправданному уменьшению их количества. Необходима соответствующая коррекция лабораторного анализа крови на глюкозу, особенно при ранней диагностике и лечении сахарного диабета.

При сахарном диабете дезорганизация плазматической мембраны красных кровяных клеток приводит к дефициту энергопродукции, а также к усилению процессов перекисного окисления липидов [8], и в условиях дегазации этот процесс может усугубляться. По-видимому, причиной тому является универсальный путь повреждения клеток под действием различных факторов [7].

Скорость снижения концентрации глюкозы при дегазации в плазме больных доноров была значительно выше, чем у здоровых людей. В контрольных образцах, где плазма не подвергалась центрифугированию, изменение уровня глюкозы и содержания HbA1c выявить не удалось. Таким образом, дегазация плазмы увеличивает скорость гликозилирования и, как мы полагаем, может привести к химической модификации белков, поскольку делает их более подверженным к окислению даже при практически нормальном уровне глюкозы в крови.

Список литературы

1. *Зинченко А. А.* Влияние дегазации при центрифугировании на некоторые показатели крови / А. А. Зинченко, И. В. Нога, В. М. Шаталов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2009. – № 9. – С. 250-255.

2. *Зинченко А. А.* Влияние растворенного в крови воздуха на динамику свертывания *in vitro* / А. А. Зинченко, В. М. Шаталов // Физика Живого. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 37–43.

3. *Apfel R. E.* Acoustic cavitation: a possible consequence of biomedical uses of ultrasound / *R. E. Apfel* // Br. J. Cancer. – 1982. – Vol. 45, Suppl. V. – P. 140–146.

4. *Crum L. A.* Acoustic Cavitation Generated by Microsecond Pulses of Ultrasound / L. A. Crum, J. B. Fowlkes. – London: Nature, 1986. – Vol. 319. – P. 52–54.

5. *Crum L. A.* Is acoustic cavitation produced by diagnostic ultrasound devices / L. A. Crum // IEEE Sonics and Ultrasonic Symposium. – 1987. – Vol. 1. – 997 p.

6. *Crum A. L.* Monitoring bubble growth in supersaturated blood and tissue ex vivo and the relevance to marine mammal bioeffects / A. L. Crum, M. R. Bailey, J. Guan, P. R. Hilmo, S. G. Kargl, T. J. Matula, O. A. Sapozhnikov // Acoustics Research Letters Online. – 2005. – Vol. 6, N 3. – P. 214–220 [DOI: 10.1121/1.1930987].

7. *Рязанцева Н. В.* Эритроцит при патологии: размышления у электронного микроскопа / Н. В. Рязанцева, В. В. Новицкий, Е. А. Степовая // Арх. Патологии. – 2004. – № 3. – С. 53–61.

8. *Люта М. А.* Наружная архитектоника эритроцитов крыс в условиях экспериментального сахарного диабета и при введении L-аргинина и ингибиторов NO-синтетазы / М. А. Люта, О. Р. Кулачковський, М. Л. Барская, Н. О. Сибирная // Клиническая лабораторная диагностика. – 2008. – № 40. – С. 63–68.

9. *Гриншпун М. Н.* Сравнительный анализ методов определения гликозированного гемоглобина / *М. Н. Гриншпун, В. А. Галенок, А. Г. Мазовецкий, В. Е. Диккер* // Лаб. дело. – 1988. – № 2. – С. 51–54.

10. *Данилова Л. А.* Колориметрический метод определения гликозилированных гемоглобинов / Л. А. Данилова, Н. И. Лопатина // Лаб. дело. – 1986. – № 5. – С. 281–283.

11. *Вельков В. В.* Гликозилированный гемоглобин в диагностике сахарного диабета и в оценке риска его осложнений / В. В. Вельков // Клиническая лабораторная диагностика. – 2008. – № 44. – С. 65–75.

12. *Бондарь Т. П.* Морфофункциональные состояния эритроцитов периферической крови при поздних сосудистых осложнениях сахарного диабета 2 типа (обзор литературы) / *Т. П. Бондарь, Г. И. Козинец* // Клиническая лабораторная диагностика. – 2002. – № 12. – С. 22-25.

Зінченко А. О., Шаталов В. М. **Вплив дегазації при центрифугуванні на вміст глюкози в крові**. – Показано, що дегазація, яка викликана центрифугуванням крові при проведенні аналізу на вміст глюкози, призводить до перерозподілу глюкози між плазмою та еритроцитами, що спотворює результати аналізів. Після 10 хвилин центрифугування крові за стандартною методикою вміст глюкози в плазмі знижується на 10%, збільшення тривалості або повторне центрифугування може вивести цей показник за межі норми для здорових людей або перевести його в норму для хворих. Показано, що зниження вмісту глюкози в плазмі після центрифугування супроводжується немонотонною зміною кількості глікозильованого гемоглобіну в еритроцитах.

Ключові слова: глюкоза, глікозильювання, кров, плазма, центрифуга, дегазація.

Zinchenko A. A., Shatalov V. M. **Effect of degassing in a centrifuge at the level of glucose in the blood**. – It is shown that degassing induced by centrifugation of blood in the analysis on the content of glucose, leads to a redistribution of glucose between plasma and red blood cells, which distorts the test results. After 10 minutes centrifugation of blood in the standard test the content of glucose in the plasma is reduced by 10%, so extending or re-centrifugation can you keep the figure for the normal ranges for healthy people, or put it to the norm for patients. Show, but that the decrease in glucose content in plasma after centrifugation followed by a nonmonotonic change in the amount of glycosylated hemoglobin in red blood cells.

Key words: glucose, glycosylation blood, plasma, centrifuge degassing.

УДК 577.3

© М. В. Нецветов, В. О. Корниенко

ВЛИЯНИЕ ЛИСТЬЕВ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *ACER SACCHARINUM* L. И *ACER IBERICUM* BIEB.

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: eco99@i.ua

Нецветов М. В., Корниенко В. О. **Влияние листьев на динамические характеристики *Acer saccharinum* L. и *Acer ibericum* Bieb**. – О влиянии листьев и их расположения на частоту и коэффициент затухания колебаний клена с широкой листовой пластинкой и жестким черешком (*Acer saccharinum*) и узкой листовой пластинкой и гибким черешком (*A. ibericum*). Показано, что эффективность снижения частоты и увеличения коэффициента затухания колебаний при наличии листьев в большей мере проявляется у *A. saccharinum*. Наибольшее влияние на динамические характеристики *A. saccharinum* оказывают листья, распложенные в его верхней части. У *A. ibericum* высота расположения листьев имеет меньшее значение.

Ключевые слова: колебания, частота, коэффициент затухания, листья.

Введение

Эффективность приспособления растений к ветровым нагрузкам определяет их целостность, сохранность и жизнеспособность. Комплекс биохимических, физиологических и морфологических изменений, направленных на увеличение механической устойчивости растения, называют тигмоморфогенез [1, 2]. Наиболее известным примером реакции растительного организма является увеличение диаметра основания и укорочение ствола или стебля. Величина нагрузки на ствол дерева зависит от площади кроны, обдуваемой ветром, т.е от наличия и количества листьев. Однако уменьшение площади листьев означает снижение интенсивности фотосинтеза и жизнеспособности растения, в связи с чем у древесных растений развиты механизмы временного изменения площади кроны за счет складывания листьев в кластеры или сворачивания в конус [3]. Такое «поведение» листьев проявляется при скорости ветра около 20 м/с, при меньших скоростях листья одних деревьев остаются относительно неподвижными, сохраняя эффективное для восприятия света положение, у других – легко отклоняются, создавая минимальную нагрузку на ветви. Очевидно, что листья с различным строением и биомеханикой оказывают неодинаковое влияние на динамические характеристики (частоту и затухание колебаний) растения при различном распределении вдоль ствола. В устойчивости дерева к ветровым нагрузкам частота колебаний ствола определяет возможность резонансного увеличения амплитуды раскачивания, которое может привести к выкорчевыванию или облому растения, а коэффициент затухания – эффективность рассеивания энергии колебаний [4]. В связи с этим целью работы было определить отличия влияния на параметры колебания листьев двух видов клена с различными размерами, морфологией и биомеханикой листьев.

Материал и методы исследования

Эксперименты проводили в дендрарии Донецкого ботанического сада НАН Украины на сеянцах интродуцированных клена серебристого *Acer saccharinum* L. и грузинского *A. ibericum* Bieb. Определение динамических характеристик проводили по Д. Селльеру и Т. Фурко [5] и М. Нецветову и В. Никулиной [6]. В ходе эксперимента растения подвергали последовательной дефолиации.

Результаты и обсуждение

***Acer saccharinum*.** Высота сеянцев варьировала в пределах 0,90-1,38 м; диаметр основания 0,6-1,1 см; масса листьев от 20 до 37 г (табл. 1). Распределение массы листьев вдоль стволов сеянцев 1 и 4 (рис. 1 а и г) неравномерно, листья размещались в нижних 2/3. У сеянцев 2, 3 и 5 распределение листьев более равномерно по всей высоте. На всех опытных растениях изучали частоту и затухание колебаний в облиственном состоянии и после полной дефолиации. На разных растениях листья удаляли частично на нижних 2/3 (сеянец 2), верхних 2/3 (сеянец 3), верхней и нижней 1/3 высоты (сеянец 4) (рис. 1 б, в, г).

Таблица 1

Высота *h*, диаметр основания *d* ствола, масса *m1* листьев и ствола *m2* сеянцев *A. saccharinum* L.

№ п/п	*h*, м	*d*, см	*m1*, г	*m2*, г
1	1,01	0,6	20,1	28,5
2	1,38	0,6	36,2	34,5
3	1,22	0,8	32,6	35,1
4	1,30	1,1	37	34,8
5	0,90	0,8	58	29,0

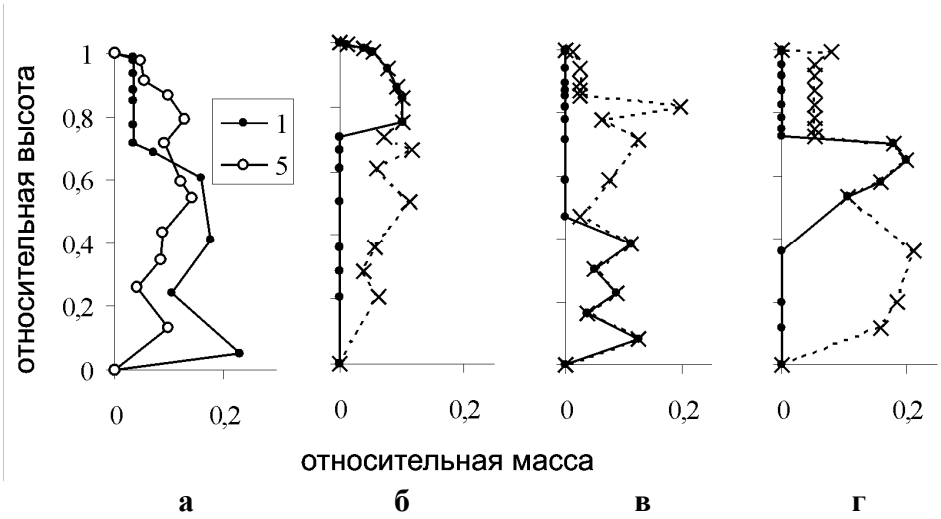


Рис. 1. Распределение массы листьев (*m*) по высоте стволов (*h)* сеянцев *A. saccharinum*: а – сеянцы № 1 и 5, б, в, г – сеянцы № 2, 3, 4 соответственно. Для сеянцев 2, 3, 4 пунктир – в интактном состоянии; сплошная – после частичной дефолиации. Масса и высота приведены в относительных единицах.

В облиственном состоянии сеянцы *A. saccharinum* совершали колебания с частотами 0,95-1,79 Гц, в среднем 1,23±0,339 Гц (табл. 2), то есть различия в частотах были существенными, что связано с вариацией размеров растений и массы листьев на них. Частоты колебаний с листьями в среднем составляли 38±2% от значений собственных частот колебаний растений без листьев. Близкое снижение частоты за счет листьев наблюдалось у сеянцев схожих размеров *A. platanoides* и *A. pseudoplatanus*: 37±6 и 44±9% соответственно, что более существенно по сравнению с *A. ibericum*.

Таблица 2

Частота (Гц) колебаний сеянцев *A. saccharinum*

№ п/п	С листьями	Без листьев	Отношение
1	1,05±0,254	2,98±0,063	0,35
2	0,95±0,011	2,45±0,074	0,39
3	1,05±0,052	2,58±0,066	0,41
4	1,29±0,028	3,36±0,024	0,38
5	1,79±0,423	4,59±0,195	0,39
среднее	1,23±0,339	3,19±0,859	0,38±0,020

При частичной дефолиации с сохранением листьев лишь в верхней 1/3 высоты ствола частота снижается более чем на 50% по сравнению с полностью облиственным состоянием (рис. 2 а). При сохранении листьев в средней трети растения частота составляет около 80%, а при сохранении листьев в нижней трети она незначительно выше, чем в облиственном состоянии. В интактном состоянии значение ξ в среднем было 0,201±0,0342, а после дефолиации – 0,062±0,0302 (табл. 3), то есть снизился до 30±9,7%. Таким образом, эффект листьев *A. saccharinum* в увеличении коэффициента затухания выше, чем у исследованных сеянцев *A. pseudoplatanus* (42±12%) и *A. ibericum* (47±7,5%), но ниже *A. platanoides* (22±8%). При одинаковых линейных размерах (длине центральной жилки) листовых пластинок их площадь ниже у *A. saccharinum*, чем у *A. saccharinum*. Можно предположить, что у первого была больше площадь проекции, испытывающей сопротивление воздуха при качании ствола.

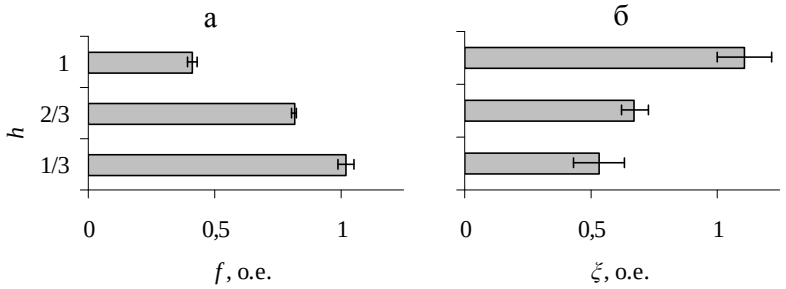


Рис. 2. Частота (а) и коэффициент затухания (б) колебаний сеянца *A. saccharinum* при сохранении листьев на различной высоте ствола.

Таблица 3

Коэффициент затухания колебаний сеянцев *A. saccharinum*

№ п/п	С листьями	Без листьев	Отношение
1	0,188±0,0201	0,054±0,0096	0,29
2	0,183±0,0128	0,041±0,0117	0,22
3	0,165±0,0186	0,052±0,0061	0,32
4	0,252±0,0094	0,115±0,014	0,46
5	0,218±0,0175	0,047±0,009	0,22
среднее	0,201±0,0342	0,062±0,0302	0,30±0,097

При частичной дефолиации с сохранением листьев лишь в верхней трети растения коэффициент затухания выше, чем в полностью облиственном состоянии (рис. 3 б). При сохранении листьев в средней трети растения частота составляет около 80%, а при сохранении листьев в нижней трети она незначительно выше, чем в облиственном состоянии. Этот эффект согласуется с данными, полученными на *A. platanoides* и *A. pseudoplatanus*, когда сохранение минимального количества листьев на верхушке растения в наибольшей мере увеличивало затухание колебаний [6]. Таким образом, для кленов с широкой листовой пластинкой, сравнительно жестко фиксированной на черешке, распределение листьев на дереве имеет решающее значение в затухании раскачиваний.

***Acer ibericum*.** Общие морфологические характеристики сеянцев *A. ibericum* представлены в табл. 4. Высота сеянцев варьировала от 0,68 до 1,09 м, масса листьев от 5,61 до 14,59 г. Листовые пластинки *A. ibericum* отличаются значительно меньшими размерами по сравнению с *A. saccharinum, A. platanoides* и *A. pseudoplatanus*. Как было показано выше, при наличии листьев на сеянцах их масса не имеет существенного значения в гашении и формировании частоты колебаний при условии сохранения листвы в верхней трети ствола. Поэтому в экспериментах с *A. ibericum* был проведен один эксперимент с частичной дефолиацией, когда на сеянце № 1 сохранялись листья в верхней трети. На остальных растениях исследовали параметры раскачивания в двух состояниях: интактном (полностью облиственном) и после полной дефолиации.

Таблица 4

Высота *h*, диаметр основания *d* ствола и масса *m1* листьев и стволов *m2* сеянцев *A. ibericum*

№ п/п	*h*, м	*d*, см	*m1*, г	*m1*, г
1	1,093	0,70	14,59	16,2
2	0,869	0,50	10,63	13,6
3	0,857	0,50	6,85	13,1
4	0,867	0,65	11,65	13,8
5	0,681	0,40	5,61	12,7

Распределение массы листьев вдоль ствола всех сенцев было похожим и отличалось от распределения, характерного для *A. platanoides* и *A. pseudoplatanus*, большей равномерностью (рис. 3). Можно отметить, что у сеянцев 3 и 5 относительно большая масса листьев находилась в нижней трети растения, а у сеянцев 1 и 2 максимальные значения относительной массы листьев соответствуют верхней части стволов.

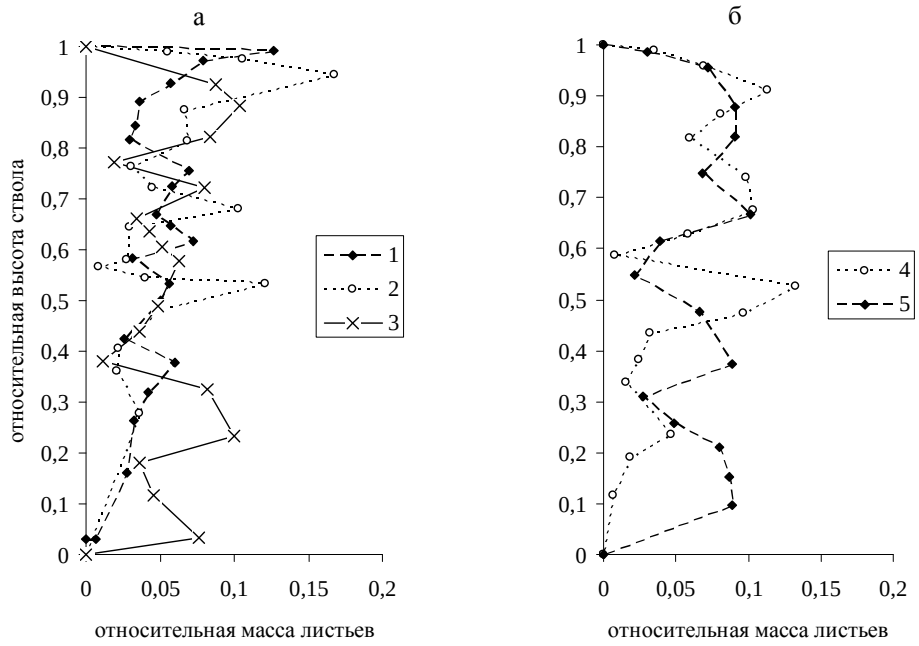


Рис. 3. Распределение массы листьев вдоль стволов сеянцев *A. ibericum.*

В интактном состоянии с листьями сеянцы совершали колебания с частотой в среднем 1,34±0,199 Гц. После полной дефолиации частоты выросли почти в 2 раза (P>0,99), среднее значение составило 2,53±0,349 (табл. 5). Частичная дефолиация сеянца 1, с сохранением листьев лишь в верхней 1/3 части растения, привела к увеличению собственной частоты колебаний ствола до 1,65±0,026, но не до уровня состояния без листьев. Жесткость стволов после дефолиации увеличилась в среднем в 7,0±0,41 раз, что выше, чем у *A. platanoides* и *A. pseudoplatanus*.

Таблица 5

Частота (Гц) колебаний сеянцев *A. ibericum*

№ п/п	С листьями	Без листьев	Отношение
1	1,10±0,022	2,19±0,029	0,51
2	1,17±0,041	2,25±0,071	0,52
3	1,37±0,054	2,47±0,085	0,55
4	1,44±0,033	2,71±0,048	0,53
5	1,60±0,034	3,04±0,186	0,53
среднее	1,34±0,199	2,53±0,349	0,53±0,016

Влияние листьев *A. ibericum* на затухание колебаний стволов проявилось в снижении коэффициента затухания со среднего 0,083±0,0204 до 0,038±0,0076 (табл. 6.). Таким образом, без листьев его значение составляет около 47±7,5% от интактного состояния. Частичная дефолиация сеянца 1 привела к существенному (P>0,99) снижению коэффициента затухания колебаний ствола. При этом оно оставалось выше, чем после удаления всех листьев, но отличия были статистически недостоверными. Из полученных данных ясно, что листья *A. ibericum* на верхушке дерева не являются настолько эффективными, как листья *A. platanoides* и *A. pseudoplatanus* с большими листовыми пластинками [6].

Таблица 6

Коэффициенты затухания колебаний сеянцев *A. ibericum*

№ п/п	С листьями	Без листьев	Отношение
1	0,119±0,0285	0,0498±0,0060	0,41
2	0,078±0,0113	0,045±0,0052	0,57
3	0,072±0,0058	0,035±0,0069	0,49
4	0,058±0,0053	0,031±0,0052	0,53
5	0,084±0,0064	0,031±0,0052	0,37
среднее	0,083±0,0204	0,038±0,0076	0,47±0,075

Здесь необходимо отметить, что при качании сеянца листья *A. ibericum* раскачиваются отличным от листьев *A. saccharinum, A. platanoides* и *A. pseudoplatanus* [6] образом. Если у последних видов листовые пластинки движутся вместе со стволом наподобие парашюта или паруса, то есть создают максимальное лобовое сопротивление воздуху, то у *A. ibericum* листья совершают трепещущие движения вокруг положения, в котором плоскость листовой пластинки расположена параллельно движению стебля или потока воздуха. При этом высокая жесткость листа *A. ibericum* препятствует изменению его формы. Тем не менее большое количество листьев на сеянце даже при таком механизме взаимодействия с воздушным потоком приводит к эффективному затуханию колебаний. В среднем коэффициент затухания после удаления всех листьев составил 47% от облиственного состояния. Для сравнения у *A. platanoides* после дефолиации он составил 22±7,7%, а у *A. pseudoplatanus* – 42±12%. Таким образом, адаптации листьев деревьев рода *Acer* к ветровым нагрузкам могут принципиально отличаться.

Подведем общий итог влияния листьев на параметры колебания исследованных видов кленов. Собственные частоты и коэффициент затухания колебаний сеянцев *A. saccharinum*, как и других кленов с широкими листовыми пластинками, существенно изменяются в зависимости от массы листьев и их распределения вдоль ствола. Для собственных частот колебаний характерно снижение их значений с увеличением массы листьев. Этот результат согласуется с другими экспериментальными работами [4, 5, 7]. Отсутствие значительных отличий в зависимостях $f(l)$ для листьев и после их замещения пластилиновыми сферами свидетельствует об отсутствии или весьма незначительном влиянии аэродинамического или структурного демпфирования на частоту колебаний [6]. Таким образом, основной физический механизм влияния листьев на частоту исследованных широколиственных кленов сводится к увеличению массы растения. Наибольший эффект массы листьев в снижении частоты наблюдается при их размещении на периферии, то есть на верхушке растения. Высота размещения листьев оказывает существенное влияние на эффективность аэродинамического демпфирования, поскольку сила трения воздуха и листовой пластинки увеличивается пропорционально квадрату скорости перемещения последней. Скорость, в свою очередь, увеличивается с удалением от основания ствола. Листья в нижней части увеличивают площадь кроны, которая оказывает сопротивление воздуху при раскачивании, но влияние их массы на снижение затухания оказывается более существенным. Наличие двойного эффекта листьев исследованных широколиственных кленов – как массы, снижающей демпфирование, и одновременно как аэродинамического демпфера – приводит к тому, что листва наиболее эффективно гасит колебания при ее малой общей массе, размещенной на верхушке дерева или ветви. У мелколистного *A. ibericum* этот эффект не выражен.

Выводы

1. Влияние листьев на динамические характеристики сеянцев рода клен *Acer* зависит от их морфологии, размеров и удаленности от основания ствола.

2. Наличие листьев на растениях снижает частоту колебаний и увеличивает коэффициент затухания колебаний.

3. У *A. saccharinum* с относительно большой площадью листовых пластинок наибольшее влияние на параметры колебания оказывают листья, размещенные на периферии растения. У мелколистного вида *A. ibericum* листовые пластинки оказывают меньшее сопротивление воздуху, их размещение на растении имеет меньшее значение.

4. Адаптации листьев деревьев рода *Acer* к ветровым нагрузкам могут принципиально отличаться: у видов с широкой листовой пластинкой развивается относительно жесткий черешок, у вида с мелкой и жесткой листовой пластинкой черешок более гибкий и подвижный, что снижает лобовое сопротивления листа при обтекании потоком воздуха.

Список литературы

1. *Jaffe M.* Thigmomorphogenesis: the response of growth and development to mechanical stimulation with special reference to *Bryonia dioica* / M. Jaffe // Planta. – 1973. – V. 114. – P. 143–157.

2. *Telewski F. W.* A unified hypothesis of mechanoperception in plants / F. W. Telewski // American Journal of Botany. – 2006. – V. 93. – P. 1466–1476.

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

4. *Sellier D.* A mechanical analysis of the relationship between free oscillations of *Pinus pinaster* Ait. saplings and their aerial architecture / D. Sellier, T. Fourcaud // J. Exp. Bot. – 2005. – Vol. 56, No. 416. – P. 1563–1573.

5. *Sellier D.* Crown structure and wood properties: influence on tree sway and response to high winds / D. Sellier, T. Fourcaud // American Journal of Botany. –2009. – V. 96. – P. 885–-896.

6. *Netsvetov M.* Oscillation damping by foliage of *Acer platanoides* L. saplings / M. Netsvetov, V. Nikulina // Forest Science. – 2009. – Vol. 42, No 2. – P. 21–30.

7. *Moore J. R.* Natural sway frequencies and damping ratios of trees: influence of crown structure / J. R. Moore, D. A. Maguir // Trees. – 2005. – V. 19. – P. 363–373.

Нецветов М. В., Корнієнко В. О. **Вплив листя на динамічні характеристики *Acer saccharinum* L. та *Acer ibericum* Bieb.** – Визначено вплив листя та його розташування на частоту й коефіцієнт згасання коливань у двох видів кленів: із широкою листовою пластинкою та жорстким черешком (*Acer saccharinum*) та вузькою пластинкою і гнучким черешком (*A. ibericum*). Показано, що ефективність зменшення частоти та зростання згасання коливань більшою мірою проявляється у *A. saccharinum*. На динамічні характеристики *A. saccharinum* впливають переважно листя, що розташоване у верхній третині рослини. У *A. ibericum* висота розташування листя має менше значення

Ключові слова: коливання, частота, коефіцієнт згасання, листя.

Netsvetov M. V., Kornienko V. O. **Leaves effect on dynamic characteristics of *Acer saccharinum* L. и *Acer ibericum* Bieb.** – The of leaves presence and distribution along main axis on oscillation frequency and damping ratio were examined. It is studied seedlings of two maple species with broad laminas and rigid petiole (*Acer saccharinum*) and small laminas and elastic petioles of leaves (*A. ibericum*). In *A. saccharinum* the frequency decreasing and damping ratio augmentation are more significant. In this maple value of dynamic characteristics changes strongly depend on the leaves distribution along stem. In *A. ibericum* the height of the stem is less significant.

Key words: oscillations, frequency, damping ratio, leaves.

УДК 577.3

© В. М. Шаталов[1], И. В. Нога[1], А. А. Зинченко[1], Н. Ф. Бункин[2]

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВЫХ НАНОПУЗЫРЬКОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЧИСТОЙ ВОДЫ

[1] *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*
[2] *Учреждение РАН Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН*
Российская Федерация, 11999, г. Москва, ул. Вавилова, 38
e-mail: vladishat@gmail.com

Шаталов В. М., Нога И. В., Зинченко А. А., Бункин Н. Ф. **Влияние газовых нанопузырьков на электропроводность чистой воды**. – Исследуется изменение физико-химических свойств чистой воды под действием слабых электромагнитных полей (ЭМП) в связи с поиском механизма их биологического действия. Предполагается, что первичной мишенью воздействия ЭМП на воду могут служить нанопузырьки из растворенного в воде воздуха, поляризация которых ускоряет их рост, коалесценцию и всплытие, что приводит к дегазации воды. Изменение физико-химических свойств воды (либо биожидкостей) при дегазации является причиной биологического действия ЭМП. Одним из таких эффектов является наблюдаемое изменение электрической проводимости чистой воды.

Ключевые слова: вода, электромагнитное поле, нанопузырьки, дегазация, проводимость.

Введение

Механизм нетеплового действия электромагнитных полей на живые организмы до сих пор неясен и активно обсуждается в научной литературе. Согласно [1] в последнее время в мире ежегодно публикуется несколько тысяч статей по биологическому действию электромагнитных полей. Такой интерес к этой нерешенной проблеме объясняется тем, что она связана со здоровьем людей, с экологической безопасностью проживания в пространстве, загрязненном невидимыми полями от неконтролируемых источников. С другой стороны, у этой проблемы имеется экономическая сторона – стоимость жилья или производственного помещения в значительной степени определяется экологической безопасностью этого места. Однако вопрос, насколько же вредно электромагнитное загрязнение, пока остается открытым из-за отсутствия обоснованной теории нетеплового действия ЭМП.

Согласно [2] первичной мишенью воздействия ЭМП на воду и биожидкости могут служить нанопузырьки из растворенного в воде воздуха, поляризация которых ускоряет их рост, коалесценцию и всплытие, что приводит к дегазации воды. Изменение физико-химических свойств воды (либо биожидкостей) при дегазации является причиной биологического действия ЭМП.

В обзорах [3, 4] сообщается о достоверном увеличении скорости оседания эритроцитов (СОЭ) *in vitro* под действием низкоинтенсивных электромагнитных полей (ЭМП) миллиметрового диапазона. Так, в работе [5] показано, что обработка крови ЭМП с частотой порядка 60 ГГц и потоком излучения порядка 10мкВт/см^2 в течение 30 минут приводит к увеличению СОЭ с 6 до 13мм/час, что приписывается увеличению степени агрегации эритроцитов. Однако рост агрегации неизбежно связан с увеличением вязкости крови [6], а этот фактор действует в противоположную сторону, в сторону уменьшения СОЭ. Этот парадокс можно разрешить, если принять гипотезу [2] о дегазирующем действии ЭПМ на воду и биожидкости. ЭМП дегазирует плазму и тем самым меняет объем микропузырьков воздуха, адсорбирующихся на эритроцитах, что сказывается на СОЭ [7].

Преимущества модели [2] по сравнению с другими теориями состоят в следующем. Во-первых, не нужны предположения о специфических устройствах и условиях для приема излучения, микропузырьки всегда имеются в жидкости, контактирующей с воздухом. Далее, нет «проблемы *kT*», поскольку поле взаимодействует с макрообъектом. И, наконец, поскольку биоэффекты от ЭМП сводятся к эффектам дегазации биожидкости, они могут изучаться независимо от воздействия ЭМП, что и делается в настоящей работе, предварительные результаты которой опубликованы в [8].

Объекты исследования

В силу сложности биологических систем на результаты экспериментов с ними влияет множество разных факторов, действие которых трудно учесть и воспроизвести. Как известно, человек на 80% состоит из воды. Может ли электромагнитное поле изменять свойства воды? Этой теме посвящено большое количество научных работ, но окончательный ответ пока не найден. В модели [2] первичными мишенями воздействия ЭМП являются микро- или нанопузырьки растворенного воздуха – поляризация и переменное давление, возникающие в электромагнитном поле, приводят к их росту. Накопление воздействия ЭМП происходит путем дегазации жидкости через рост, слияние и выход микропузырьков, что занимает часы или даже дни. Биологическое действие обусловлено известными изменениями физико-химических свойств жидкости после дегазации.

Переменное электромагнитное поле приводит к поляризации молекул жидкости, которая уменьшает внешнее воздействие в ε раз. В результате поле в жидкости будет в ε раз меньше, чем в воздушном пузырьке, где ε – диэлектрическая проницаемость жидкости (для воды ε = 80). А энергия поля в пузырьке будет в ε раз больше, чем в таком же объеме жидкости. Поскольку в природе всякая система стремится к минимуму энергии, то объем пузырька должен уменьшаться под действием этого дополнительного давления. В переменном поле давление будет переменным, и это может приводить к росту пузырьков. Рост пузырьков объясняется односторонней или выпрямленной диффузией при пульсации пузырька под действием переменного давления, создаваемого электромагнитным полем. Это явление хорошо известно в акустике [9]. При сжатии пузырька концентрация газа в нем увеличивается, и газ диффундирует из пузырька в жидкость, а при расширении – таким же образом возникает диффузионный поток в обратном направлении. Явление выпрямленной диффузии объясняется тем, что при расширении пузырька его поверхность больше, чем при сжатии, поэтому поток при расширении превышает поток при сжатии. Кроме того, диффузия газа в пузырек идет с большей скоростью вследствие большего градиента концентраций при расширении [9].

Дегазация жидкости, по сути, накапливает действие электромагнитного поля, поскольку при этом изменяются физико-химические свойства жидкости. Например, проводимость чистой воды увеличивается в несколько раз, а кислотность pH возрастает примерно на единицу после двухчасовой обработки в слабом электромагнитном поле с частотой 150 МГц [10]. Изменение физико-химических свойств чистой воды под действием слабых электромагнитных полей (ЭМП) представляет интерес в связи с поиском механизма биологического действия полей.

В [11] предложен механизм образования заряженных нанопузырьков – бабстонов (аббревиатура *bubbles, stabilized by ions)* за счет примесных ионов, которые присутствуют в малых концентрациях даже в чистой воде. При этом предполагается, что ионный раствор находится в термодинамическом равновесии с внешней газовой средой, находящейся при определенном давлении p и температуре T. Сам эффект стабилизации параметров таких пузырьков обусловлен адсорбцией на их поверхность ионов определенного типа (знака заряда), кулоновское расталкивание которых устойчиво компенсирует давление поверхностного натяжения $2\sigma / R$ (R – радиус пузырька, σ – коэффициент поверхностного натяжения). Сама возможность адсорбции иона на поверхности газового пузырька, находящегося в жидком растворе, казалось бы, обусловлена наличием силы притяжения на больших расстояниях между ионом и нейтральной микрочастицей (атомом или молекулой), как известно, равной $(-\beta q / 2r^4)$, где β – электронная поляризуемость нейтральной частицы, q – заряд иона, r – расстояние между ионом и частицей. В рассматриваемом случае следует полагать $r = (\delta_i + \delta_l)$, где $\delta_{i,l}$ – радиусы иона и молекул жидкости.

Энергия десорбции U_D существенно зависит от радиусов ионов (возрастает с уменьшением δ_i), что обусловливает их различную способность к адсорбции. Адсорбция

иона может быть стабильной только в том случае, когда отношение (U_D / kT) достаточно велико.

Механизм адсорбции ионов на поверхности пузырьков в воде

Поляризация. Однозарядный ион, находящийся в воде, поляризует воздушный пузырек. Может ли возникающее при этом кулоновское притяжение связать ион с пузырьком при комнатной температуре? Оценим вклад заряд-дипольного взаимодействия в энергию взаимодействия иона с пузырьком. Напряженность поля однозарядного иона

$$E_i = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_w r^2}, \qquad (1)$$

где e – элементарный заряд, ε_0 – электрическая постоянная, $\varepsilon_w \approx 80$ – диэлектрическая проницаемость воды, r – расстояние.

Наведенный дипольный момент пузырька

$$d = \frac{\varepsilon_g - \varepsilon_w}{\varepsilon_g + 2\varepsilon_w} a^3 \varepsilon_0 E_i, \qquad (2)$$

где $\varepsilon_g \approx 1$ – диэлектрическая проницаемость газа, a – радиус пузырька.

В формуле (1) диэлектрическая проницаемость воды ε_w не зависит от r на всем интервале значений r от a до ∞, что, вообще говоря, неправильно при малых r. Если в (1) совсем не учитывать экранирование, то отрицательная энергия взаимодействия будет в $\varepsilon_w^2 \approx 6400$ раз ниже. Заряд-дипольное взаимодействие дает основной вклад в энергию $U(r) = E_i \cdot d$ при $r \gg a$, однако нас больше интересует случай $r \approx a$, когда ион движется вблизи поверхности пузырька. Мерой устойчивости связи иона с пузырьком при комнатной температуре T=300K может служить отношение потенциальной энергии иона на поверхности $U(a) = U_D$ к средней кинетической энергии радиального движения $\frac{1}{2}kT$, где k – постоянная Больцмана. Легко убедиться, что для всех характерных размеров нанопузырьков (более 10nm) выигрыш в потенциальной энергии при «прилипании» иона к поляризованному пузырьку намного меньше $\frac{1}{2}kT$. Поэтому кулоновское взаимодействие не может быть причиной адсорбции, поскольку полная энергия иона всегда положительна, и связанное состояние не образуется. Косвенным подтверждением этого служит тот факт, что даже плоская поверхность раздела вода-воздух обычно заряжена, тогда как заряд-дипольное притяжение стремится к нулю при $a \to \infty$. Значит, причина адсорбции какая-то другая.

Поверхностная проводимость. Допустим, что пузырек обладает поверхностной проводимостью, которую обеспечивают либо адсорбированные ионы, либо «лишние» электроны, либо «дырки» (выяснение природы поверхностной проводимости – это отдельная задача). На такой проводящей сфере рассматриваемый ион индуцирует заряд изображения противоположного знака. Пренебрегая кривизной поверхности, можно оценить потенциальную энергию адсорбированного иона как кулоновское взаимодействие зарядов на расстоянии удвоенного ионного радиуса δ:

$$E_i = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_w (2\delta)^2} \qquad (3)$$

Эта величина по модулю равна средней кинетической энергией уже при δ=3,5Å, то есть такое взаимодействие вполне способно связать ион с поверхностью.

Кинетический эффект. Еще одной вероятной причиной зарядки поверхности может быть различие тепловых скоростей за счет разных масс у ионов разных знаков. Нечто подобное рассматривается в теории пылевой плазмы [12, 13] – низкотемпературной плазмы, содержащей микроскопические заряженные частицы. Легко усмотреть аналогию между пылевой плазмой и водой с пузырьками и ионами и попробовать использовать полученные результаты.

Температурная зависимость электропроводности

На рис. 1 приведены экспериментальные значения проводимости (пунктир), которые получены с помощью интерполяционных формул [14] на основе данных [15].

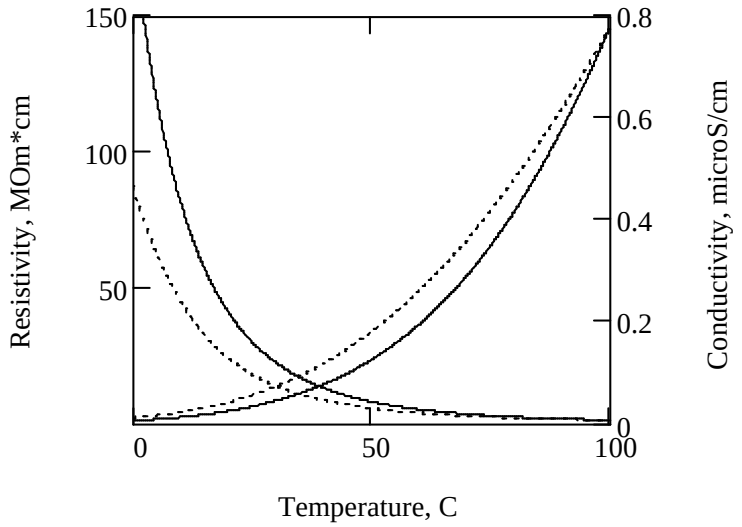


Рис. 1. Экспериментальные (точки) и теоретические (сплошные линии) зависимости удельного сопротивления и проводимости чистой воды от температуры.

Оценим вклад собственных ионов воды в температурную зависимость проводимости. Для этого сделаем следующие предположения. Пусть средняя скорость дрейфа ионов в электрическом поле определяется силой вязкого трения по Стоксу:

$$F_s = 6\pi\eta a_i v_i, \tag{4}$$

где η – динамическая вязкость воды, a_i и v_i – эффективный радиус и скорость иона. Кроме того, будем считать, что при температуре t = 100°C пузырьков нет, и основной вклад в проводимость дают собственные ионы воды.

$$\sigma(t) = \frac{2e^2 n_w(t)}{6\pi\eta(t) a_r}, \tag{5}$$

где a_r – средний обратный радиус ионов, определяемый равенством $\frac{2}{a_r} = \left(\frac{1}{a_{H^+}} + \frac{1}{a_{OH^-}}\right)$, n_w – концентрация ионов одного сорта. Как следует из (5), температурные зависимости вязкости и концентрации носителей определяют $\sigma(t)$. Зависимость $n_w(t)$ можно найти по экспериментальной температурной зависимости [16] показателя константы ионизации pK_w как $n_w = N_A 10^{-pH}$, где N_A – число Авогадро, pH = ½pK_w – водородный показатель. $pK_w = -\lg\left(\left[\mathrm{H^+}\right]\left[\mathrm{OH^-}\right]\right)$, где $\left[\mathrm{H^+}\right]$и$\left[\mathrm{OH^-}\right]$ – молярные концентрации гидронима и гидроксила. Экспериментальную температурную зависимость вязкости берем из [17]. Неизвестный параметр a_r находим по значению σ_e = 0,775μS/cm при t = 100°C, что дает вполне разумное значение a_r = 0,56Å, весьма близкое к боровскому радиусу. Подставляя концентрацию, вязкость и средний радиус в (5), получаем зависимость, изображенную сплошной линией на рис. 1. Как видно из рисунка, при t < 100°C экспериментальная кривая лежит выше теоретической, что допускает следующую интерпретацию:

а) при понижении температуры в воде растворяется воздух (можно попытаться найти эту зависимость), углекислота диссоциирует и дает дополнительные носители заряда;

б) формула Стокса неприменима для вычисления ионной проводимости;

в) условия, при которых получены экспериментальные данные [15], нуждаются в уточнении.

Выводы

Значение удельного сопротивления 0,8MΩ·cm, приведенное R. Pashley [17, 18] для дегазованной воды при t = 22°C, возможно, ошибочно, поскольку при этом из (5) получается неразумно малый ионный радиус a_r = 0,01Å, а экстраполяция проводимости до t = 100°C, где, как мы полагаем, имеет место дегазация, дает для значение 35,3μS/cm, намного превышающее вышеуказанное σ_e.

Наше предположение о том, что рост проводимости в дегазованной воде связан с уменьшением среднего радиуса и соответствующим увеличении подвижности носителей, нуждается в уточнении. Допустим, что отличие экспериментальной кривой $\sigma_e(t)$ от теоретической $\sigma(t)$ обусловлено вкладом каких-то примесных ионов – свободных либо адсорбированных на пузырьках. Очевидно, что этот вклад не может обращаться в ноль при t = 100°C, и расчет проводимости воды, учитывающий лишь собственные ионы, плохо согласуется с опытом.

В настоящей работе проанализированы вклады в температурную зависимость проводимости от собственных и примесных носителей заряда с учетом их адсорбции на воздушных нанопузырьках. Нанопузырьки, обладая меньшей подвижностью, изменяют соответствующие вклады. Ожидалось [8], что исчезновение таких ловушек при дегазации должно приводить к увеличению проводимости, что не всегда наблюдается на опыте. Таким образом, предположение о том, что рост проводимости в дегазованной воде связан с уменьшением среднего радиуса и соответствующим увеличением подвижности носителей, нуждается в уточнении.

Список литературы

1. *Бинги В. Н.* Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы / В. Н. Бинги, А. В. Савин // Успехи физ. наук (РАН). – 2003. – Т. 173, № 3. – С. 265–300.

2. *Шаталов В. М.* Дегазация биожидкостей как механизм биологического действия слабых электромагнитных полей / В. М. Шаталов // Біофізичний вісник. – 2009. – Вип. 23 (2). – С. 92–99.

3. *Логинов В. В.* Влияние электромагнитного излучения КВЧ на эритроциты человека (in vitro) / В. В. Логинов, В. Ф. Русяев, Е. Н. Туманянц // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 1 (13). – С. 1721–1725.

4. *Чуян Е. Н.* Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е. Н. Чуян, Н. А. Темурьянц, О. Б. Московчук и др. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.

5. *Рыбалко С. Ю.* Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ диапазона ускоряет СОЭ и изменяет агрегацию эритроцитов человека / С. Ю. Рыбалко, А. И. Кацев, Ю. А. Бисюк и др. // Таврический медико-биологический вестник. – 2002. – Т. 5, № 4. – С. 124–127.

6. *Киричук В. Ф.* Гемореология и электромагнитное излучение КВЧ диапазона / В. Ф. Киричук, Л. И. Малинова, А. П. Креницкий и др. – Саратов: Изд-во Саратовского мед. ун-та, 2003. – 188 с.

7. *Зинченко А. А.* Дегазация плазмы крови изменяет скорость оседания эритроцитов / А. А. Зинченко, В. М. Шаталов // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. – 2010. – Т. 23, № 4. – С. 95–102.

8. *Шаталов В. М.* Нанопузырьковая проводимость чистой воды / В. М. Шаталов, И. В. Нога, Н. Ф. Бункин // II Междунар. науч. конф. «Наноструктурные материалы – 2010» (19–22 октября 2010 г.). – ИМФ НАН Украины, 2010. – С. 705.

9. *Капустина О. А.* Дегазация жидкостей / О. А. Капустина // Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3. Физические основы ультразвуковой технологии / [Под ред. Л. Д. Розенберга]. – М.: Наука, 1970. – 689 с.

10. *Бессонова А. П.* Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики / А. П. Бессонова, И. Е. Стась // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 305–309.

11. *Bunkin N. F.* Nanoscale structure of dissolved air bubbles in water as studied by measuring the elements of the scattering matrix / N. F. Bunkin, N. V. Suyazov, A. V. Shkirin and all. // J. Chem. Phys. – 2009. – 130: 134308.

12. *Фортов В. Е.* Пылевая плазма / В. Е. Фортов, А. Г. Храпик, С. А. Храпик и др. // УФН. – 2005. – Т. 174, № 5. – С. 495-544.

13. *Morfill E. G.* Complex plasmas: An interdisciplinary research field / E. G. Morfill, A. V. Ivlev // Reviews of modern physics. – 2009. – V. 81. – P. 1353–1404.

14. The International Association for the Properties of Water and Steam, Electrolytic conductivity (specific conductance) of liquid and dense supercritical water from 0°C to 800°C and pressures up to 1000MPa, 1990, available from: http://www.iapws.org

15. *Marshall W. L.* Electrical Conductance of Liquid and Supercritical Water Evaluated from 0°C and 0,1MPa to High Temperature and Pressures. Reduced State Relationships / W. L. Marshall // J. Chem. Eng. Data. – 1987. – V. 32. – P. 221–226.

16. The International Association for the Properties of Water and Steam, Release on the Ionization Constant of H_2O. – 2007, available from: http://www.iapws.org

17. The International Association for the Properties of Water and Steam Release on the IAPWS Formulation 2008 for the Viscosity of Ordinary Water Substance. – 2008, available from: http://www.iapws.org.

18. *Pashley R. M.* De-Gassed Water Is a Better Cleaning Agent / R. M. Pashley, M. Rzechowicz, L. R. Pashley, M. J. Francis // J. Phys. Chem. B. – 2005. – V. 109. – P. 1231–1238.

19. *Pashley R. M.* The hydrophobicity of non-aqueous liquids and their dispersion in water under de-gassed conditions / R. M. Pashley, M. J. Francis, M. Rzechowicz // Curr. Opin. Colloid Interface Sci. – 2008. – P. 236–244.

Шаталов В. М., Нога І. В., Зінченко А. О., Бункин Н. Ф. **Вплив газових нанобульбашок на електропровідність чистої води**. – Досліджується зміна фізико-хімічних властивостей чистої води під дією слабких електромагнітних полів (ЕМП) у зв'язку з пошуком механізму їх біологічної дії. Передбачається, що первинною мішенню впливу ЕМП на воду можуть слугувати нанобульбашкі з розчиненого у воді повітря, поляризація яких прискорює їх зростання, коалесценції і спливання, що призводить до дегазації води. Зміна фізико-хімічних властивостей води (або біорідин) при дегазації є причиною біологічної дії ЕМП. Одним з таких ефектів є спостережувана зміна електричної провідності чистої води.

Ключові слова: вода, електромагнітне поле, нанобульбашкі, дегазація, провідність.

Shatalov V. M., Noga I. V., Zinchenko A. A., Bunkin N. F. **Gas nanobubbles effect on electrical conductivity of pure water**. – The changing of physical and chemical properties of pure water under exposure in weak electromagnetic fields (EMF) is explored to search for a mechanism of their biological action. It is assumed that the primary target of EMF impact on water can be nanobubbles of dissolved air, whose polarization accelerates their growth, coalescence and output from water that leads to the degassing of water. Changes in the physical and chemical properties of water (or bioliquid) under degassing causes biological effects of EMF. One such effect is the observed change in the electrical conductivity of pure water.

Key words: water, electromagnetic field, nanobubbles, degassing, conductivity.

УДК 599.323.4.089.843.47+616.516.5-031.81].084.1

© І. В. Кокіна, М. І. Тарапата, Д. Ю. Кустов

ПОВЕДІНКОВІ РЕАКЦІЇ ЩУРІВ З МОДЕЛЛЮ АТОПІЧНОГО ДЕРМАТИТУ ДО ТА ПІСЛЯ ТРАНСПЛАНТАЦІЇ ЕМБРІОНАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН

Донецький національний медичний університет ім. М. Горького
83003, м. Донецьк, пр. Ілліча, 16; e-mail: physiolog@mail.ru

Кокіна І. В., Тарапата М. І., Кустов Д. Ю. **Поведінкові реакції щурів з моделлю атопічного дерматиту до та після трансплантації ембріональних стовбурових клітин.** – Статтю присвячено дослідженню змін грумінгу та загальної рухової активності у щурів з експериментальним захворюванням, подібним до атопічного дерматиту людини. На підставі одержаних результатів зроблено висновок про суттєвий вплив моделі атопічного дерматиту на поведінку і можливість корекції виявлених порушень за допомогою трансплантації ембріональних стовбурових клітин, що демонструє доцільність використання цих поведінкових тестів в оцінюванні загальної тяжкості експериментального дерматиту та перспективність подальшого вивчення механізмів дії такого трансплантату з метою оптимізації методик його застосування.

Ключові слова: грумінг, рухова активність, атопічний дерматит, стовбурові клітини.

Вступ

Розвиток хімічного виробництва в Україні за недостатньої ефективності заходів екологічної безпеки призводить до погіршення стану здоров'я не тільки серед робітників хімічних підприємств, але й серед населення промислових зон та екокризових регіонів, зокрема Донбасу. При цьому чільне місце в структурі захворюваності посідають різноманітні алергодерматози, насамперед атопічний дерматит (АД), а також токсикодермії, екземи та алергічні дерматити, спричинені дією техногенних полютантів, які нерідко є рефрактерними до традційної комплексної терапії та чинять істотний вплив на стан центральної нервової системи. Тому розробка ефективних методів лікування такої патології залишається актуальною задачею сучасної медичної науки.

Одним з провідних синдромів у патогенезі атопічного дерматиту є синдром нейрогуморальної дизрегуляції [1], що містить у собі й порушення функцій ендокринних структур, які спостерігаються в маніфестній або латентній формі в значної частини хворих. Існуючі дані про напрям і ступінь нейрогуморальної дисфункції у хворих на атопічний дерматит різних форм і стадій, так само, як і про патогенетично обґрунтовані методи її корекції, є дещо фрагментарними і мають суперечливий характер [2-4].

Слід зауважити, що існує атопічний дерматит собак, кішок, мавп, рогатої худоби, гризунів [5], за багатьма ознаками подібний до атопічного дерматиту людини, і подеколи спонтанний атопічний дерматит у тварин розглядається як модель АД людини [6]. Незважаючи на існування безлічі варіантів моделювання атопічного дерматиту та інших алергічних дерматозів на тваринах [7], триває пошук нових способів, відмінних від вже існуючих ще більшою подібністю до алергодерматозів людини за достатньої відтворності й доступності. Складність і велика вартість застосування високих технологій (таких, як створення ліній трансгенних, нокаутних мишей або щурів зі схильністю до спонтанного або індукованого розвитку захворювання, подібного до атопічного дерматиту людини) для ефективного моделювання атопічного дерматиту на тваринах гальмує експериментальне відпрацьовування нових методів лікування цієї патології. При цьому експериментальні хронічні алергічні дерматити щурів та мишей, створені із застосуванням типових техногенних полютантів – галогенізованих похідних бензолу, вважаються багатьма авторами релевантними моделями АД для патофізіологічних та фармакологічних досліджень [7, 8].

У сучасній літературі відсутні дані щодо вивчення змін поведінки на прикладі грумінгових тестів як індикатора загального комфорту й вираженості свербіння в дослідних тварин з моделлю АД до та після застосування ембріональних стовбурових клітин (ЕСК) для корекції цього стану. Тому створення адекватної експериментальної моделі АД, зіставлення стану окремих ланок системи нейрогуморальної регуляції (поведінкові реакції, імунологічний та ендокринний статус) з морфологічними змінами шкіри до та після трансплантації ЕСК дозволить поглибити уявлення про патогенетичну роль синдрому

нейрогуморальної дизрегуляції при АД, можливі механізми дії ЕСК, а також розробити нові ефективні підходи до тактики і стратегії профілактики та лікування цієї групи захворювань, насамперед АД й хронічного алергічного дерматиту, спричиненого дією шкідливих чинників промислового походження.

У нашому дослідженні вивчались зміни грумінгу й загальної рухової активності щурів з моделлю АД до та після корекції експериментального захворювання трансплантацією ЕСК.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проводились у лабораторії клінічної і прикладної нейрофізіології ДонНМУ на 90 самцях безпорідних білих щурів масою від 180 до 300 грамів, випадковим чином розподілених на 3 групи по 30 особин у кожній: інтактну та 2 експериментальні групи з АД, змодельованим за методикою H. Yamashita et al. [9] у власній модифікації, що передбачає повторне нанесення на шкіру розчину 2,4,6-тринітрохлорбензолу (ТНХБ або пікрилхлориду) – речовини, яка широко використовується в хімічній промисловості при виробництві барвників та вибухівки тощо. Окрім того, тваринам другої експериментальної групи здійснювали корекцію АД на 30 добу розвитку захворювання шляхом одноразової внутрішньовенної трансплантації ЕСК, вилучених з кордової крові.

Спостереження за грумінгом – реакціями самоочищення поверхні тіла – проводили на 40-45 день від початку експеримента в різний час протягом цілої доби. Для реєстрації показників грумінгу щурів поміщали до біоритмокамери. Перші 15 хвилин відводились для адаптації до умов камери, після чого протягом подальших 15 хвилин проводилось візуальне спостереження з підрахунком 4-х різних видів спонтанних рухів очищення шкіри (умивання, лизання, чухання і обтрушування) [10]. Один рух самоочищення приймався за один елементарний грумінговий акт (е.г.а.). Крім того, в якості додаткових показників визначали загальну кількість рухів самоочищення і загальний час, що тварина витрачає на грумінг за період спостереження, обчислювали інтенсивність грумінгу та відсоток часу грумінгу [11].

Фіксувалась також загальна рухова активність (ЗРА), тобто час переміщення по клітці, виражений в процентному відношенні до загального часу спостереження.

Аналіз результатів досліджень проводили у середовищі пакетів статистичного аналізу MedStat і Statistica.

Для обробки даних застосовувались методи описової статистики, обчислювались значення середнього арифметичного ($x_{ср}$) і довірчого інтервалу (ДІ) за α=0,05. Коли розподіл ознак не відрізнявся від нормального, для порівняння середніх використовувався критерій Даннета, якщо ж розподіл відрізнявся від нормального, – критерій Краскела-Уолліса.

Результати та їх обговорення

Проведені дослідження продемонстрували суттєвий вплив як АД, так і його трансплантаційної корекції на показники грумінгу та ЗРА у щурів (табл. 1).

Таблиця 1

Основні грумінгові показники у щурів різних експериментальних груп

Групи	Показники грумінгу				
	умивання, е.г.а.	лизання, е.г.а.	чухання, е.г.а.	обтрушування, е.г.а.	час, с
Інтактні	11,80±1,28*	7,50±0,93	6,13±0,88*	3,30±0,64	147,83±1,56*
АД-модель	8,20±0,60	6,60±0,52	15,70±1,15	3,20±0,61	197,97±1,58
АД+СК	11,47±0,89*	6,87±0,61	5,50±0,75*	3,27±0,55	142,33±7,26*

Примітка. * – $p \leq 0,05$ при порівнянні з тваринами зі змодельованим атопічним дерматитом.

Як видно з табл. 1, у тварин з експериментальним дерматитом спостерігається зниження вмивальної активності на тлі значного підвищення кількості е.г.а. чухання та часу грумінгу порівняно з інтактними особинами. Після трансплантації ЕСК ці зміни поведінкових показників зазнавали зворотного розвитку і практично сягали нормального рівня. Загальна кількість грумінгових актів за період спостереження при АД збільшувалась до (33,70±1,11) е.г.а., тоді як трансплантаційна корекція зменшувала її до (27,10±1,59) е.г.а., наближаючи до встановленої норми ((28,73±2,07) е.г.а.).

На рис. 1 наведено зміни інтегративних показників грумінгу (інтенсивності та відсотку часу грумінгу), а також ЗРА у щурів. Інтенсивність грумінгу, яка складала (20,07±1,49)% в інтактних тварин, при розвитку АД знижувалась до (17,56±0,91)%, а після трансплантації ЕСК відновлювалась до (19,38±0,81)%. Відсоток часу грумінгу в інтактних особин становив (16,43±0,68)%; у щурів зі змодельованим АД він збільшувався до (22,00±0,69)%, а при трансплантаційній корекції зменшувався до (15,81±0,81)%. ЗРА при експериментальному дерматиті значно підвищувалась у порівнянні з нормою ((3,89±0,35)%) і дорівнювала (9,77±0,91)%; трансплантація ЕСК дещо знижувала цей показник – до (7,41±0,64)%, що все ж таки було вірогідно вище рівня інтактних тварин.

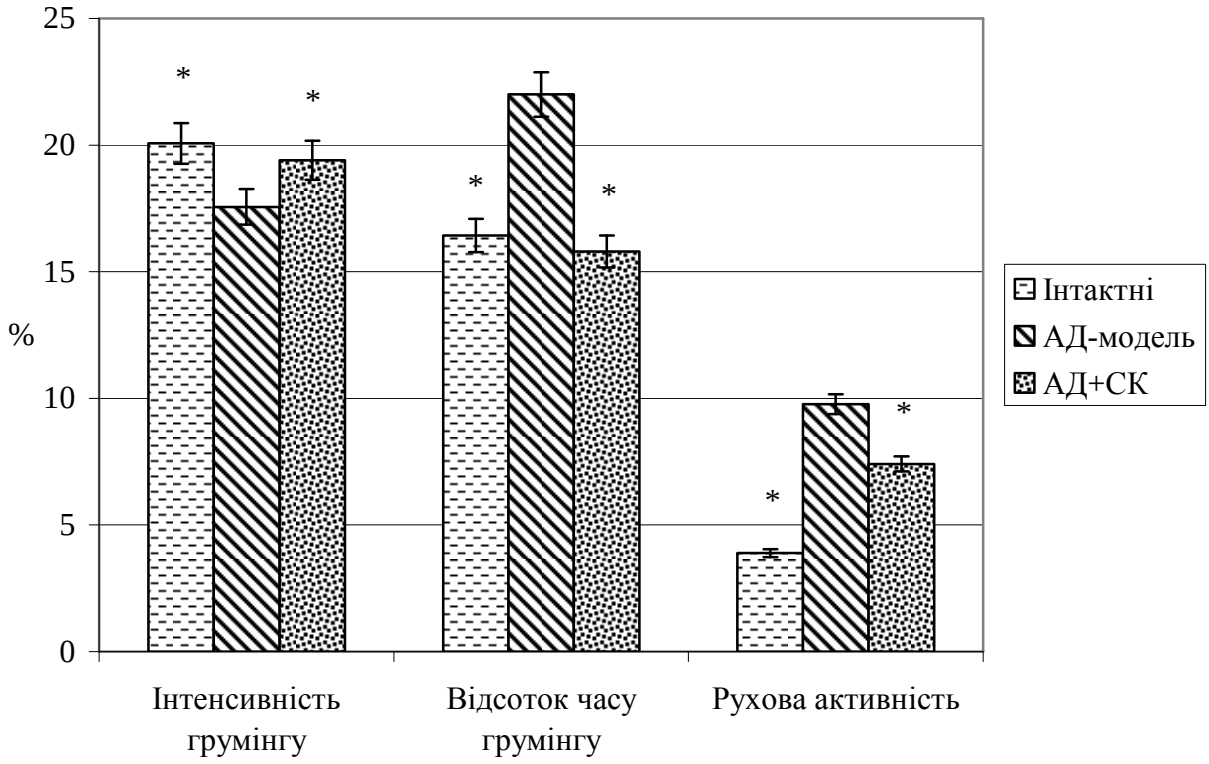


Рис. 1. Зміна інтегративних показників грумінгу (інтенсивності та відсотка часу грумінгу), а також показника загальної рухової активності в інтактних щурів та тварин з моделлю атопічного дерматиту.

Примітка. * – $p \leq 0,05$ при порівнянні з інтактними щурами.

Із вищенаведених спостережень можна дійти висновку про наявність впливу на поведінку щурів як моделювання АД, так і його трансплантаційної корекції за допомогою ЕСК. Так, притаманні експериментальному дерматиту зміни у вигляді підвищеної загальної грумінгової активності зі значним переважанням чухальних реакцій, а також посилення ЗРА коригувались, зі значним наближенням до фізіологічної норми, трансплантацією ЕСК.

Виявлена нами здатність ЕСК наближати показники грумінгу та ЗРА у тварин з моделлю АД до фізіологічної норми, що відображає повернення до стану комфорту, може мати декілька механізмів. Нещодавно було повідомлено про можливу роль мікроглії

кістковомозкового походження не тільки в здійсненні імунологічного нагляду у ЦНС, але й в модуляції нейрональної активності. Так, показано, що в нормі мігруючі мікрогліоцити, які експресують типовий «кістковомозковий» ген Hoxb8, у головному мозку затримуються в безпосередній близькості лише до активних синапсів, тоді як неактивні синапси не викликають такої «зацікавленості». За умов як генетично зумовленої, так і набутої дисфункції саме імунної системи, мікроглія може не впоратись із цією функцією, і нейрональна активність набуває патологічних рис. Подібний механізм розвитку психічних відхилень різного рівня зараз отримує все більше підтверджень у наукових дослідженнях: простежується зв'язок депресії, аутизму, хвороби Альцгеймера, обсесивно-компульсивних розладів, шизофренії з імунодефіцитами й генами, залученими до функції імунної системи. З еволюційної точки зору, логічним з'являється припущення про прямий зв'язок такого різновиду поведінки, як грумінг, метою якого є зменшення кількості можливих патогенів на поверхні тіла, з реакціями природженого та набутого імунітету, спрямованими на елімінацю патогенів [12].

Постійно накопичуються дані про виникнення аберантних форм поведінки, в тому числі – патологічного грумінгу, у тварин з певними генетичними особливостями, наприклад, у мишей з мутацією гена Hoxb8, схильних до надзвичайно високої чухальної активності, яка призводить до утворення вогнищ облисіння внаслідок розчухування шкіри, що дуже нагадує патерни поведінки людей з розладами обсесивно-компульсивного спектру, характерними для АД на стадії нейродерміту. Означені зміни поведінки у Hoxb8-мутантних або нокаутних мишей повністю зникають після трансплантації гемопоетичних стовбурових клітин (ГСК) від мишей дикого типу, що дає підстави для висновку про ключову роль певних генів, що зазвичай експресуються у ГСК, також у регуляції імунних реакцій та нейрональної активності [13].

Виявлені в експериментах на тваринах тенденції знаходять підтвердження в медичній практиці: у 2005 році H. Koharazawa зі співавт. [14] повідомили про неочікуваний ефект трансплантації алогенних гемопоетичних СК чоловікові, хворому на лейкоз: усі клінічні прояви і типові лабораторні ознаки тяжкого резистентного АД після трансплантації спонтанно зникли і протягом тривалого часу спостереження не поновлювались.

Таким чином, подальші розробки в галузі трансплантації ЕСК для корекції АД, особливо в поєднанні з іншими фізіологічно обґрунтованими засобами, слід визнати перспективними. Також доцільними виявляються й поглиблені дослідження, спрямовані на роз'яснення всієї сукупності можливих механізмів впливу трансплантованих ЕСК як на організм реципієнта в цілому, так і на окремі фізіологічні системи.

Висновки

1. У щурів з моделлю атопічного дерматиту спостерігаються виражені зміни грумінгової та загальної рухової активності, які відповідають порушенню стану комфорту та відновлюються після трансплантації ембріональних стовбурових клітин.

2. Поведінкові тести з урахуванням змін структури патернів грумінгу є релевантним комплексним критерієм оцінки перебігу змодельованого атопічного дерматиту та ефективності його корекції.

3. Трансплантація ембріональних стовбурових клітин є перспективним напрямом корекції атопічного дерматиту, тому потребує подальшого вивчення і розробки протоколів її застосування.

Список літератури

1. *Зяблицев С. В.*. Синдромы атопической болезни / С. В. Зяблицев, Е. А. Бочарова. – Донецк: Новый мир, 2008. – 260 с.

2. *Fitzpatrick L. A.* The hypocalcemic states. Disorders of Bone and Mineral Metabolism / L. A. Fitzpatrick. – Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA, 2002. – 722 p.

3. Guidelines of care for atopic dermatitis / [J. M. Hanifin, K. D. Cooper, V. C. Ho, S. Kang, B. R. Krafchik, D. J. Margolis, L. A. Schachner, R. Sidbury, S. E. Whitmore, C. K. Sieck, A. S. Van Voorhees] // J. Am. Acad. Dermatol. – 2004. – Vol. 50 (3). – P. 391–404.

4. *Болотная Л. А.* Современные патогенетические аспекты атопического дерматита / *Л. А. Болотная, Ю. В. Королько* // Дерматология. Косметология. Сексопатология. – 2004. – № 3–4 (7). – С. 187–191.

5. *Медведєв К. С.* Атопический дерматит у собак: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.05 / К. С. Медведєв. – Біла Церква, 2000. – 18 с.

6. *Hillier A.* Spontaneous canine model of atopic dermatitis / A. Hillier, T. Olivry // In: Chan L. S., ed. Animal models of human inflammatory skin diseases. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. – P. 353–369.

7. Repeated Topical Challenge with Chemical Antigen Elicits Sustained Dermatitis in NC/Nga Mice in Specific-Pathogen-Free Condition / [Y. Tomimori, Y. Tanaka, M. Goto, Y. Fukuda] // Journal of Investigative Dermatology. – 2005. – Vol. 124. – P. 119–124.

8. Characterization of a 2,4-Dinitrochlorobenzene-Induced Chronic Dermatitis Model in Rats / [Y. Fujii, H. Takeuchi, S. Sakuma, T. Sengoku, S. Takakura] // Skin Pharmacol. Physiol. – 2009. – № 22. – P. 240–247.

9. Pharmacological characterization of a chronic pruritus model induced by multiple application of 2,4,6-trinitrochlorobenzene in NC mice / [H. Yamashita, T. Makino, H. Mizukami, M. Nose] // European Journal of Pharmacology. – 2007. – Vol. 563, Iss. 1–3. – P. 233–239.

10. *Свидерская Г. Е.* Развитие груминга в онтогенезе крыс и мышей / Г. Е. Свидерская, Л. Е. Дмитриева // Журн. эвол. биохимии и физиологии. – 1993. – Т. 29, №4. – С. 36–39.

11. Патент № 16150, UA. МКВ: A61B5/00. Спосіб оцінки стану організму тварини. Кустов Д. Ю., Ракша-Слюсарева О. А., Слюсарев О. А., Друпп Ю. Г. Заява № u200602422 від 06.03.2006. Друк. 17.07.2006. Бюл. № 7.

12. Hematopoietic Origin of Pathological Grooming in Hoxb8 Mutant Mice / [Shau-Kwaun Chen, P. Tvrdik, E. Peden, S. Cho, Sen Wu, G. Spangrude, M. R. Capecchi] // Cell. – 2010. – Vol. 141, Iss. 5. – P. 775–785.

13. *Hyman Steven E.* A Bone to Pick with Compulsive Behavior / Steven E. Hyman // Cell. – 2010. – Vol. 141, Iss. 5. – P. 752–754.

14. Resolution of atopic dermatitis following allogeneic bone marrow transplantation for chronic myelogenous leukemia / [H. Koharazawa, H. Kanamori, M. Takabayashi, S. Yamaji, J. Taguchi, K. Fujimaki, Y. Ishigatsubo] // Bone Marrow Transplantation. – 2005. – № 35. – P. 1223–1224.

Кокина И. В., Тарапата Н. И., Кустов Д. Ю. **Поведенческие реакции крыс с моделью атопического дерматита до и после трансплантации эмбриональных стволовых клеток.** – Статья посвящена изучению изменений груминга и общей двигательной активности у крыс с экспериментальным заболеванием, подобным атопическому дерматиту человека. На основании полученных результатов сделан вывод о существенном влиянии модели атопического дерматита на поведение и возможности коррекции выявленных нарушений с помощью трансплантации эмбриональных стволовых клеток, что демонстрирует целесообразность применения этих поведенческих тестов в оценке общей тяжести экспериментального дерматита и перспективность дальнейшего изучения механизмов действия такого трансплантата с целью оптимизации методик его использования.

Ключевые слова: груминг, двигательная активность, атопический дерматит, стволовые клетки.

Kokina I. V., Tarapata M. I., Kustov D. Yu. **Behavioral reactions in rats with atopic dermatitis model prior to and after embryonic stem cell transplantation.** – The article describes grooming and general motor activity changes in rats with an experimental disease similar to human atopic dermatitis. The results obtained let us draw the conclusion of significant influence of atopic dermatitis model on behavior and the possibility of its correction by embryonic stem cell transplantation. Thus, the relevance of these behavioral tests for experimental dermatitis general severity estimation is demonstrated as well as the expedience of further investigation of the transplant action mechanisms in order to optimize its using techniques.

Key words: grooming, motor activity, atopic dermatitis, stem cells.

УДК 616.72-002.77+599.323.4].085

© Д. Ю. Кустов, П. Я. Кравцов, І. В. Кокіна, Н. В. Сюсюк

ГРУМІНГОВА АКТИВНІСТЬ САМЦІВ БІЛИХ ЩУРІВ З МОДЕЛЛЮ РЕВМАТОЇДНОГО АРТРИТУ

Донецький національний медичний університет ім. М. Горького
83003, м. Донецьк, пр. Ілліча, 16; e-mail: physiolog@mail.ru

Кустов Д. Ю., Кравцов П. Я., Кокіна І. В., Сюсюк Н. В. **Грумінгова активність самців білих щурів з моделлю ревматоїдного артриту.** – Стаття присвячена дослідженню грумінгової поведінки у щурів після моделювання ревматоїдного артриту. На підгрунті отриманих результатів було зроблено висновки про суттєве зниження грумінгової і взагалі рухової активності у щурів з моделлю ревматоїдного артриту, що дає можливість запропонувати ці поведінкові тести для оцінки вираженості та перебігу системних аутоімунних розладів.

Ключові слова: грумінг, ревматоїдний артрит.

Вступ

Погіршення екологічних умов у техногенних зонах, зокрема в Донбасі, підвищення радіаційного фону в шахтарських регіонах та Україні в цілому призводять до дисбалансу в нейроімуноендокринній системі, зокрема її імунній ланці. Одним з клінічних проявів цього дисбалансу є ревматоїдний артрит (РА) – хронічне аутоімунне системне запальне захворювання сполучної тканини з переважним пошкодженням суглобів за типом ерозивно-деструктивного прогресивного поліартриту [1]. Поширеність РА в промислово розвинених країнах досягає 2% від загальної чисельності населення [2, 3], що робить украй важливим всебічне дослідження цієї патології.

Серед мешканців України на РА хворіє понад один відсоток населення, переважно жіночої статі. Незважаючи на значну кількість теорій етіопатогенезу, жодна з них не отримала загального визнання, що відповідно зумовлює й відсутність ефективних та безпечних засобів базисного лікування. При цьому загальноприйнята терапія, яка передбачає довгострокове призначення гормонів, з одного боку, не попереджує віддалених наслідків захворювання, а з іншого – сама по собі призводить до припинення роботи власних наднирників реципієнта, стає причиною розвитку вторинної недостатності системи імунітету, ендокринопатій, а в майбутньому – остеопорозу та гормональної залежності (формуванню вторинної наднирникової недостатності). Для компенсації вторинної наднирникової недостатності перспективним є включення до комплексу лікування трансплантації культур наднирників [4-6].

Доведено, що в основі патогенезу РА лежать аутоімунні процеси. Це зареєстровано морфологічно та виражається змінами місцевого імунітету в суглобах, де реєструється інфільтрація синовіальної оболонки Т-лімфоцитами CD4+, плазматичними клітинами, макрофагами. Інколи у хворих на РА в крові виявлялись аутоантитіла до ДНК, ядер клітин, формених елементів крові, колагену II типу та ін. Ознаки імунного запалення виявляються і в крові хворих на РА. За даними багатьох досліджень це виявляється збільшенням вмісту субпопуляції Т-лімфоцитів хелперів, дефіцитом Т-лімфоцитів супресорів, збільшенням рівня циркулюючих імунних комплексів [7-9]. На противагу цьому останнім часом з’явилися публікації щодо розвитку недостатності системи імунітету в разі аутоімунного процесу у хворих на РА [10].

При розвитку РА можливі значні розлади в роботі центральної нервової системи (ЦНС). Таким чином, перспективним є вивчення механизмів впливу РА на ЦНС, а також пошук інформативних критеріїв оцінки перебігу РА.

Грумінг – це складний комплекс поведінкових реакцій, спрямованих на очищення шкіри тварини, який складається з моторного та психічного компонентів. Тому можливо припустити, що РА призводитиме до його суттєвих змін. Виходячи з цього, за мету даної роботи було поставлене дослідження грумінгу у щурів зі змодельованим РА.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проводились у лабораторії клінічної і прикладної нейрофізіології ДонНМУ на 20 самцях безпорідних білих щурів масою від 180 до 300 г, випадковим чином розподілених на експериментальну та контрольну групи по 10 особин у кожній.

Моделювання РА здійснювали за методикою Ikuo Kato [11] у власній модифікації із застосуванням бичачого сироваточного альбуміну (БСА) та пікрилхлориду.

Спостереження за реакціями самоочищення проводили в різний час протягом всієї доби на 30 день експерименту. Для реєстрації показників грумінгу щурів поміщали до біоритмокамери розробки лабораторії «Клінічної і прикладної нейрофізіології» ДонНМУ сумісно з ТОВ «Медтехприбор». Перші 15 хвилин відводились для адаптації до умов камери, після чого протягом подальших 15 хвилин проводили візуальне спостереження і підрахунок 4-х різних видів спонтанних рухів очищення шкіри (умивання, лизання, чухання і обтрушування) [12]. Крім того, ми фіксували загальну кількість рухів самоочищення і загальний час, що тварина витрачає на грумінг за період спостереження, обчислювали інтенсивність грумінгу та відсоток часу грумінгу як додаткові показники [13]. Один рух самоочищення приймався за один елементарний грумінговий акт (е.г.а.).

Фіксувалась також загальна рухова активність (тобто переміщення по клітці) щурів, яка була виражена в процентному відношенні до загального часу спостереження.

Аналіз результатів спостережень проводили у середовищі пакетів статистичного аналізу MedStat і Statistica.

Для обробки даних, отриманих у процесі дослідження, застосовувались методи описової статистики, обчислювались значення середнього арифметичного ($x_{ср}$) і довірчого інтервалу (ДІ) за α=0,05. Коли розподіл ознак не відрізнявся від нормального, для порівняння середніх використовувався критерій Стьюдента, якщо ж розподіл відрізнявся від нормального, – критерій Вілкоксона.

Результати та їх обговорення

У таблиці наведено дані щодо елементарних компонентів грумінгу та загального часу, який тварини витрачають на грумінг за період спостереження (табл. 1).

Таблиця 1

Основні грумінгові показники у щурів різних експериментальних груп

Групи	Показники грумінгу				
	умивання, е.г.а.	лизання, е.г.а.	чухання, е.г.а.	обтрушування, е.г.а.	час, с
Інтактні	9,20±0,30	7,50±0,20	6,80±0,19	5,00±0,15	160,27±3,08
РА-модель	4,50±0,15*	3,77±0,12*	5,80±0,13	2,30±0,11*	76,33±1,44*

Примітка. * – $p \leq 0,05$ при порівнянні з інтактними тваринами.

Як бачимо, у щурів з моделлю РА вірогідно знижувались кількість актів умивання, лизання та обтрушування, а також час грумінгу. При цьому чухальна активність істотних змін не зазнавала. Підраховуючи кількість усіх грумінгових актів за період спостереження, ми визначаємо, що при РА загальна грумінгова активність знижалась майже вдвічі (16,37±0,28 е.г.а.) у порівнянні з інтактними тваринами (28,50±0,35 е.г.а.).

Аналізучи інтегративні показники грумінгової активності (рис. 1), тобто інтенсивність та відсоток часу грумінгу, ми відмітили, що у щурів з РА інтенсивність грумінгу дещо підвищувалась (з (19,91±0,35)% до (22,32±0,31)%), а відсоток часу грумінгу, навпаки, зазнавав зниження (з (17,81±0,34)% до (8,48±0,16)%). Загальна рухова активність також була зниженою: якщо в інтактних тварин вона склала (3,89±0,09)%, то у щурів зі змодельованим РА – находилась на рівні (1,77±0,06)%.

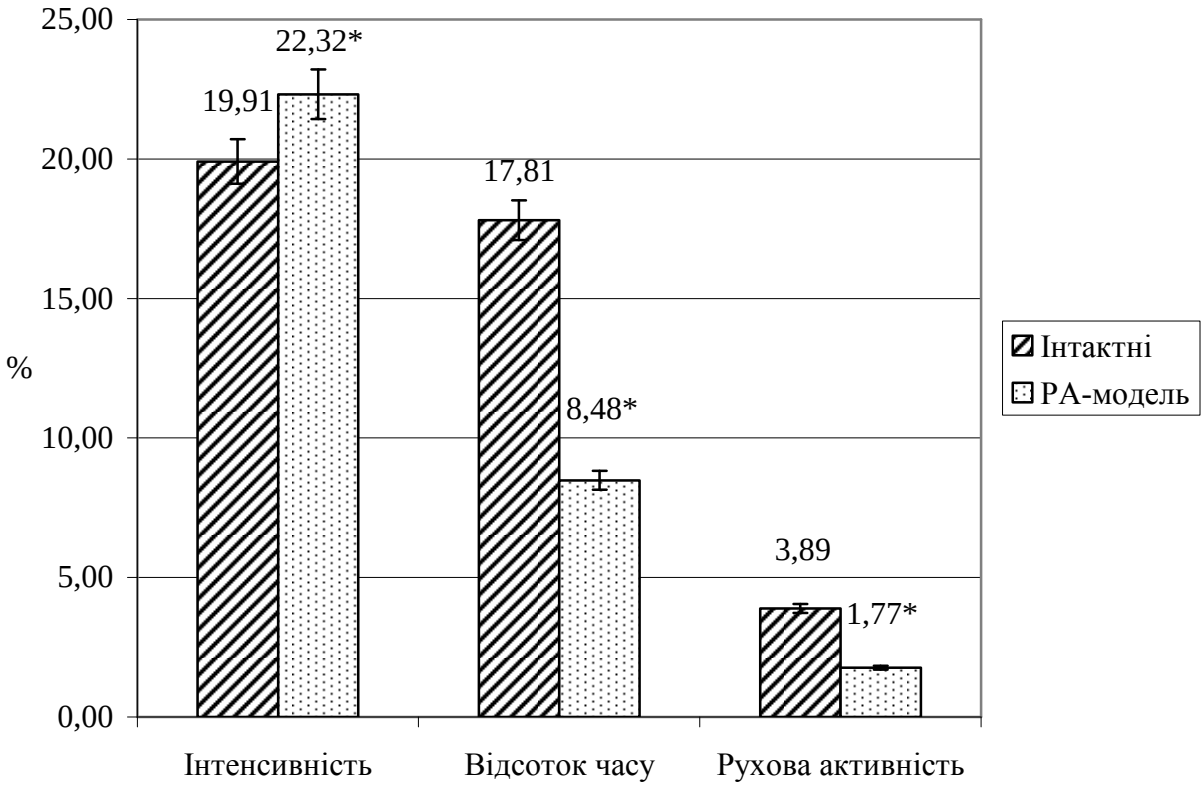


Рис. 1. Зміна інтегративних показників грумінгу (інтенсивності та відсотка часу грумінгу), а також показника загальної рухової активності в інтактних щурів та тварин з моделлю РА.

Примітка. * – $p \leq 0,05$ при порівнянні з інтактними щурами.

Вищенаведені результати доводять суттєвий вплив моделі РА на поведінку. Вибір саме безпорідних, тобто генетично та фенотипічно гетерогенних, а не лінійних інбредних щурів, для цієї роботи зумовлено необхідністю нівелювання вираженої залежності сприйнятливості до ад'ювант-артриту та пов'язаних з ним поведінкових реакцій від належності тварини до тієї чи іншої лінії [14].

Зниження значень майже всіх вивчених нами показників при розвитку РА може бути пов'язане із загальним дискомфортом, спричиненим запальним процесом, тобто з пригніченням психічного стану тварини, що підтверджує думку більшості авторів про належність грумінгу до «поведінки комфорту» [15]. Ймовірно, значну роль у цьому відіграє ноцицептивний ефект медіаторів запального процесу, які активують больові рецептори та знижують больовий поріг відповідних нейронів у ЦНС. Але не слід виключати і механізми прямої інгібіторної дії цитокінів на пригнічення центрів моторної активності грумінгу в гіпокампі.

Дослідники відзначають паралелізм нервово-психічних розладів у людей з РА та порушень поведінки у тварин з експериментальною моделлю РА. Останнім часом з'явилось багато клінічних спостережень, які підтверджують взаємний зв'язок між параметрами імунітету при РА та вищою нервовою діяльністю: різними типами поведінки та психоемоційними станами (стрес, тривога, депресія та ін.) [16]. У багаторічній серії експериментів з моделювання РА Cardinali et al. [17] дійшли висновку, що формування ад'ювант-артриту у щурів супроводжується розладами циркадіанних ритмів, поверхневим сном, зниженням активності тощо, зумовленими цілою низкою нейроімунноендокринних змін. Наведені дані підтримують одержані нами результати вивчення поведінкових тестів та вказують на необхідність подальших досліджень у цьому напрямку.

Висновки

1. У щурів з моделлю ревматоїдного артриту спостерігається зниження грумінгової та загальної рухової активності.

2. Грумінг-тест є адекватним комплексним критерієм оцінки розвитку системних аутоімунних розладів.

Список літератури

1. Справочник по ревматологии / Под ред. В. А. Насоновой. – М.: Медицина, 2000. – С. 75–80.

2. *Emery P.* Rheumatoid Arthritis / P. Emery, M. Suarez-Almazor // Clin. Evid. – 2003. – Vol. 10. – P. 1454–1476.

3. Современные стандарты фармакотерапии ревматоидного артрита / [Е. Л. Насонов, Д. Е. Каратеев, Н. В. Чичасова, Н. А. Чемерис] // Клиническая фармакология и терапия. – 2005. – Т. 14, № 1. – С. 72–75.

4. Трансплантация органной культуры коркового вещества надпочечников в лечении постадреналэктомического гипокортицизма / [Р. М. Сичинава, С. И. Рыбаков, И. В. Комиссаренко, И. С. Турчин] // Клин. хир. – 1997. – № 11–12. – С. 51–53.

5. Експериментальна трансплантація органотипової культури надниркових залоз в ало- та ксеногенній системах / [Н. М. Алабедалькарім, Г. А. Божок, Є. І. Легач, Т. П. Бондаренко] // Трансплантологія. – 2004. – Т. 7, № 3. – С. 223–225.

6. Ксенотрансплантація кріоконсервованного ендокринного матеріалу як метод корекції гіпофункції залоз в експерименті / [Т. П. Бондаренко, Г. А. Божок, Н. М. Алабедалькарім, Є. І. Легач, С. В. Луговий, Н. О. Волкова, І. І. Самченко] // Трансплантологія. – 2003. – Т. 4, № 4. – С. 60–63.

7. *Славянская Т. А.* Иммунореабилитация больных ревматоидным артритом на амбулаторном и санаторно- курортном этапах лечения / Т. А. Славянская, Р. И. Сепиашвили, М. Н. Вишнякова // Int. J. Immunorehabil. – 1999. – № 11. – С. 144–155.

8. Increased expression of CD40 ligand (CD154) jn CD4+T cells as a marker of diseasese activity in rheumatoid arthritis / [Berner Beate, Wolf Gabriele, Hummel Klaus M., Muller Gerhard A., Reuss-Borst Monika A.] // Ann. Rheum. Diseases. – 2000. – V. 59, № 3. – P. 190–195.

9. *Сепиашвили Р. И.* Фенотипические особенности лимфоцитов крови у больных ревматоидным артритом (РА) / Р. И. Сепиашвили, Т. А. Славянская // II Съезд иммунологов России (г. Сочи, 6–10 сентября 1999 г.) // Russ. J. Immunol. – 1999. – 4, Suppl. 1. – P. 143.

10. *Ніколенко Ю. І.* Взаємозв'язані порушення імунітету і пуринового обміну при аутоімунних захворюваннях та процессах: автореф. дис. ... докт. мед. наук / Ю. І. Ніколенко. – К., 1994. – 25 с.

11. *Kato Ikuo.* Suppressive effects of the oral administration of Lactobacillus casei on type II collagen-induced arthritis in DBA/1 mice / Ikuo Kato, Kazuko Endo-Tanaka, Teruo Yokokura // Life Sciences. – 1998. – Vol. 63, N 8. – P. 635–644.

12. *Свидерская Г. Е.* Развитие груминга в онтогенезе крыс и мышей / Г. Е. Свидерская, Л. Е. Дмитриева // Журн. эвол. биохимии и физиологии. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 36–39.

13. Патент № 16150, UA. МКВ: A61B5/00. Спосіб оцінки стану організму тварини. Кустов Д. Ю., Ракша-Слюсарева О. А., Слюсарев О. А., Друпп Ю. Г. Заява № u200602422 від 06.03.2006. Друк. 17.07.2006. Бюл. №7.

14. *Dimitrijevic M.* Behavior and severity of adjuvant arthritis in four rat strains / M. Dimitrijevic, O. Laban, V. J. Djuric // Brain Behavior and Immunity. – 2001. – Vol. 15, Iss. 3. – P. 255–265.

15. *Калуев А. В.* Стресс, тревожность и поведение / А. В. Калуев. – К.: Энигма, 1998. – 92 с.

16. *Лещинская В. В.* Характеристика психосоматических механизмов при бронхиальной астме и ревматоидном артрите / В. В. Лещинская // Тез. докл. VII междисц. конф. по биологической психиатрии «Стресс и поведение». – М., 2003. – С. 34.

17. *Cardinali D. P.* Circadian disorganization in experimental arthritis / D. P. Cardinali, A. I. Esquifino // Neurosignals. – 2003. – Vol. 12, Iss. 6. – P. 267–282.

Кустов Д. Ю., Кравцов П. Я., Кокина И. В., Сюсюк Н. В. **Груминговая активность самцов белых крыс с моделью ревматоидного артрита.** – Статья посвящена исследованию грумингового поведения у крыс после моделирования ревматоидного артрита. На основе полученных результатов были сделаны выводы о существенном снижении груминговой и вообще двигательной активности у крыс с моделью ревматоидного артрита, что дает возможность предложить эти поведенческие тесты для оценки выраженности и протекания системных аутоиммунных расстройств.

Ключевые слова: груминг, ревматоидный артрит.

Kustov D. Yu., Kravtsov P. Ya., Kokina I. V., Syusyuk N. V. **Grooming acticvity in male white rats with rheumatoid arthritis model.** – The article describes grooming behavior in rats after rheumatoid arthritis modelling. The results obtained demonstrate expressed decrease of grooming and general motor activity in rats with rheumatoid arthritis model, thus making the background for these behavioral tests being used in estimation of degree and course of systemic autoimmune disorders.

Key words: grooming, rheumatoid arthritis.

УДК 612.821.3

© В. А. Романенко, О. С. Горецкий

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ У ТРЕВОЖНЫХ И НЕТРЕВОЖНЫХ ЖЕНЩИН

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: eco99@i.ua

Романенко В. А., Горецкий О. С. **Особенности физического состояния у тревожных и нетревожных женщин.** – В статье рассматривается проблема зависимости физического статуса молодых женщин от уровня их личностной (генетической) тревожности. Показано, что для тревожных личностей характерно недостаточное физическое развитие и пониженный потенциал кардио-респираторной системы. Это детерминирует низкий уровень их физической работоспособности, аэробной производительности и гликолитической выносливости.

Ключевые слова: физический статус, антропометрические признаки, генетическая тревожность, кардио-респираторная система.

Введение

Физическое состояние рассматривают как структурированную совокупность взаимосвязанных соматических, функциональных, психофизиологических, а в ряде случаев и психических признаков [9]. Связи между различными составляющими этого статуса носят неоднозначный характер. В частности, показано [8], что уже в возрасте 6-8 лет у тревожных детей вследствие повышенного уровня неспецифической активации мозга и доминирования симпатической регуляции понижен потенциал аппарата кровообращения. Недостаточность этого потенциала в покое приводит к снижению емкости, мощности и эффективности аэробного механизма энергообеспечения при реализации мышечной работы большой мощности. Вместе с тем эти закономерности, установленные в препубертатный период биологического развития детей, нельзя в полной мере экстраполировать на женщин зрелого возраста, так как вклад переменных в формирование физического статуса человека изменяется на различных этапах онтогенеза неоднозначно и гетерохронно [8, 9]. Темпы этих структурно-функциональных преобразований определяются средовыми и генетическими факторми, к которым относится и личностная тревожность.

В связи с этим цель исследования заключалась в определении особенностей физического статуса у женщин с полярными уровнями личностной тревожности.

Для достижения цели последовательно решали ряд задач: 1) дифференцировали студенток по уровню их тревожности; 2) устанавливали корреляции между показателями физического статуса и уровнями тревожности у женщин этих групп; 3) определяли особенности их физического статуса.

Материалы и методы исследования

С целью решения поставленных задач обследовали 95 студенток в возрасте 19-21 года. У них с помощью опросника Спилберга и широкого спектра спортивно-педагогических и медико-биологических тестов, функциональных проб и методик регистрировали показатели антропометрического статуса, функционального состояния системы кровообращения и дыхания, нервной регуляции, механизмов энергообеспечения, а также устойчивости к гипоксии [9]. Фактический материал обрабатывали с помощью программного пакета «Statistika».

Результаты и обсуждение

В аспекте решения первой задачи из общей выборки (n = 95) были выделены полярные по уровням личностной тревожности группы студенток. При их дифференциации за крайние значения изучаемого признака избирали его величины за пределами $\bar{x} \pm 0{,}67\sigma$. При таком подходе полярные по тревожности группы составили по 27,5% обследуемых студенток (n = 26). Корреляционный анализ между параметрами антропометрического статуса и показателем тревожности у этих групп показал, что большее (10) количество связей характерно для

тревожных по сравнению с не тревожными женщинами (6). У первых антропометрические и силовые характеристики связаны ($0,31 < r < 0,83$) с тревожностью положительно, а с индексами физического развития Эрисмана и грудной клетки, наоборот, отрицательно ($0,62 < r < 0,64$). У второй группы женщин масса тела, сила спины и индекс Кетле отрицательно коррелируют с тревожностью, в то время как остальные показатели находятся в положительной связи ($0,36 < r < 0,53$) с этой темпераментальной характеристикой.

Установленные закономерности позволяют предполагать, что женщины с различными уровнями тревожности имеют определенные различия в параметрах антропометрического статуса. Эта гипотеза четко подтверждается данными табл. 1.

Таблица 1

Особенности антропометрического статуса у тревожных и нетревожных женщин*

Показатели	Тревожные (n = 26)	Нетревожные (n = 26)	Разница между группами	
	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	Δ	Δ%
Масса тела, кг	53,9±1,94	61,7±2,29	7,8	14,5
Окружность грудной клетки, см	75,0±1,29	81,3±0,89	6,3	8,4
Сила спины, кг	60,6±4,47	82,0±3,83	21,4	35,3
Силовой индекс спины	112,9±4,65	138,3±3,65	25,4	22,5
Индекс Кетле, гр/см	324,0±10,08	368,7±28,36	44,7	13,8
Индекс Эрисмана, см	-8,0±1,37	-1,9±0,4	6,1	76,3
Индекс Пинье, ед.	37,1±2,74	23,4±2,11	-13,7	-36,9
Индекс развития грудной клетки, %	45,2±0,81	48,9±0,54	3,7	8,19

Примечание. * – здесь и далее в табл. 2-4 достоверность различий на уровне $0,01 < p < 0,05$.

Для тревожных женщин характерны пониженные (на 14,5%) значения массы тела, окружности грудной клетки (на 8,4%) и силовых характеристик мышц спины (на 22,5; 35,3%). Судя по значениям индексов Эрисмана, Пинье, развития грудной клетки и стении, их отличает менее оптимальное соотношение массо-длиннотных и обхватных размеров тела, что трактуют как признак недостаточного физического развития [1-4, 7].

Установленные зависимости между личностной тревожностью и антропометрическим статусом у женщин-антиподов хорошо экстраполируется и на показатели функционального состояния их сердечно-сосудистой системы. Так, у тревожных женщин установлены положительные связи высокого и среднего уровня ($0,58 < r < 0,93$) для показателей эффективности, экономичности и нервной регуляции кровообращения, в то время как у нетревожных эти зависимости носят прямо противоположный характер. Очевидно, с увеличением тревожности потенциал системы кровообращения снижается, что достаточно хорошо иллюстрирует табл. 2.

У тревожных женщин пониженное артериальное, пульсовое и среднединамическое давление компенсируется повышенной частотой сердечных сокращений, большим ударным и минутным объемом крови за счет существенного доминирования у них симпатической регуляции. Это снижает потенциал их системы кровообращения при адаптации к действию стрессоров различной модальности [3, 5, 6], в частности, при мышечных нагрузках. При изучении реакции организма студенток на пятиминутную велоэргометрическую нагрузку мощностью 100 Вт (табл. 3) было установлено, что реактивность механизмов кислородно-транспортной системы на нагрузку у нетревожных женщин выражается в меньшем ($p<0,05$) приросте пульса (на -5,0%), оптимальном повышении параметров кровяного давления при меньшем (на -15,0%) влиянии механизмов симпатической регуляции в поддержании системного кровотока.

Таблица 2

Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы у женщин с полярными уровнями тревожности

Показатели	Тревожные (n = 26)	Нетревожные (n = 26)	Разница между группами	
	$\overline{x} \pm m$	$\overline{x} \pm m$	Δ	Δ%
Пульс, уд/мин	79,1±1,01	74,8±1,27	-4,3	-5,44
АД сист., мм.рт.ст.	105,9±2,08	115,3±2,23	9,4	8,88
АД диаст., мм.рт.ст.	69,6±1,06	75,9±1,45	6,3	9,05
Пульсовое давление, мм.рт.ст.	36,6±0,47	39,4±0,48	3,1	8,54
Среднединамическое давл., мм.рт.ст.	87,8±1,77	95,6±1,58	7,8	8,88
Ударный объем сердца, мл	64,0±0,31	61,8±0,49	-2,2	-3,45
Минутный объем крови, л	5,0±0,11	4,6±0,12	-0,4	-8,00
Вегетативный индекс Кердо, ед.	10,0±4,35	-3,1±4,59	13,1	130,96

Интенсификация кровообращения у нетревожных женщин в ответ на нагрузку была меньшей (на -10,8%) в сравнении с женщинами-антиподами. Следовательно, у нетревожных женщин сохраняется больший потенциал кардиогемодинамики в ответ на нагрузку 100 Вт (табл. 3).

Таблица 3

Реакция кардио-респираторной системы у тревожных и нетревожных женщин на пятиминутную велоэргометрическую нагрузку мощностью 100 Вт

Показатели	Тревожные	Нетревожные	Разница между группами	
	$\overline{x} \pm m$	$\overline{x} \pm m$	Δ	Δ%
Пульс, уд/мин	151,7±2,58	144,1±1,80	-7,60	-5,0
АД сист., мм.рт.ст.	129,9±1,63	137,5±1,08	7,6	6,0
АД диаст., мм.рт.ст.	72,2±2,06	79,5±2,28	7,3	10,1
Среднединамическое давление, мм.рт.ст	102,3±2,08	108,5±2,00	6,2	6,1
Ударный объем сердца, мл	73,2±0,99	69,0±0,63	-4,2	-5,7
Минутный объем крови, л	11,1±0,15	9,9±0,27	-1,2	-10,8
КЭК, ед.	8753,8±58,1	8358,0±63,3	-395,8	-4,5
Вегетативный индекс Кердо, ед.	51,9±2,30	44,2±2,18	-7,7	-14,8
Минутный объем дыхания, л	27,6±1,06	22,4±0,72	-5,2	-18,8
Частота дыхания, цикл/мин	25,1±0,13	18,9±0,14	-7,2	-24,7
Дыхательный объем, л	1,06±0,02	1,19±0,03	-0,13	12,2

Реакция респираторной функции женщин полярных групп на стандартную нагрузку также не была идентичной. Повышенный на 18,8% уровень легочной вентиляции у тревожных студенток поддерживался за счет большего (на 24,7%) прироста частоты дыхания при меньшем (на -12,2%) дыхательном объеме. Следовательно, для организма тревожных студенток характерна неэкономная реакция респираторной системы на стандартную нагрузку (см. табл. 3). Очевидно, пониженный в покое, у тревожных студенток потенциал их кислородно-транспортной системы достаточно ярко проявляется в повышенной реактивности этой системы в ответ на пятиминутную нагрузку большой мощности.

Те же закономерности просматриваются между тревожностью и показателями физического состояния и работоспособности (табл. 4). У тревожных женщин отрицательные зависимости среднего и высокого уровня ($-0,54 < r < -0,84$) между изучаемым темпераментальным свойством и показателями ИГСТ, максимального потребления кислорода, оценкой физического статуса по системе КОНТРЭКС и Г. А. Апанасенко [2, 4, 9] свидетельствует о том, что с возрастанием личностной тревожности, здоровье женщин ухудшается, снижается их физическая работоспособность и аэробная производительность.

Таблица 4

Характеристика физического состояния и механизмов энергетики у тревожных и нетревожных женщин

Показатели		Тревожные	Нетревожные	Разница между группами	
		$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	Δ	Δ%
Физическое состояние по системе КОНТРЭКС-1, ед.		174,9±1,77	180,7±1,18	5,8	3,3
Индекс Руфье, ед.		1,6±0,27	0,9±0,11	-0,7	-43,8
Задержка дыхания, с	на вдохе	53,3±2,05	61,7±2,09	8,4	15,8
	на выдохе	24,7±1,66	31,8±1,69	7,1	28,7
Задержка дыхания после вентиляции, с	на вдохе	69,5±1,25	74,0±0,99	4,5	16,5
	на выдохе	30,4±1,02	36,4±1,73	6,0	19,7
Физическая работоспособность по тесту ИГСТ, ед.		55,4±1,22	62,4±1,53	7,0	12,6
Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг		48,8±1,05	52,6±1,08	3,8	7,8
Гликолитический механизм					
Поднимание и опускание туловища, количество циклов		34,0±0,78	40,0±0,81	6,0	17,6
Челночный бег 4×30 м, с		28,4±0,20	27,2±0,15	-1,2	-4,2
Бег 100 м, с		17,6±0,16	16,5±0,25	-1,1	-6,2
Бег 500 м, с		135,6±1,23	126,9±1,10	-8,7	-6,4
Аэробный механизм					
Бег 2000 м, мин		13,4±0,10	11,9±0,11	-1,5	-11,2

Обратные зависимости такого же уровня между изучаемыми признаками характерны для группы нетревожных женщин. Статистические зависимости вполне удачно верифицируются абсолютными значениями показателей физического состояния, работоспособности, аэробной производительности и устойчивости к гипоксии у полярных по тревожности групп женщин. Исходя из этих значений, тревожные женщины несколько (на 3,3%) уступают нетревожным по уровню физического состояния (система КОНТРЭКС), существенно (на 7,5%) по устойчивости к гипоксии, физической работоспособности (на 12,6%), аэробной производительности (на 13,2%) и адаптивности сердечной мышцы к стандартной мышечной нагрузке (на 43,8%).

У нетревожных женщин, судя по значениям индекса Гарвардского степ-теста, максимального потребления кислорода и результатам бега на 2000 м, аэробные возможности превышают таковые у тревожных в среднем на 10,5% ($p < 0,05$). Эти закономерности справедливы и при оценке мощности и емкости гликолитического механизма энергообеспечения у полярных по тревожности групп (см. табл. 4).

Исходя из результатов двигательных тестов по параметрам силовой динамической (поднимание и опускание туловища) и скоростной (бег 100, 500 м, челночный бег 4×30 м) выносливости мощность и емкость гликолитического механизма энергообеспечения превышает эти же показатели у тревожных женщин на 8,6%.

Результаты собственных исследований и их анализ в соответствии с литературными данными позволяют сформулировать определенные выводы.

Выводы

1. Между генетической тревожностью и показателями антропометрического статуса, физического состояния и энергетических возможностей студенток существуют неоднозначные зависимости различного уровня и направленности, детерминированные конституциональными особенностями их соматотипа, кислородно-транспортной системы и механизмов энергетики.

2. Для тревожных женщин характерно пониженное физическое состояние и развитие, недостаточный потенциал кардио-респираторной системы, определяющий такой же уровень их физической работоспособности и аэробной производительности. Пониженная устойчивость их организма к гипоксии связана с повышенным уровнем метаболизма в покое вследствие доминирования симпатической регуляции.

3. Установленные закономерности относительно аэробного потенциала полярных групп справедливы и при оценке мощности и емкости гликолитического механизма энергообеспечения у тревожных и нетревожных женщин.

Список литературы

1. *Агаджанян Н. А.* Физиологические механизмы респираторных феноменов при тревожных и депрессивных расстройствах: Обзор / Н. А. Агаджанян, П. И. Терехин // Физиология человека – 2002. – Т. 28, № 3. – С. 112–122.

2. *Апанасенко Г. А.* Об оценке состояния здоровья человека / Г. А. Апанасенко // Врачебное дело. – 1988. – № 5. – С. 112–114.

3. *Вознесенская Т. Г.* Тревожные расстройства / Т. Г. Вознесенская // Репродуктивное здоровье женщины. – 2008. – № 3. – С. 21–26.

4. *Душанин С. А.* Бальная система самоконтроля (КОНТРЭКС-1) при занятиях массовыми формами физической культуры / С. А. Душанин // Теор. и практ. физ. культ. – 1978. – № 5. – С. 49–52.

5. *Еникопов С. Н.* Тревожные состояния у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями / С. Н. Еникопов // Атмосфера. Кардиология. – 2006. – № 2. – С. 20–24.

6. *Данилова Н. Н.* Зависимость сердечного цикла от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики / Н. Н. Данилова, С. Г. Коршунова, Е. Н. Соколов // Журн. ВНД. – 1995. – Т. 45, вып. 4. – С. 647–660.

7. *Каарма Х. Т.* Ведущие факторы в системе размеров тела у женщин / Х. Т. Каарма // Арх. анатом., гистол. и эмбриол. – 1986. – Т. 85, вып. 9. – С. 67–70.

8. *Криволапчук И. А.* Особенности физического состояния детей 6-8 лет с высокой личностной тревожностью / И. А. Криволапчук // Теорія і практика фізичного виховання. – 2004. – № 2. – С. 128–133.

9. *Романенко В. А.* Диагностика двигательных способностей / В. А. Романенко. – Донецк: Изд-во Донецкого нац. ун-та, 2005. – 290 с.

Романенко В. О., Горецький О. С. **Особливості фізичного стану у тривожних і нетривожних жінок.** – У статті розглядається проблема залежності фізичного статусу молодих жінок від рівня їх особистісної (генетичної) тривожності. Показано, що для тривожних особистостей характерними є недостатній фізичний розвиток та знижений потенціал кардіо-респіраторної системи. Це детермінує низький рівень їх фізичної працездатності, аеробної продуктивності та гліколітичної витривалості.

Ключові слова: фізичний статус, антропометричні ознаки, генетична тривожність, кардіо-респіраторна система.

Romanenko V. A., Goretsky O. S. **Features of the anxious and non-anxious women physical state.** – The paper addresses the problem of the young women physical status dependence on their personal (genetic) anxiety level. It is shown that, for anxious persons characterized by lack of physical development and reduced the cardio-respiratory system potential. This determines low level of physical performance, aerobic performance and glycolytic endurance.

Key words: physical status, anthropometric characteristics, genetic anxiety, cardio-respiratory system.

УДК 612.018 + 612.44

© Т. И. Станишевская, В. И. Соболев

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ «ГИПОФИЗ – ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА» У ЧЕЛОВЕКА В ПРЕДЕЛАХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Станишевская Т. И., Соболев В. И. **Характеристика корреляционных связей в системе «гипофиз – щитовидная железа» у человека в пределах физиологической нормы.** – Регуляция в гормональных парах «ТТГ-Трийодтиронин» осуществляется на основе принципа положительной обратной связи; при достижении уровня ТТГ крайней границы нормы тип регуляции осуществляется на основе классического принципа отрицательной обратной связи. Поддержание уровней циркулирующих гормонов в «аденогипофизарно-тиреоидной системе» осуществляется с разной точностью. В разных участках физиологической шкалы концентраций ТТГ поддержание уровней тиреоидных гормонов осуществляется с разной степенью вариабельности; это проявляется на границах физиологической нормы колебаний уровня тиреотропного гормона; последнее можно интерпретировать с точки зрения наступления при крайних физиологических значениях уровня ТТГ фазы нестабильной регуляции, что служит признаком приближения критической точки в регуляторной системе

Ключевые слова: гипофиз, щитовидная железа, эндокринные корреляции.

Введение

Проблема регуляции в системе «гипофиз-щитовидная железа» по-прежнему остается одной из приоритетных в физиологии эндокринной системы, и в частности, тиреоидологии [1, 2, 9, 11]. В основу концепции функционирования указанной системы положен принцип регуляции по механизму так называемого «плюс-минус взаимодействия» на базе обратной отрицательной связи. Обратная отрицательная связь, как хорошо известно, является основой любого механизма саморегуляции в любой физиологической системе, в том числе и гормональной. Действительно, в клинической эндокринологии имеется большое количество наблюдений, свидетельствующих, что низкому содержанию тиреотропного гормона в крови всегда сопутствует высокая концентрация тироксина и трийодтиронина, и наоборот [1, 6, 7, 9, 10]. Однако в таком случае остается неясным вопрос, каким образом осуществляется подстройка уровня циркулирующих тиреоидных гормонов к насущим физиологическим потребностям, если предусмотрена жесткая детерминация всей регуляторной системы благодаря немедленной активации обратной отрицательной связи в случае изменения уровня активных йодтиронинов крови [3-5, 8, 10]. Данное обстоятельство позволяет предполагать, что в рамках физиологической нормы принцип «плюс-минус взаимодействия» имеет ограниченное применение и активируется лишь как патофизиологический механизм в ответ на стойкую гипер- либо гипосекрецию тиреоидных гормонов либо в других случаях тиреоидной патологии.

Целью работы явилось выявление характера корреляционной связи между уровнем тиреотропного гормона крови и циркулирующим трийодтиронином.

Материалы и методы исследования.

Обследованы 98 молодых практически здоровых молодых мужчин из числа добровольцев возрастом 17-21 год в декабре 2008 г. Средний возраст контингента обследованных составил 18±0,13 лет при значении дисперсии выборки 1,69, медиане и моде соответственно 19 и 18. Забор венозной крови проводился общепринятым методом: утром, натощак при температуре комфорта и состоянии относительного покоя. В пробах крови определялось содержание следующих гормонов: тиреотропного гормона гипофиза (ТТГ), общего и свободного трийодтиронина ($Т3_{общ.}$ и $Т3_{своб.}$). Использовался метод твердофазного хемилюминесцентного иммуноферментного анализа (анализатор IMMULITE 2000) с наборами IMMULITE® 2000 *Rapid TSH*, IMMULITE 2000, IMMULITE 2000 *Free T3* и IMMULITE 2000 *Total T3*.

Результаты и обсуждение

Характеристика итоговой статистики. Анализ полученных данных показал, что уровни ТТГ, а также свободного и общего тироксина и трийодтиронина в сыворотке крови обследованных не отличались от значений, характерных для нормы. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика уровней циркулирующих гормонов у человека, определенных в нашей работе, в сравнении с существующими лабораторными стандартами. Подчеркнем, что абсолютные значения концентраций гормонов были получены аналогичными методами исследования, в частности с использованием твердофазного хемилюминесцентного иммуноферментного анализа и стандартных наборов реактивов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика уровней циркулирующих гормонов системы «аденогипофиз-щитовидная железа» у человека в норме по результатам исследований и принятых стандартов

Среднее значение и границы нормы	Тиреотропный гормон, мкМЕ/мл	Трийодтиронин общий, нг/дл	Трийодтиронин свободный, пг/мл
По результатам наших исследований (среднее значение и стандартная ошибка)	2,505±0,123	115,4±2,4	3,790±0,058
Стандарты, определенные с использованием аналогичного метода (границы нормы)	0,4 – 4,0	84 – 172	1,8 – 4,2

Примечание. Приведенные значения уровней циркулирующих гормонов у человека получены с использованием метода твердофазного хемилюминесцентного иммуноферментного анализа (анализатор IMMULITE 2000) с наборами IMMULITE® 2000 *Rapid TSH*, IMMULITE 2000 *Free T3*, IMMULITE 2000 *Total T3*.

На следующем этапе анализа результатов представляет интерес определение итогов описательной статистики. В табл. 2 приведены данные анализа вариационных рядов для тиреотропного гормона и трийодтиронина (свободного и связанного). Как видно, среднее значение уровня ТТГ составило 2,50±0,12 мкМЕ/мл, что было ближе к верхней границе нормы, определяемой использованным методом (0,4-4,0 мкМЕ/мл). Концентрация свободной и связанной форм трийодтиронина находилась в пределах нормы (соответственно, 3,790±0,058 пг/мл и 115,4±2,4 нг/дл).

Значение медианы по итогам описательной статистики для всех форм циркулирующего трийодтиронина практически совпадало со средними величинами. Обращает на себя внимание факт различия коэффициентов вариации для определяемых гормонов. Так, если коэффициент вариации для тиреотропного гормона составлял 48,7%, то для свободного и связанного трийодтиронина соответственно 15,1 и 20,6%. Следовательно, можно полагать, что наиболее точно в системе «ТТГ-трийодтиронин» поддерживается уровень свободной формы трийодтиронина.

Таким образом, подводя итоги первоначальному анализу данных, можно сказать, что уровни всех гормонов плазмы крови колебались в пределах нормы, что указывает на отсутствие у обследованного контингента выраженных признаков тиреоидной патологии.

Оценка закона распределения. Важное значение для полноценной характеристики вариационных рядов имеет определение степени соответствия нормальному закону распределения. С этой точки зрения, наиболее простым, хотя и не всегда точным методом, служат расчеты коэффициента асимметрии и величины эксцесса. Так, по данным табл. 2 видно, что распределение совокупности значений для $Т3_{своб.}$ соответствует нормальному закону. В то же время совокупности значений ТТГ, если полагаться на указанные критерии, возможно, распределяются по иному, чем нормальному закону.

Таблица 2

Содержание тиреотропного гормона и разных форм трийодтиронина крови у молодых здоровых мужчин

Статистический показатель	Концентрация гормонов крови		
	Тиреотропный гормон гипофиза, мкМЕ/мл	Трийодтиронин общий, нг/дл	Трийодтиронин свободный, пг/мл
Среднее	2,505	115,4	3,79
Стандартная ошибка	0,123	2,401	0,058
Медиана	2,31	112,5	3,785
Мода	1,6	103	4,25
Стандартное отклонение	1,222	23,77	0,575
Дисперсия выборки	1,493	565,1	0,33
Эксцесс	2,442	-0,52	0,289
Асимметричность	1,296	0,404	-0,01
Интервал	6,902	102,3	3,22
Минимум	0,138	70,7	2,08
Максимум	7,04	173	5,3
Сумма	245,5	11308	371,3
Счет	98	98	98
Коэффициент вариации	48,7%	20,6%	15,1%

Для ответа на вопрос о характер распределения совокупностей были применены альтернативные методы анализа, в частности рассчитывался критерий Шапиро-Уильямса (STATISTICA 7), а также наиболее мощный критерий соответствия χ^2 Пирсона.

Результаты проведенного анализа сведены в табл. 3. Анализ приведенных данных показал, что разные методы по-разному оценивают исследуемые совокупности на предмет соответствия нормальному закону распределения. Тем не менее, объединяя все показатели, можно с уверенностью сказать, что все совокупности значений трийодтиронина распределяются по нормальному закону, а совокупность значений для ТТГ далека от закона нормального распределения. Необходимо подчеркнуть, что в состав вариационных рядов были введены все данные, полученные при исследовании 98 пациентов.

Таблица 3

К определению закона распределения совокупностей значений концентрации гормонов системы «аденогипофиз-щитовидная железа» у человека (n = 98)

Статистический метод	Тиреотропный гормон	Трийодтиронин общий	Трийодтиронин свободный
Тест «Shapiro-Wilk»	p < 0,0001	p = 0,043	p = 0,95*
Критерий соответствия χ2 Пирсона	9,37 (9,49) k = 4	11,5* (12,6) k = 6	14,7* (15,51) k = 8

Примечание. * – совокупности значений распределяются по нормальному закону; в скобках приведены стандартные значения χ2 для α = 5%.

Рассматривая значения коэффициентов вариации в табл. 2, можно обратить внимание на высокое значение указанного статистического показателя для вариационного ряда по тиреотропному гормону (48,7%), который был существенно выше, чем для гормонов щитовидной железы. Это обстоятельство послужило основанием для более детального анализа названного вариационного ряда. В результате ранжирования выяснилось, что ряд вариант значений ТТГ «выбиваются» из нормы. Норма для ТТГ, как принято считать, колеблется в пределах 0,4-4,0 мкМЕ/мл. В тоже время 1-я варианта соответствовала 0,1 мкМЕ/мл, а 7-я – были выше стандартного значения 4,0 мкМЕ/мл. После «очищения» вариационного ряда от нестандартных вариант (их оказалось 8) оказалось, что оставшаяся совокупность (n = 88) с достаточной степенью надежности распределяется по нормальному закону: все примененные ранее критерии и тесты однозначно относят новое распределение к нормальному.

Таким образом, в целом можно считать, что все изучаемые гормоны, отражающие функциональную активность «аденогипофизарно-тиреоидной системы», образуют вариационные ряды, описываемые нормальным законом распределения. Данный вывод, с нашей точки зрения, имеет принципиальное значение, поскольку указывает на функциональную однородность исследуемого звена «гипофизарно-тиреоидной системы». В ином случае, как, например, при тиреоидной патологии, регуляция в «гипофизарно-тиреоидной системе» может осуществляться по другим правилам. Все это позволяет нам думать, что имеющиеся в нашем распоряжении вариационные ряды отражают состояние физиологической нормы. Последнее обстоятельство дает возможность приступить к анализу функциональных связей в гормональных парах системы «аденогипофиз-щитовидая железа».

Функциональные связи в гормональных парах «ТТГ–Тиреоидный гормон». Представляет интерес анализ взаимосвязи между уровнем тиреотропного гормона крови и периферическими циркулирующим трийодтиронином (связанная и свободная форма).

Связь «ТТГ-ТЗобщ.». В табл. 4 и на рис. 1 приведены результаты анализа связей между ТТГ и уровнем общего трийодтиронина (гормональная пара «ТТГ-$ТЗ_{общ.}$»). Как видно из представленных данных, в гормональной паре «ТТГ-ТЗобщ.» имеется четко выраженная зависимость, которая в целом (весь вариационный ряд) описывается уравнением параболы общего вида: $ТЗ_{общ.} = -0,43\ [ТТГ]^{3} + 0,68\ [ТТГ]^{2} + 19,36\ [ТТГ] + 73$ при высокой степени достоверности аппроксимации кривой ($R^2 = 0,82$).

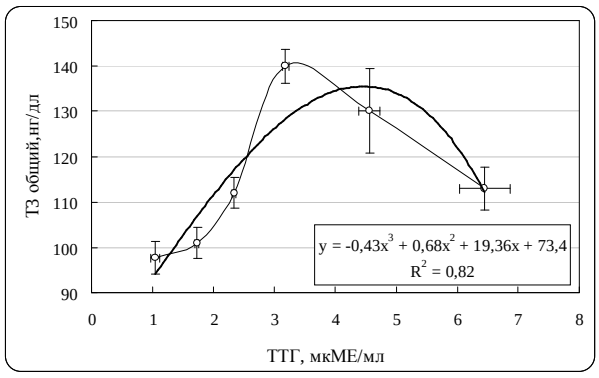


Рис.1. Зависимость между уровнем тиреотропного гормона и циркулирующим трийодтиронином (общим) у молодых здоровых юношей (n=98)

Такие же результаты получены при использовании непараметрических методов анализа зависимостей между уровнем ТТГ и циркулирующим общим трийодтиронином. Так, коэффициент корреляции Спирмена составил 0,56 ($p < 0,05$).

Анализируя характер расположения кривой, следует обратить внимание на тот факт, что в разных участках шкалы значений ТТГ (шкала «Х») направленность хода кривой имеет существенные различия (рис. 1 и 2, табл. 4). Так, в первой части шкалы «Х» (до уровня ТТГ 3,19±0,06 мкМЕ/мл) зависимость имеет положительный знак, а во второй половине – отрицательный. При этом по крайней мере визуально зависимость на данных участках имеет вид прямой линии.

Действительно, при расчете оказалось, что в первой части шкалы и во второй зависимости в гормональной паре «ТТГ-$ТЗ_{общ.}$» описываются уравнениями прямой линии при высоком статистически достоверном значении коэффициента регрессии и корреляции (рис. 2). Уравнения имели следующий вид:

$ТЗ_{общ.}$ = 19,9 [ТТГ] + 71 при r = 0,94±0,05;
$b_{x/y}$= 19,91±4,85 (p<0,001);

$ТЗ_{общ.}$ = - 8,3 [ТТГ] + 166 при r = -0,99±0,05;
$b_{x/y}$ = -8,3±0,46 (p < 0,001).

Таблица 4

Зависимость между содержанием тиреотропного гормона крови и циркулирующим трийодтиронином (общим) у молодых здоровых юношей (кластерный анализ)

Уровень трийодтиронина (общего), нг/дл	Концентрация циркулирующего тиреотропного гормона, мкМЕ/мл (КЛАСТЕРЫ)					
	1,05±0,08	**1,73±0,03**	**2,34±0,03**	**3,19±0,06**	**4,56±0,18**	**6,45±0,42**
Среднее значение, ТЗ общий	**97,8**	**101**	**112**	**140**	**130**	**113**
Стандартная ошибка	±3,67	±3,53	±3,38	±3,79	±9,36	±4,7
Стандартное отклонение	14,2	16,9	17,2	18,2	26,5	8,1
Количество измерений (n = 98)	15	23	26	23	8	3

Примечание. Среднее значение для тиреотропного гормона в каждом кластере представлено вместе со стандартной ошибкой; поиск кластера проводился методом k-средних (Statistica 7).

Таким образом, вначале вместе с ростом уровня ТТГ крови происходит нарастание «выхода» общего трийодтиронина. В дальнейшем, начиная с некоторого уровня ТТГ крови (в нашем случае при 3,19±0,06 мкМЕ/мл), концентрация общего трийодтиронина начинает снижаться. В рамках этого процесса зависимость поддается описанию простейшим уравнением – уравнением прямой линии.

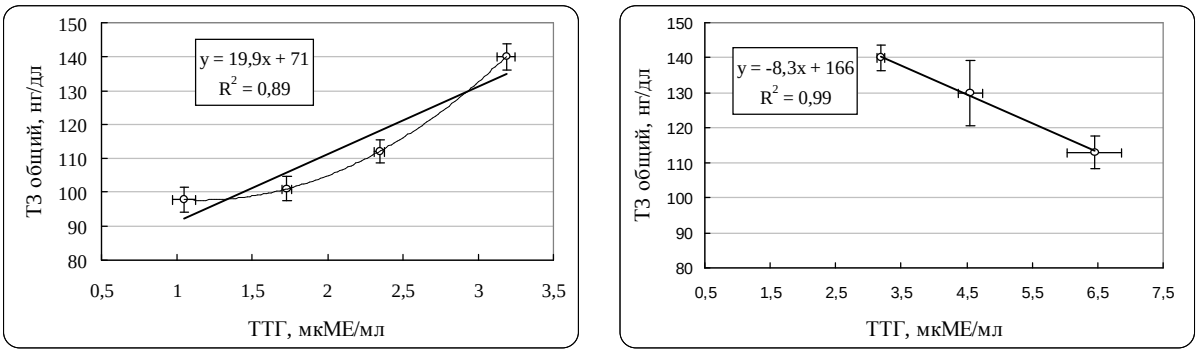


Рис.2. Характер зависимости в гормональной паре «ТТГ-ТЗобщ.» у человека на разных участках шкалы концентраций тиреотропного гормона
Примечание: графики построены на основании кластерного анализа

Связь «ТТГ-ТЗсвоб.». Представляет интерес анализ результатов определения в крови уровня свободной формы трийодтиронина, который, собственно, и является активным гормональным фактором тиреоидного происхождения. Результаты исследований приведены в табл. 5 и отображены на рис. 3.

Как видно, между уровнем ТТГ и содержанием свободного трийодтиронина крови имеется выраженная связь, которая хорошо описывается уравнением параболы при высокой

степени достоверности аппроксимации кривой. Коэффициент корреляции Спирмена составил 0,58 ($p < 0,05$).

На кривой зависимости уровня свободной формы трийодтиронина от содержания ТТГ можно выделить два участка, располагающихся в следующих диапазонах концентраций ТТГ: 1,0-4,0 мкМЕ/мл (начало шкалы и 4,0-6,0 мкМЕ/мл (конец шкалы). В этих зонах характер зависимости между членами гормональной пары «ТТГ-$Т3_{своб.}$» носит прямо противоположный характер с достаточно высокими коэффициентами корреляции, соответственно +0,99±0,014 и -0,97±0,015 ($p < 0,01$). Коэффициенты регрессии в уравнениях прямых линий также имеют высокую степень статистической достоверности ($p < 0,05$) и соответственно равны 0,415±0,048 и -0,48±0,159.

Таблица 5

Зависимость между содержанием тиреотропного гормона крови и циркулирующим трийодтиронином (свободным) у молодых здоровых юношей (кластерный анализ)

Уровень трийодтиронина (свободного), пг/мл	Концентрация циркулирующего тиреотропного гормона, мкМЕ/мл (КЛАСТЕРЫ)					
	1,01±0,08	**2,02±0,05**	**3,03±0,05**	**4,02±0,14**	**4,89±0,14**	**5,95±0,39**
Среднее значение, Т3 свободный	**3,26**	**3,66**	**4,11**	**4,50**	**3,92**	**3,57**
Стандартная ошибка	±0,17	±0,05	±0,08	±0,19	±0,51	±0,3
Стандартное отклонение	0,61	0,35	0,35	0,63	1,14	0,8
Количество измерений (n = 98)	13	44	20	11	5	5

Примечание. Среднее значение для тиреотропного гормона в кластере представлено вместе со стандартной ошибкой

Анализ средних величин содержания $[Т3]_{своб}$ в выделенных классах уровня ТТГ представлены в табл. 5. Видно, что наибольшей величины уровень $[Т3]_{своб}$ определялся при концентрации ТТГ, равной 4,025±0,14 мкМЕ/мл, и был на 38% больше исходной величины. Последнее не оставляет сомнений относительно высокой физиологической значимости данного феномена. В дальнейшем вместе с ростом концентрации ТТГ уровень $[Т3]_{своб}$ начинал снижаться.

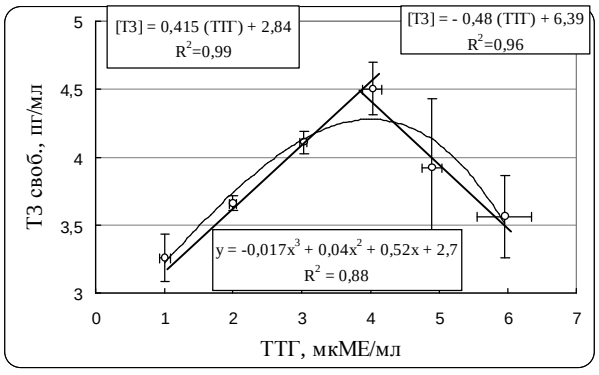


Рис.3. Зависимость между уровнем тиреотропного гормона и циркулирующим трийодтиронином (свободным) у человека в состоянии нормы (n=98)

Таким образом, анализ характера корреляционных связей в системе «ТТГ-трийодтиронин» с достаточной степенью вероятности указывает на существование в рамках физиологических колебаний уровня ТТГ крови человека положительных и отрицательных обратных связей со всеми формами циркулирующего трийодтиронина.

Анализ параметров вариабельности (вариации). На следующем этапе анализа цифрового материала, полученного при измерении уровней ТТГ и трийодтиронина крови, представляет интерес характеристика множеств на разных участках шкалы «Х» для уровня свободного и общего трийодтиронина. Это связано с необходимостью доказательства того факта, что в разных концах шкалы концентраций ТТГ (первая половина – начало и вторая – конец) множества для значений

уровня трийодтиронина количественно и качественно различаются. На наш взгляд, для ответа на поставленный вопрос возможно использовать дисперсионный анализ и стандартную t-статистику. С этой целью исследовались множества для $ТЗ_{своб.}$ и $ТЗ_{общ.}$, относящиеся к разным частям шкалы концентраций «Х».

Прежде всего, была проведена визуальная оценка характера вариабельности значений трийодтиронина (рис. 4). Из графиков рассеивания видно, что как для свободного, так и общего трийодтиронина характерен существенный разброс точек, и особенно – в конце шкалы концентраций ТТГ (шкала «Х»).

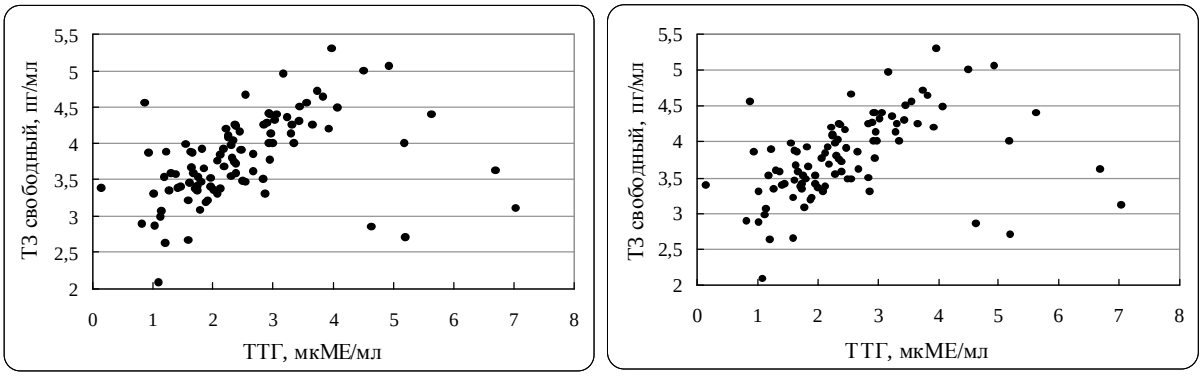


Рис.4. Графики зависимости уровней трийодтиронина от концентрации ТТГ крови у здоровых молодых мужчин (n=98)

В дальнейшем весь массив чисел вариационного ряда «ТЗ своб.» был разделен на 10 участков (классов, множеств) по 10 вариант в каждом, после чего для каждого из них рассчитывалось среднее квадратическое отклонение. Результаты такого анализа представлены в табл. 6 и на рис. 5. Видно, что наибольшая вариабельность наблюдается в начале вариационного ряда (левые две точки) и в конце (правая точка). В середине шкалы концентраций ТТГ величины среднего квадратического отклонения для $ТЗ_{своб.}$ колебались приблизительно на одном уровне.

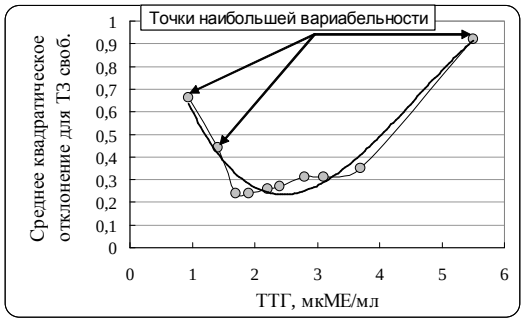


Рис.5. Зависимость величины среднего квадратического отклонения (для средних значений ТЗ своб.) от уровня тиреотропного гормона (n=98)

Таким образом, вариабельность поддержания уровня ТЗсвоб. наименьшая в середине шкалы концентраций ТТГ; на крайних участках шкалы – наоборот, наиболее высокая. Это обстоятельство свидетельствует о том, что регуляция уровня свободного трийодтиронина в гормональной паре «ТТГ-ТЗсвоб.» наиболее точно осуществляется в пределах физиологических концентраций циркулирующего ТТГ; на границах физиологической нормы колебаний тиреотропного гормона поддержка постоянства уровня трийодтиронина проходит с наименьшей точностью.

Для статистической оценки этого явления отличающиеся друг от друга массивы значений ТЗсвоб. были проанализированы с помощью дисперсионного анализа (двухвыборочный F-тест для дисперсии). Результаты F-статистики показали, что множества для свободной формы трийодтиронина на крайних участках шкалы ТТГ характеризуются чрезвычайно высокой дисперсией (см. табл. 6) и с учетом значений $F_{факт.}$ и $F_{крит}$ существенно отличаются от середины физиологического диапазона колебаний ТТГ. Так, в начале физиологической шкалы уровня ТТГ массив данных для свободного трийодтиронина (1-й класс) статистически достоверно (P = 0,0032) отличался от массива 3-го класса, расположенного правее (по шкале «Х»).

Таблица 6

Зависимость концентрации свободного трийодтиронина от уровня циркулирующего тиреотропного гормона

Уровень ТТГ, мкМЕ/мл	Статистический показатель				
	Среднее для ТЗсвоб., пг/мл	Ошибка средней	Стандартное отклонение	Дисперсия	Кол-во измерений
0,94±0,097	3,25	0,21	0,66	0,4356	10
1,40±0,047	3,36	0,14	0,44	0,1936	10
1,69±0,019	3,51	0,08	0,24	0,0583	10
1,94±0,031	3,47	0,07	0,24	0,0576	10
2,22±0,023	3,85	0,08	0,26	0,0676	10
2,41±0,019	3,90	0,08	0,27	0,0729	10
2,77±0,046	3,93	0,098	0,31	0,0961	10
3,09±0,047	4,27	0,10	0,32	0,1024	10
3,61±0,072	4,49	0,11	0,35	0,1225	10
5,19±0,323	3,84	0,29	0,92	0,8464	10

Аналогично массив значений трийодтиронина в конце шкалы «Х» статистически достоверно ($P < 0,0043$) отличался от массива середины шкалы концентраций ТТГ.

После оценки различий дисперсий были вычислены диапазоны концентраций ТТГ, в которых уровень свободного трийодтиронина поддерживался наименее стабильно. При использовании кластерного анализа с выделением трех кластеров было вычислено, что эти диапазоны соответствуют следующим средним значениям концентраций ТТГ: «0,93±0,096 мкМЕ/мл», «2,40±0,088 мкМЕ/мл» и «5,47±0,32 мкМЕ/мл».

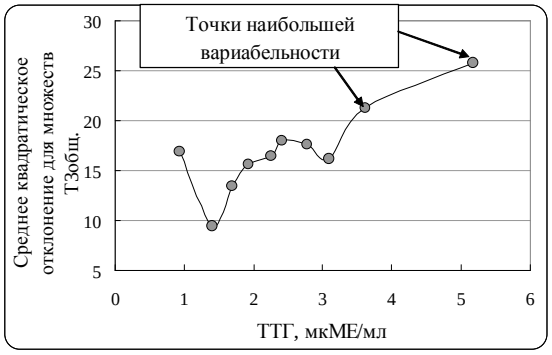


Рис.6. Зависимость величины среднего квадратического отклонения (для средних значений ТЗ общ.) от уровня тиреотропного гормона (n=98)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что поддержание уровня свободного трийодтиронина крови осуществляется по-разному в разных участках шкалы физиологических концентраций тиреотропного гормона. Такого рода неоднородность (в виде резкого возрастания значения дисперсии) проявляется на краях физиологической нормы колебаний уровня тиреотропного гормона. Последнее можно интерпретировать с точки зрения наступления при крайних физиологических (все еще нормальных) значениях уровня ТТГ фазы нестабильной регуляции, что, на наш взгляд, служит признаком приближения критической точки в регуляторной системе.

Известно, что наряду с активным трийодтиронином (свободным) в крови находится неактивная форма гормона (общий трийодтиронин), который является своеобразным депо для свободного трийодтиронина. В связи с этим представляет интерес анализ характера поддержания его уровня на разных участках физиологических колебаний уровня ТТГ. Из графика рассеивания (см. рис. 4) видно, что вариабельность ряда «ТЗобщ.» на разных участках шкалы «Х» отличается: в начале и конце шкалы концентраций ТТГ рассеивание точек для ТЗобщ. выше, чем в середине. Для количественного и качественного анализа вариабельности названного ряда был проведены соответствующие расчеты.

Прежде всего были вычислены значения средних квадратических отклонений для массивов данных ТЗобщ. на разных участках физиологической шкалы колебаний ТТГ (рис.

6, табл. 7). Оказалось, что наибольшей вариабельностью обладает массив значений ТЗ общ., расположенный в конце шкалы физиологических колебаний ТТГ (правая часть шкалы «Х»).

Результаты F-статистики показали, что множество для общей формы трийодтиронина на крайнем правом участке шкалы ТТГ характеризуется чрезвычайно высокой дисперсией и с учетом значений $F_{факт.}$ и $F_{крит}$ существенно отличается от середины физиологического диапазона колебаний ТТГ. Так, в конце физиологической шкалы уровня ТТГ массив данных для общего трийодтиронина статистически достоверно (P = 0,049) отличался от массива, расположенного левее (по шкале «Х»).

Таблица 7

Зависимость концентрации общего трийодтиронина от уровня циркулирующего тиреотропного гормона

Уровень ТТГ, мкМЕ/мл	Статистический показатель				
	Среднее для ТЗобщ., нг/дл	Ошибка средней	Стандартное отклонение	Дисперсия	Кол-во измерений
0,94±0,097	96,8	5,3	16,9	286	10
1,40±0,047	93,87	3,0	9,5	90,0	10
1,69±0,019	101,3	4,27	13,5	182	10
1,94±0,031	106,2	4,93	15,6	243	10
2,22±0,023	112,7	5,22	16,5	272	10
2,41±0,019	115,4	5,69	18,0	324	10
2,77±0,046	128,2	5,56	17,6	310	10
3,09±0,047	143,1	5,12	16,2	262	10
3,61±0,072	133,1	6,74	21,3	453	10
5,19±0,323	126,8	8,16	25,8	666	10

После оценки различий дисперсий был вычислен диапазон концентраций ТТГ, в которых уровень общего трийодтиронина поддерживался наименее стабильно. Расчеты показали, что этот диапазон соответствуют среднему значению концентрации ТТГ, равному 5,190±0,323 мкМЕ/мл.

Таким образом, в отличие от свободной формы трийодтиронина, уровень связанной формы гормона по параметрам вариабельности наименее точно поддерживается лишь в конце шкалы физиологических концентраций ТТГ, т.е. в области более высоких концентраций.

Подводя итоги анализу взаимосвязи в гормональной паре «ТТГ-Трийодтиронин», можно прийти к следующему заключению.

В рамках физиологической нормы колебаний уровня тиреотропного гормона крови молодых мужчин (n = 98) регуляция в гормональных парах «ТТГ-$Т_3$» осуществляется на основе принципа положительной обратной связи с коэффициентом корреляции выше +0,90. При достижении уровня ТТГ крайней границы нормы (выше 4,0 мкМЕ/мл) тип регуляции в гормональной паре «ТТГ-$Т_3$» изменяется на прямо противоположный и осуществляется на основе классического принципа «плюс-минус взаимодействие». Средняя величина содержания трийодтиронина в правосторонней части диапазона физиологических колебаний ТТГ превышает значение уровня гормона, измеренного в начале шкалы: на +38% для свободного трийодтиронина и +43% для общей формы гормона. На границах физиологической нормы колебаний тиреотропного гормона в отличие от середины диапазона уровень циркулирующего общего и свободного трийодтиронина поддерживается нестабильно при высокой степени вариабельности (дисперсии), что может рассматриваться как доказательство снижения точности функционирования системы саморегуляции в гормональной паре «ТТГ-трийодтиронин» [1, 4].

Таким образом, результаты исследований показали, что в состоянии физиологической нормы регуляция уровня трийодтиронина осуществляется согласно принципу

положительной обратной связи, и лишь на крайних участках диапазона физиологических колебаний уровня ТТГ регуляторная система «ТТГ-трийодтиронин» переходит в нестабильное состояние. Это может служить признаком приближающегося момента переключения системы (в случае развития патологии) на противоположный принцип саморегуляции.

Выводы

1. Измеренные уровни ТТГ, а также гормона щитовидной железы трийодтиронина в сыворотке крови обследованных в целом не отличаются от стандартных значений, характерных для эутиреоидного статуса. Все изучаемые гормоны, отражающие функциональную активность «аденогипофизарно-тиреоидной системы», образуют вариационные ряды, описываемые нормальным законом распределения, что свидетельствует о функциональной однородности исследуемого звена «гипофизарно-тиреоидной системы».
2. В целостных вариационных рядах характер зависимости между ТТГ и трийодтиронином описывается уравнением параболы общего вида.
3. Регуляция в гормональных парах «ТТГ-Трийодтиронин» осуществляется на основе принципа *положительной* обратной связи: при достижении уровня ТТГ крайней границы нормы (выше 4,0 мкМЕ/мл) тип регуляции в гормональной системе «аденогипофиз-щитовидная железа» изменяется на прямо противоположный и осуществляется на основе классического принципа «плюс-минус взаимодействие» (*отрицательная* обратная связь).
4. Поддержание уровней циркулирующих гормонов в «аденогипофизарно-тиреоидной системе» осуществляется с разной точностью; на основании значения коэффициента вариации в целостных вариационных рядах по принципу его нарастания исследуемые гормоны выстраиваются в следующий ряд: «ТЗсвоб – ТЗобщ – ТТГ».
5. В разных участках физиологической шкалы концентраций ТТГ поддержание уровней тиреоидных гормонов осуществляется с разной степенью вариабельности; такого рода неоднородность (в виде резкого возрастания значения дисперсии) проявляется на границах физиологической нормы колебаний уровня тиреотропного гормона; последнее можно интерпретировать с точки зрения наступления при крайних физиологических (все еще нормальных) значениях уровня ТТГ фазы нестабильной регуляции, что служит признаком приближения критической точки в регуляторной системе.

Список литературы

1. Болезни щитовидной железы / Ред. Л. И. Браверман. – М.: Медицина, 2000. – 250 с.
2. *Казаков В. Н.* Морфофункциональная характеристика гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы при гипотермии / В. Н. Казаков, Е. В. Гайдарова, В. И. Соболев и др. // Запорожский мед. журн. – 2002. – №3 (13). – С. 43–46.
3. *Макарова В. Г.* Изучение гормонального статуса белых крыс при создании модели экспериментального гипертиреоза / В. Г. Макарова, А. Ф. Астраханцев, Л. В. Никифорова и др. // 50 лет ун-та: Научные итоги и перспективы. Ч. 1. Рязанский гос. мед. ун-т. – Рязань, 2000. – С. 5–7.
4. *Соболев В. И.* Влияние острого охлаждения на реакцию гипофизарно-тиреоидной системы у белых крыс / В. И. Соболев, Е. Г. Ревякина // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2007. – Т. 7, № 4. – С. 693–696.
5. *Удут В. В.* Влияние тиреоидного статуса на адаптационные резервы организма / В. В. Удут, О. С. Попов, Е. В. Бородулина и др. // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2001. – Прил. № 3. – С. 70–73.
6. *Abrahamson M. I.* Regulation of thyrotrophin secretion / M. I. Abrahamson, R. P. Millar // S. Afr. Med. J. – 1986. – V.70, N 8. – P. 476–478.
7. *Falaschi P.* The hypothalamic-pituitary-thyroid axis in subjects with subclinical thyroid diseases: The impact of the negative feedback mechanism / P. Falaschi, A. Martocchia, A. Proiettiet. All // Neuroendocrinol. Lett. – 2004. – Vol. 25, N 4. – P. 292–296.

8. *Hefco E.* Effect of acute exposure to cold on the hypothalamic-pituitary-thyroid system / E. Hefco, L. Krulich, P. Illener // Endocrinology. – 1975. – V. 97, N 5. – P. 1185–1195.

9. *Jonklaas J.* Correlations of free thyroid hormones measured by tandem mass spectrometry and immunoassay with thyroid-stimulating hormone across 4 patient populations / J. Jonklaas // Clinical Chemistry. – 2009. – V. 55. – P. 1380–1388.

10. *Larsen P. R.* Thyroid-pituitary interaction: feedback regulation of thyrotropin secretion by thyroid hormones / P. R. Larsen // N. Engl. J. Med. – 1982. – V. 306, Iss. 1. – P. 23–32.

11. *Malley B. P.* Circulating catecholamine, thyrotrophin, thyroid hormone and prolactin responses of normal subjects to acute cold exposure / B. P. Malley, N. Cook et al. // Clin. Endocrinology. – 1984. – V. 21, N 3. – P. 285–291.

Станішевська Т. І., Соболєв В. І. **Характеристика кореляційних зв'язків у системі «гіпофіз – щитоподібна залоза» у людини в межах фізіологічної норми.** – Регуляція в гормональних парах «ТТГ – трийодтиронін» здійснюється на основі принципу позитивного зворотного зв'язку; при досягненні рівня ТТГ крайньої межі норми тип регуляції змінюється і відбувається на основі класичного принципу – принципу негативного зворотного зв'язку. Підтримка рівня циркулюючих гормонів в «аденогіпофізарно-тиреоїдній системі» здійснюється з різною точністю. У різних ділянках фізіологічної шкали концентрацій ТТГ підтримка рівня тиреоїдних гормонів здійснюється з різним ступенем варіабельності; це виявляється на межах фізіологічної норми коливань рівня тиреотропного гормону; останнє можна інтерпретувати з погляду розвитку фази нестабільної регуляції, що є ознакою наближення критичного рівня в регуляторній системі.

Ключові слова: гіпофіз, щитоподібна залоза, ендокринні кореляції.

Stanishevska T. I., Sobolev V. I. **Character of the correlation in the system «hypophysis – thyroid» at man within the limits of physiological norm.** – The regulation in the hormonal «TSH – Triiodothyronine» pairs is carried out on the basis of principle of positive feed-back; under reaching the level of the TSH extreme border of norm the type of regulation is carried out on the basis of classic principle of negative feed-back.

Key words: hypophysis, thyroid, endocrine correlations.

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.).

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 невирішених 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 напряму.

2. Стаття набирається в редакторі MS Word 97, 2000, XP як документ Word (*.doc) або текст у форматі RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, розмір – 12 пунктів, міжрядковий інтервал – одинарний; поля з усіх боків – 2 см; абзацний відступ – 1 см; вирівнювання – за шириною, без переносів; колонтитули – 1,2 см, стиль «Звичайний». Сторінки рукопису не нумеруються.

Обсяг статті (включаючи ілюстративний матеріал, таблиці, список літератури, резюме) – 5-8 сторінок (для оглядових статей – до 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 50 слів) і ключові слова подаються українською, російською та англійською мовами за таким 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. У тексті статті виділяють розділи: **Вступ, Матеріал і методи дослідження, Результати та обговорення, Висновки, Список літератури.**

Подяки подаються наприкінці статті перед списком літератури.

6. **Список літератури** приводиться згідно з новими правилами оформлення бібліографічного списку за вимогами ВАК України (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 розміщаються за абеткою або в порядку цитування. Назви робіт наводяться мовою оригіналу.

Ретельно перевірте відповідність літературних джерел у тексті й у списку, правильність назв періодичних джерел. 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.

7. 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*).

8. У тексті, таблицях і списку літератури (там, де потрібно) слід вживати коротке тире (–), а не дефіс (-). Будь-який розділовий знак набирається разом із попереднім словом і відділяється від наступного одним пробілом. Текст статті повинен бути ретельно перевірений, без орфографічних і стилістичних помилок.

9. Таблиці слід набирати в редакторі MS Word 97, 2000, XP, розміщати в «книжковому», а не в «альбомному» форматі, з максимальною насиченістю інформацією в рядках. У назвах граф скорочення слів є небажаним. Варто уникати занадто громіздких таблиць. Заголовок таблиці оформляється за таким зразком:

Таблиця 1

Назва таблиці

10. 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 Cyr. Фотографії повинні бути якісними й контрастними. Обсяг ілюстративного матеріалу й таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

11. Математичні формули й рівняння наводити з використанням редактора MS Equation 3.0.

12. Скорочення слів, крім загальноприйнятих, не допускаються або обов'язково дається їхня розшифровка.

13. До статті на окремих аркушах додаються: заявка із вказівкою для кожного автора прізвища, імені та по батькові (повністю), ученого звання й наукового ступеня, повної назви й адреси організації, де виконано роботу, адреси електронної пошти (обов'язково!) і контактного телефону.

14. Якщо стаття подається англійською мовою, то додається її український або російський варіант.

15. Відповідальність за зміст статей і якість рисунків несуть автори.

Статті рецензуються й приймаються до друку редакційною колегією.

Редакційна колегія залишає за собою право редагувати текст за узгодженням із авторами.

Усі матеріали направляйте електронною поштою за адресою: **eco99@i.ua** або **shtirts@i.ua**

У редакцію також надсилається один роздрукований екземпляр статті, дискета (3,5") або CD-диск із матеріалами. Подані матеріали не повертаються.

Адреса редакції:
Біологічний факультет ДонНУ,
вул. Щорса, 46, к. 310, м. Донецьк, 83050
Відп. секретар: к.б.н. Штірц Артур Давидович

Тел.: (062) 304-61-86; (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 роботы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.).

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 97, 2000, XP как документ Word (*.doc) или текст в формате RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5-8 страниц (для обзорных статей – до 16 страниц).

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:

УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – **ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ**

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

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

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

Ключевые слова: не более 5-8 слов.

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

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с новыми правилами оформления библиографического списка по требованиям ВАК Украины (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 либо в порядке цитирования. Названия работ приводятся на языке оригинала.

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

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

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

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

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 97, 2000, XP. Их следует размещать в «книжном», а не в «альбомном» формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

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

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

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

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

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

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

Статьи рецензируются и принимаются к печати редакционной коллегией.

Редакционная коллегия оставляет за собой право редактировать текст по согласованию с авторами.

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **eco99@i.ua** или **shtirts@i.ua**

В редакцию также присылается один распечатанный экземпляр статьи, дискета (3,5") или CD-диск с материалами. Поданные материалы не возвращаются.

Адрес редакции:
Биологический факультет ДонНУ,
ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 83050
Отв. секретарь: к.б.н. Штирц Артур Давыдович

Тел.: (062) 304-61-86; (050) 240-78-02

GUIDELINES 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

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 97, 2000, XP as Word (*.doc) document or the text in RTF (*.rtf) format. Font Times New Roman Cyr of size 12, single space, 2 cm in all margins; with indentation of 1 cm; justified alignment with no word division; running titles of 1,2 cm, style «Ordinary». Pages of manuscripts must not be numbered.

The length of an article (including illustrations, tables, bibliography, summary) is 5-8 pages (for review articles – up to 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)

Name 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. The abstract (not longer than 50 words) and keywords are given in Ukrainian, Russian and English according to the following example (font size 10):

Surname and initials of the author(s). **Name of the article.** – Text, briefly specifying the objective of the research, the results and main conclusions.

Key words: no more than 5-8 words.

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** are presented according to the new bibliography rules in accordance with guidelines of VAK of Ukraine (Higher Attestation Commission of Ukraine).

Surnames and initials must be typed *in italics*.

References are cited in the text with consecutive numbers in square brackets.

Surnames of the authors are listed in the bibliography in alphabetic order or in the order they are cited in the text. The names of the works are presented in the language of the original.

Correspondence of all references in the text and in the list should be carefully verified, correctness of periodicals' names should be checked. When citing materials and abstracts of conferences, congresses, symposia etc, make sure to state the place and date. When citing a publication of a group of authors you should indicate initials and surname of the managing editor.

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. In the text, tables and bibliographic references dash (–) should be used, but not hyphen (-). Any punctuation sign should be typed together with the previous word and separated from the following one with a single space. The text of the article should be carefully checked, without orthographic and stylistic errors.

9. Tables should be made in MS Word 97, 2000, XP. Sheet size – Letter, lines are to be maximally filled with information. Names of the columns should not contain shortened words. You should avoid creating too bulky tables. Table's title should be made as follows:

Table 1

Title of the Table

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 Cyr 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. Abbreviations of words, except for generally accepted ones, are not permissible or otherwise they must be deciphered.

13. 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.

14. If the article is submitted in English, its Ukrainian or Russian translation should be attached.

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

The articles are reviewed and accepted for printing by Editorial Board.

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**

Besides, a typed copy of the article, a diskette (3,5") or a CD containing the materials should be sent to the editorial office. The materials submitted are not sent back.

Editorial office address:

Biological faculty of Donetsk National University

Shchorsa Str., 46/310

Donetsk, 83050

UKRAINE

Executive secretary: PhD in biology, Arthur Shtirts

Tel.: (062) 304-61-86; (050) 240-78-02

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 1 (10).

Науково-практичний журнал

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ

№ 1 (10)

(українською, російською та англійською мовами)

Засновник: Донецький національний університет

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

Технічний редактор: Н. О. Ярошенко

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 або shtirts@i.ua

Електронна версія журналу розміщена на сайті:

www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/peop